



ACOFI

Asociación Colombiana de
Facultades de Ingeniería

XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería



**La Formación
en Ingeniería
para el Tercer Milenio**

El currículo, la investigación
y la articulación de los niveles



ACOFI

**Asociación Colombiana de
Facultades de Ingeniería**

XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería

**La Formación en Ingeniería
para el Tercer Milenio**
El currículo, la investigación
y la articulación de los niveles


ACOFI
Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería

Cartagena de Indias, Septiembre 12 al 14 de 2001



Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres
Bloque C Modulo 7 Nivel 4
Teléfonos: 2215438 - 2219898
Fax: 2218826 A.A. 59285
Email: I04721.21@multi.net.co
htt: //www.acofi.edu.co
Bogotá, D.C. Colombia

- Presidente** Ing. Iván Enrique Ramos Calderón
Universidad del Valle
- Consejeros** Ing. Carlos Rodado N.
Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito
Ing. Jorge Humberto Sierra C.
Universidad de Antioquia
Ing. Javier Páez Saavedra
Universidad del Norte
Ing. Marco Blanquicett C.
Universidad de Cartagena
Ing. Roberto Enrique Montoya V.
Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá
Ing. Raúl Moreno Gómez
Corporación Universitaria de Ibagué
Ing. José Tiberio Hernández P.
Universidad de los Andes
Ing. Germán Urdaneta H.
Corporación Universidad Piloto de Colombia - Bogotá

Director Ejecutivo Ing. Jaime Salazar Contreras
Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia - Bogotá

XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería
"La Formación en Ingeniería para el Tercer milenio - El currículo, la investigación y la articulación de los niveles"

ISBN: 958-680-037-7
Cartagena de Indias - Colombia
Septiembre de 2001

Opciones Gráficas Editores Ltda.
Tel. 2601643 - 2600162 Bogotá

Se permite reproducir el material publicado siempre que se reconozca la fuente.



CONTENIDO

PRESENTACIÓN

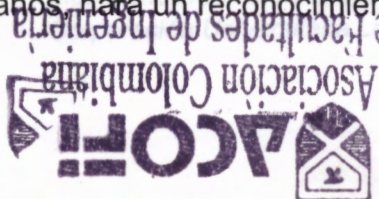
Dando continuidad a los diferentes temas relacionados con la educación en ingeniería, abordada desde distintos ángulos y contextos, el Consejo Directivo de la Asociación ha querido dedicar la temática de la XXI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería a reflexionar y prospectar sobre el deber ser de la **formación en ingeniería para el tercer milenio** apoyada, fundamentalmente, en toda la dimensión curricular, desde sus nuevos enfoques, estructura, flexibilidad, intensidad y metodologías de enseñanza; así mismo, se busca abordar el tema de la investigación, su rol en la formación y en la generación de conocimientos apropiados para el desarrollo de nuestra sociedad.

Reflexionar sobre la manera de formar ingenieros competitivos en un mundo globalizado y preguntarnos en cuánto tiempo estará verdaderamente preparado para actuar en la comunidad, son aspectos que no se pueden desligar de la calidad del bachiller que ingresa a la universidad y, más aún, relacionarlo con el inicio de los primeros niveles de educación. Por esto se considera fundamental proponer al país, la mejor manera de articular los niveles presentes en las etapas de la educación en Colombia incluyendo la formación tecnológica y por supuesto, teniendo en cuenta la incidencia en la formación de ingenieros de las más altas calidades y con competencias nacionales e internacionales.

En el presente documento se exponen diversos trabajos resultado del esfuerzo y dedicación de profesores representantes de universidades e instituciones universitarias a nacionales y extranjeras, enmarcados dentro de las siguientes temáticas:

- ❖ Experiencias en la estructuración de currículos en ingeniería.
- ❖ Propuestas curriculares innovadoras
- ❖ Experiencias pedagógicas.
- ❖ La investigación en ingeniería.
- ❖ Prospectiva e innovación tecnológica.
- ❖ Modelos de articulación de los niveles básico, secundario, técnico, tecnológico y universitario.

Deseamos agradecer el apoyo de los profesores entusiastas quienes hicieron posible esta publicación y para ello, la Asociación como la ha venido haciendo en los últimos años, hará un reconocimiento a su labor con la entrega de los premios ACOFI 2001.



CONTENIDO

1. Aplicación del método de despliegue de la función calidad (QFD) en la Escuela Colombiana de Ingeniería (La universidad desde la perspectiva de Ingeniería Industrial)..... 9
Luis Ernesto Blanco Rivero - Escuela Colombiana de Ingeniería
2. ¿Ensayo o experimento? Una Optica para Reorientar la Investigación en Ingeniería 15
Norma Lucía Botero Muñoz - Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas
3. Propuesta de modificación del Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán... 23
Contreras E. J., Aguilar M. A., León R. F., Altamirano A. F. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Matemáticas discretas para Informática 29
Rodrigo Cardoso - Universidad de los Andes - Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación
5. Una visión de educación empresarial para la educación en Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones 35
Ing. Javier F. Villegas Mesa - Decano Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones. Ing. Marcela Cascante Montoya - Directora de Extensión y Calidad Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones. Doctor Ing. Ricardo Llamosa - Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional – CISMA – Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software –CIDLIS– Universidad Industrial de Santander - Sede UIS Bucarica
6. Propuesta de acción pedagógica para la formación en ingeniería en el tercer milenio 41
EAA. William Cuadrado Cano, Coordinador Académico Universidad Antonio Nariño Sede Cartagena
7. Escenarios futuros para la educación en ingeniería en Colombia 47
Ricardo A. Smith y Beatriz Londoño - Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín
8. Implementación de práctica empresarial como opción al título profesional 53
Ing. Franco Alexis Moncayo Castillo - Facultad de Ingeniería - Corporación Universitaria Lasallista

9.	La transferencia de tecnologías verdes: una estrategia de competitividad hoy. El caso del Café Colombiano	59
	<i>Helga Patricia Bermeo Andrade. Coruniversitaria, Ibagué</i>	
10.	Enseñanza de la sismología a gran escala módulo interactivo en Maloka	65
	<i>Claudia Tamayo Iannini, Juan Felipe Jaramillo Alvarez, Gina Liliana González Sánchez Diseño Industrial - Pontificia Universidad Javeriana, Alfaro Castillo Andrés José - Instituto Geofísico Universidad Javeriana</i>	
11.	Proyecto: diseño y construcción de un clavo intramedular bloqueado para tibia y su sistema de fijación proximal y distal	71
	<i>Autores: Gilberto Encinales Arango, Renan Bautista Zuloaga - Coautores: Wilson Camacho Camacho, Jairo Alonso Lancheros Briceño, Jorge Eduardo González Torres Universidad Incca de Colombia</i>	
12.	Experiencias en la estructuración de currículos en ingeniería	77
	<i>Santiago Lobo Guerrero Uribe - Universidad Militar "Nueva Granada"</i>	
13.	Diagnóstico de la investigación en los programas de ingeniería de la UTP	83
	<i>Fernando Orozco - Director - Maestría I. Industrial, Luis E. Llamosa R. - Director - Centro de Investigaciones UTP, William Ardila U. - Director - Esp. Inst. Física - Profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	
14.	Calidad y modelado de conocimiento educativo en Colombia	89
	<i>Adriana Llamosa Ardila - Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, Sandra Vera Arciniégas - Asistente de Investigación CISMA / CIDLIS, Ricardo Llamosa Villalba - Profesor Titular Laureado UIS, Grupo de Investigación de Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional - CISMA - Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software - CIDLIS - Universidad Industrial de Santander</i>	
15.	El currículo de física en los programas de Ingeniería en las universidades del Eje Cafetero	97
	<i>José Gómez - Decano - Facultad de Ciencias Básicas, Luis E Llamosa R. - Director - Centro de Investigaciones UTP, William Ardila U - Director - Esp. Inst Física - Profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	
16.	Sistema informático evaluador de proyectos educativos modernos en ingenierías	103
	<i>Ing. Claudia Da Cunha - Ing. José Rafael Capacho - Universidad del Norte</i>	
17.	Incidencia de la educación básica y media en la educación superior, particularmente en la ingeniería	107
	<i>Ing. Edgar Alfonso López Rodríguez. Universidad Autónoma de Colombia. Universidad Católica de Colombia</i>	
18.	Introducción al diseño en ingeniería	115
	<i>Jesús David Cardona Quiroz - Deycy Janeth Sánchez Preciado. Corporación Universitaria Autónoma De Occidente</i>	

19. Los Proyectos de Semestre: una Actividad para la Formación de Líderes Académicos	123
<i>Ingeniero Jaime A. Aguilar Z., M. Sc. - Pontificia Universidad Javeriana - Cali</i>	
20. Influencia de los referentes internacionales y los estudios regionales en el proceso de autoevaluación de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Minas ..	129
<i>María Eugenia Muñoz Amariles – Universidad Nacional de Colombia (Medellín)</i>	
21. Fortalecimiento del currículo en ingeniería para afrontar los retos presentes y futuros de nuestra sociedad	147
<i>Capitán de Navío Alfredo Ortiz Carrillo - Capitán de Fragata Luis Alberto Ordoñez Rubio Capitán de Fragata Eduardo Vasquez Villegas. Escuela Naval "Almirante Padilla"</i>	
22. Tecnologías de la Información y Educación. Caso de análisis: Asistentes de clase para las asignaturas de Circuitos Lógicos y de Instrumentos	153
<i>Gloria Patricia Marciales Vivas, Mauricio Martínez Melo, María del Mar Ruiz Gil, Andrés Ernesto Salguero Beltrán, Jorge Luis Sánchez Téllez, J. Fernando Vega Riveros y Francisco Viveros Moreno</i>	
23. Experiencia curricular del programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente a través de la implementación de un equipo didáctico para enseñar ingeniería	167
<i>Felipe Alberto Murcia Meza - Profesor TC División de Ingenierías - Corporación Universitaria Autónoma de Occidente</i>	
24. Innovaciones tecnológicas a nivel nacional e internacional	173
<i>Máximo Barrera Lizarazo - Catedrático Universitario - Uniciencias</i>	
25. Estructuración de currículos en ingeniería. Una experiencia académica	181
<i>Alfonso Charum Díaz - Decano Facultad de Ingeniería Escuela de Administración de Negocios - E.A.N</i>	
26. Un modelo integral para un profesional en ingeniería	189
<i>Carlos Enrique Serrano Castaño - Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones - Universidad del Cauca</i>	
27. El papel de la mujer en el futuro de la ingeniería	195
<i>Beatriz Amparo Wills Betancur, Asdrubal Valencia Giraldo, Profesores Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia</i>	
28. El tejido de red entre la docencia, la investigación y la extensión	203
<i>Luz Angélica Rodríguez Bello – Escuela Colombiana de Ingeniería</i>	
29. Auditoria de calidad aplicada a programas en instituciones de educación superior. caso: programa de Ingeniería Industrial C.U.T.B	209
<i>Autor/Martha Sofía Carrillo Landazábal - Director / Misael Cruz Monroy - Asesores/Sofía Leonor Trillos Sierra/Alvaro Nuñez Torres. Tecnológica de Bolívar</i>	

30. Caracterización geotécnica y modelación numérica para la microzonificación sísmica de Ibagué	215
<i>Lucy Esperanza Martínez Flechas, Andrea Katherine Díaz Granados y Alfaro Castillo Andrés José. Instituto Geofísico Universidad Javeriana</i>	
31. La vinculación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico con su entorno socioeconómico	221
<i>Amar, P; Manjares, L; Naranjo, G; Ortega, M y Vega, J. Universidad del Atlántico</i>	
32. Una experiencia efectiva de redireccionamiento curricular	227
<i>Ing. Msc. Jaime Alberto Leal Afanador</i>	
33. Hacia un nuevo concepto de apertura curricular en ingeniería de alimentos ...	231
<i>Benavides Salazar, Claudia; Ceballos Peñaloza, Adela; Sánchez Toro, Oscar Julián Departamento de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas</i>	
34. Hacia un currículo flexible en los programas de ingeniería	237
<i>Beatriz Londoño Vélez - Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia</i>	
35. La investigación formativa un paso hacia la interdisciplinariedad	243
<i>Javier Jaramillo Colpas. Director Dpto de Ciencias Básicas. Corp. Univ. de la Costa, C.U.C.</i>	
36. Trayectoria de investigación para la solución del problema de falla de transformadores de distribución en Colombia (primera y segunda parte)	249
<i>Horacio Torres - Carlos Quintana - Milton Salgado - Daniel Rondón - Diego González Ernesto Pérez - Javier Herrera - Johny Montaña - Camilo Younes - Mauricio Vargas Luis Gallego - Universidad Nacional de Colombia Programa de Investigación sobre Adquisición y Análisis de Señales - PAAS-UN</i>	
37. De lo mecanicista a lo complejo en la formación investigativa del ingeniero	261
<i>Oscar Fernando Castellanos. Universidad Nal. de Colombia. Sede Bogotá.</i>	
38. Diseño curricular de ingeniería eléctrica de la Universidad de la Salle	267
<i>Hernán Carvajal-Osorio, Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica; Fernando Gómez G., Alvaro Venegas T., Luis Hernando Correa, Doris Malaver Q., Teodoro Gómez G., Marco de J. Bonett, Coordinadores de Área de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Universidad de La Salle</i>	
39. Un sistema de articulación entre los grupos y centros de investigación y el sector industrial	275
<i>Gladys Rincón Bergman - Iván Enrique Ramos Calderón, Oficina de Vinculación y Transferencia. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle</i>	
40. Formación de Ingenieros en España	281
<i>Doctor Manuel Recuero López. Catedrático de Universidad. Universidad Politécnica de Madrid</i>	

APLICACIÓN DEL METODO DE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD) EN LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (*La Universidad desde la perspectiva de Ingeniería Industrial*)

Profesor Luis Ernesto Blanco Rivero
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
Av. 13 No. 205-59 A.A. 14520 Santafé de Bogotá- Colombia
lblanco@escuelaing.edu.co

RESUMEN

La técnica o método del *Despliegue de la Función de Calidad* se aplica en los Sistemas Productivos, para *traducir las necesidades del cliente en especificaciones de calidad*, para luego irrigarlas a todo el sistema, con el fin de producir lo que el cliente realmente quiere. La Escuela Colombiana de Ingeniería (ECI), venía pensando en la aplicación de este método, en el campo de los Servicios, considerándose como un sistema productor de *Servicio Educativo*¹. Estas ideas se cristalizaron en el Proyecto *Gestión de Calidad y Productividad de la Educación en la ECI* que actualmente se encuentra en desarrollo. En la primera etapa del Proyecto, se caracterizaron la ECI como Sistema Productivo y los Clientes; se determinaron las necesidades y expectativas de ellos y se clasificaron. En esta presentación, se muestran los resultados de la primera etapa del Proyecto.

PALABRAS CLAVES: Despliegue de la Función de Calidad; Sistema Productor de Servicio Educativo; Clientes y usuarios; Necesidades de los clientes.

INTRODUCCION

El conocimiento de los clientes y su ordenamiento para descubrir aquellos que son vitales para la institución, señala el punto de partida de la técnica o método del *Despliegue de la Función de Calidad* que se aplica en los Sistemas Productivos, para *traducir las necesidades del cliente en especificaciones de calidad*, para luego irrigarlas a todo el Sistema Productivo, con el fin de producir lo que el cliente realmente quiere.

Conocido *qué* es lo que quiere el cliente, y traducidas sus necesidades a especificaciones de calidad, el paso siguiente consiste en imaginar *cómo* lograr dichas aspiraciones. Pero en el campo de la

educación, ésta tarea no es nada fácil. En primer lugar, *se debe tratar de hacer corresponder los métodos pedagógicos a las diferentes clases de aprendizaje que se esperan de los estudiantes*. En segundo lugar, se deben conocer por lo menos, algunos parámetros de calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería: a) *tipo de aprendizaje*, b) *recursos*, c) *proceso*, d) *tipo de evaluación*. En tercer lugar, verificar si los *cómos* propuestos están en concordancia con los principios y objetivos que se persiguen en la Misión y Visión de la Institución⁽ⁱⁱⁱ⁾.

Este es, a grandes rasgos, el camino trazado para el Proyecto *Gestión de Calidad y Productividad de la Educación en la ECI*, planteado en tres etapas consecutivas, de las cuales se ha finalizado la primera y la segunda se encuentra en ejecución.

¿CÓMO ES EL SISTEMA EDUCATIVO DE LA ECI?

En el análisis de los sistemas de calidad de las empresas, se utilizan diagramas del tipo: **PROVEEDORES – ENTRADAS – PROCESOS – SALIDAS – CLIENTES**, para obtener un panorama general del flujo de los materiales y de la información a través, de lo que hoy se conoce como el Sistema Logístico o Cadena de Abastecimientos, que integra a los clientes, a la empresa y a los proveedores. Se trataba entonces de definir cada una de estas partes y los flujos a través de ellas.

PROVEEDORES: Se consideraron como “Proveedores de materias primas” a los Colegios de Educación Media, de donde provienen los estudiantes de la ECI. Revisados los listados de estudiantes admitidos a la ECI, durante los dos últimos años, se observó que la gran mayoría, provenía de colegios ubicados en Bogotá, en municipios de la Sabana de Bogotá y de la región central del departamento de Boyacá.

ENTRADAS: Se consideraron como “materias primas” que entran al sistema, a los aspirantes admitidos a la ECI, con el objeto de identificar los factores determinantes para su selección de universidad y sus expectativas frente a ésta. También se quería explorar sobre los principales métodos empleados por sus profesores en el bachillerato.

PROCESOS: El flujo más numeroso a través del sistema es el de estudiantes de pregrado (“materiales en transformación”). A grandes rasgos, el proceso académico seguido por un estudiante de pregrado, durante el semestre es el siguiente: **MATRICULA – CLASES – CONTROL DE PENSUM - REGISTRO DE NOTAS**. Se establecieron tres grupos de estudiantes de pregrado: A- Estudiantes de primer semestre; B- Estudiantes de semestres 5º, 6º, y 7º; C- Estudiantes de semestres 8º, 9º, y 10º, con el fin de observar el cambio en su forma de pensar, a medida que ellos van madurando (“agregando valor”). En las encuestas con estos estudiantes, se trató de determinar lo que piensan a cerca de la ECI y sus expectativas con respecto a su la carrera y como futuros profesionales.

SALIDAS: Los “productos terminados” del sistema educativo, son los egresados. En el caso de la ECI, ingenieros: civiles, eléctricos, de sistemas, industriales, electrónicos, y economistas. En las encuestas con los egresados se trató de identificar los factores que más han influido en su desarrollo

personal y profesional, basados en los conocimientos, valores, conceptos y habilidades inculcados en la ECI. Se les preguntó además, su opinión actual sobre la ECI y sus expectativas.

CLIENTES: Los clientes externos o usuarios del sistema educativo de la ECI son: los padres de familia, las empresas e instituciones particulares y del gobierno, en donde usualmente trabajan los egresados, la sociedad en general y en algunos casos, los propios estudiantes. Se hicieron encuestas a padres de familia y a empresarios. En las encuestas con los padres de familia se trató de determinar sus expectativas con relación a: 1. la formación profesional de sus hijos, 2. el tipo de formación que debe impartir la ECI y 3. la formación universitaria en general. En las encuestas a empresarios se trató de obtener información relacionada con aspectos claves de la educación en la ECI, para que su efecto se refleje posteriormente en el desempeño profesional de los egresados. También se quería conocer sus expectativas sobre los profesionales, la ECI y el sistema universitario en general.

PARAMETROS DE CALIDAD EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA

En el proceso de enseñanza de la Ingeniería es necesario por lo menos, distinguir entre cuatro *tipos de aprendizaje* diferentes, porque su didáctica, los recursos a utilizar y su forma de evaluación, son completamente diferentes: 1) *habilidades*, tanto manuales como intelectuales, que se aprenden con la práctica; 2) *conocimientos* que son información almacenada en la memoria; 3) *entendimiento, comprensión, raciocinio y análisis* que es el aprendizaje profundo, que incluye el proceso de “digerir” los conceptos hasta lograr utilizarlos de manera creativa y 4) *valores y cualidades personales* se traen desde la casa y se mejoran a través de la interacción social y del ejemplo⁽ⁱⁱⁱ⁾.

Las *habilidades* se enseñan mediante instrucción o demostración seguidas de una gran cantidad de práctica o experimentación, que generalmente no necesita ser supervisada por el instructor. Este tipo de aprendizaje es más bien auto-regulado y muy rápido. Los laboratorios de experimentación, los ejercicios, el trabajo práctico, la solución de problemas en clase, son métodos muy utilizados en su enseñanza. En la evaluación, el estudiante demuestra si ha adquirido la habilidad o no.

Es necesario diferenciar entre *habilidades y capacidades*. Las *capacidades* son combinaciones de habilidades, conocimientos y de entendimiento. La habilidad es más del nivel puramente técnico (saber hacer) y la capacidad es del nivel tecnológico o científico (saber hacer, conocer el por qué y poder responder ante situaciones nuevas).

Los *conocimientos* son información que una vez almacenada en la memoria, puede ser rápidamente recordada. Su proceso de fijación es más lento, por lo que requiere en muchos casos repetición. Las explicaciones en clase, los libros, videos, películas, discos, gráficos, son formas para ayudar a fijar los conocimientos en la memoria. Se evalúan mediante cuestionarios de sabe o no sabe.

El *entendimiento, la comprensión, el análisis y el raciocinio* de los *conceptos* requieren un mayor esfuerzo al enseñarlos, porque el estudiante debe digerirlos y poder utilizarlos en situaciones nuevas, diferentes a las enseñadas. Enseñar comprensión equivale a tener un ambiente de aprendizaje muy variado, que incluya presentaciones, explicaciones, discusiones, ejercicios, aplicaciones, proyectos, prácticas, lecturas, ensayos sobre el tema, sistematización y comunicación.

Los *valores y cualidades personales* están presentes en las personas y son difíciles de cambiar. Uno de los valores más importantes, especialmente en Ingeniería, es la “motivación por el estudio y el auto-aprendizaje permanente”. Se debe tener una educación que desafíe al estudiante en la búsqueda de nuevas soluciones autóctonas y con una meta de excelencia.

ALGUNOS RESULTADOS IMPORTANTES DE LAS ENCUESTAS

Para poder comparar los diversos resultados de los diferentes tipos de encuesta, se hizo el análisis con base en *los tipos de aprendizaje*.

En el lenguaje del QFD, las necesidades de los clientes se conocen como los QUES, (una forma corta para recordar las respuestas a la pregunta: *¿Qué es lo que el cliente quiere?*). En el proyecto, los QUES corresponden a los resultados de las encuestas que se hicieron a los *usuarios* del Sistema Educativo de la ECI:

DE LOS CLIENTES: Según los padres de familia, un profesional de excelencia debe tener las siguientes características:

Tipo de aprendizaje		%
<i>Cualidades personales y Valores</i> 69%	Conocer, creer y trabajar por su país.	12
	Honestidad.	10
	Ética.	9
	Compromiso con la comunidad.	9
	Calidad en su trabajo	6
	Calidad humana	4
	Otros: Justicia, Liderazgo	
<i>Conocimientos</i> 17%	Conocimientos básicos y especializados	
<i>Habilidades y capacidades</i> 9%	Trabajo en equipo	5
	Innovación y creatividad	3
	Investigación	1
<i>Entendimiento y comprensión</i> 5%	Toma de decisiones	3
	Visión globalizada	1
	Adaptabilidad a nuevos conocimientos	1

Vale la pena señalar que las condiciones actuales del país parecen influir la decisión de los padres de familia, porque para cerca de un 70%, lo más importante en un profesional son sus valores, mientras que la comprensión y entendimiento, que son fundamentales para los ingenieros solo es esperado por un 5%.

En el concepto de los gerentes y empresarios entrevistados, las fortalezas de los profesionales, son las que aparecen en la tabla a continuación. Para los gerentes y empresarios, aún siguen siendo lo más importante, las cualidades personales y los valores, pero los porcentajes cambian notoriamente, con respecto a los padres de familia.

Tipo de aprendizaje	
<i>Cualidades personales y Valores</i> 37%	Calidad en el trabajo Compromiso y amor por el trabajo Responsabilidad en el trabajo Deseo de superación y desarrollo Ética profesional Honestidad Lealtad con la empresa
<i>Conocimientos</i> 23%	Bien capacitados en su profesión Conocimientos actualizados Buena capacitación a nivel general y administrativo Buenos conocimientos técnicos y administrativos
<i>Habilidades y capacidades</i> 29%	Alto nivel de creatividad e innovación Liderazgo y capacidad para dirigir Buen manejo de público y de las relaciones interpersonales Capacidad de trabajo en equipo Dinamismo y versatilidad Rápida adaptación a las organizaciones
<i>Entendimiento y comprensión</i> 11%	Buen criterio para la toma de decisiones Capacidad de análisis Espíritu de creación de empresa Flexibilidad y adaptación al cambio

DE LAS SALIDAS: Los egresados de la ECI entrevistados, consideran que ellos como profesionales, tuvieron un proceso de aprendizaje caracterizado por:

Tipo de aprendizaje	
<i>Cualidades personales y Valores</i>	Calidad humana Compromiso Competitivos Actualización permanente
<i>Conocimientos</i>	Conocimientos sólidos
<i>Habilidades y capacidades</i>	Liderazgo y empoderamiento Profesionales integrales Facilidad de expresión Investigación y autoaprendizaje
<i>Entendimiento y comprensión</i>	Capacidad para combinar efectivamente la teoría con la práctica

DEL PROCESO: Los estudiantes y profesores entrevistados consideran porcentualmente la importancia del tipo de aprendizaje, de manera diferente. Obsérvese cómo se incrementa la importancia de *Entendimiento, comprensión, análisis y raciocinio* en la opinión de estudiantes y profesores, hasta darle un peso equivalente a la mitad, con el correspondiente decremento en el peso que se dio a las *Cualidades personales y Valores* en las otras encuestas.

Tipo de aprendizaje	Estudiantes 5°, 6° y 7° semestres	Estudiantes 8°, 9° y 10° semestres	Profesores
<i>Cualidades personales y Valores</i>	24%	15%	16%
<i>Conocimientos</i>	18%	22%	18%
<i>Habilidades y capacidades</i>	20%	24%	16%
<i>Entendimiento y comprensión</i>	38%	39%	50%

Hasta aquí, parece como si para el exterior de la universidad lo fundamental de la formación fuesen los *Valores*, mientras que para el interior de la universidad, lo esencial fuesen el *Entendimiento y la comprensión*.

CONCORDANCIA CON LOS OBJETIVOS DE LA MISION DE LA ECI

Algunos apartes de última versión de la Misión de la Escuela Colombiana de Ingeniería, son los siguientes:

“LA ESCUELA tiene como misión la formación de la persona, fundamentada en una alta preparación científica y tecnológica, armonizada con un profundo sentido de solidaridad social y un compromiso ético por parte de todos los miembros de la comunidad académica, para que su ejemplo constituya una lección de comportamiento ciudadano transmitida a la sociedad.

La formación que se brinda alienta el espíritu de creatividad e innovación y se enmarca en el contexto de la realidad colombiana para que los egresados estén en capacidad de plantear soluciones autóctonas a los problemas nacionales e igualmente puedan desempeñarse con eficiencia en un mundo competitivo y globalizado.

Como condición esencial para la convivencia ciudadana y la armonía con la naturaleza, LA ESCUELA propicia la formación integral de la persona y fomenta en ella una actitud de respeto por la dignidad humana y por su entorno, en la convicción de que todos los elementos de la biosfera hacen parte de una totalidad universal cuyo equilibrio es necesario para la conservación de los ecosistemas y de la vida sobre la tierra”.

Es evidente que la “formación integral” abarca los cuatro tipos de aprendizaje, que la “alta preparación científica y tecnológica” incluye *conocimientos, habilidades y capacidades*, más *entendimiento y comprensión*, que el “espíritu de creatividad e innovación” es parte de las *habilidades y capacidades* que el “respeto por la dignidad humana y por su entorno” es un *valor*. Hay un objetivo adicional, el “sentido de solidaridad social” que va muy de la mano con las soluciones autóctonas a problemas nacionales.

Como se puede observar, los objetivos macro de la ECI como institución, *si* están en perfecta armonía con las expectativas de los clientes, pero es muy difícil imaginar a partir de ellos, las proporciones adecuadas de los distintos tipos de aprendizaje, o al menos cuáles serían los más importantes.

CONCLUSION

Una enseñanza orientada principalmente al mejoramiento de los *Valores, de las actitudes y de las cualidades personales* es la meta que la ECI debe perseguir, si quiere acertar en lo relacionado con la satisfacción de las necesidades de sus usuarios. El *compromiso con la comunidad, la calidad en el trabajo* (compromiso, responsabilidad, actualización permanente) y la *calidad humana* (honestidad, ética, liderazgo, respeto, justicia) tendrán que integrarse al trabajo cotidiano para que vayan penetrando en la forma de actuar de los estudiantes, sin descuidar desde luego, los otros tres tipos de aprendizaje.

Bibliografía y Referencias

ⁱ Blanco R. Luis Ernesto, *La Calidad como Factor de Competitividad en la Educación Superior*, Conferencia Mundial sobre Educación en Ingeniería y Líderes de la Industria, ACOFI, mayo 1.997, p. 162.

ⁱⁱ Sparkes, J.J. (1990) “Quality in engineering education”, *Int. J. Continuing Engineering Education*, Vol. 1, No. 1, pp. 18-32

ⁱⁱⁱ Ibidem, pp. 22-23

¿ENSAYO O EXPERIMENTO ?

Una Optica para Reorientar la Investigación en Ingeniería

Norma Lucía Botero Muñoz
Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas

RESUMEN:

En nuestro medio los Laboratorios de las Facultades de Ingeniería realizan continuamente una serie de pruebas, como actividades o tareas en los procesos de formación (docencia - extensión - investigación). La información obtenida en estas pruebas, en la mayoría de los casos, es considerada como parte del producto final y solamente es reutilizada en muy pocas oportunidades. Lo anterior es debido básicamente al hecho de no tener una metodología clara para la realización de estas pruebas en cuanto a :

- Identificación de fenómenos y variables aleatorias, con base en el planteamiento del problema.
- Determinación de modelos determinísticos o estadísticos a utilizar con base en el tipo de variables controlables e incontrolables que se tienen en cuenta durante la realización de la prueba.
- La determinación del tamaño muestral de la prueba teniendo en cuenta el diseño muestral, la confiabilidad, la potencialidad, la probabilidad de error permitido, los costos, etc..
- Los pasos a seguir en la toma y registro de datos
- La validación de los supuestos del modelo utilizado a partir de los datos obtenidos en la realización de la prueba.
- El alcance y análisis de los resultados del estudio.

Debido a que en términos generales no se tiene un conocimiento claro sobre como fueron realizados los pasos anteriores esto nos genera inseguridad en cuanto a la posibilidad de mezclar resultados históricos con los resultados de nuevas pruebas.. En este caso nuestros datos se consideran resultados de ensayos y no de experimentos, y en esta forma estamos perdiendo la posibilidad de generar nuevo conocimiento colectivo en un campo del saber, puesto que no disponemos de suficientes datos experimentales para realizar el modelamiento estadístico.

El presente trabajo desarrolla una metodología con base en los pilares fundamentales del Diseño Experimental, la cual puede ser implementada en el manejo de pruebas realizadas en los Laboratorios de Ingeniería, de tal forma que se pueda, día a día, ir construyendo unas bases de datos experimentales, como lo hacen la mayoría de las Universidades y Centros de Investigación de los países desarrollados, bases de datos que nos permitan realizar modelamiento estadístico y llegar a conocer cual es el estado del arte en nuestro país con respecto a las variables analizadas y así poder incrementar el conocimiento colectivo que se tiene sobre ellas y no seguir aplicando modelos de otras latitudes que en muchos casos no son adecuados para nuestro medio.

ENSAYO VS EXPERIMENTO

Al realizar las pruebas de laboratorio los resultados pueden tener el carácter de ensayo o de experimento, así:

ENSAYO	EXPERIMENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se realizan las pruebas bajo la óptica de ensayo los resultados se limitan al ensayo mismo. • Estos resultados no pueden ser utilizados como base para la realización de pruebas futuras, ya que no se conoce el nivel de confianza del estudio. • Los resultados hacen parte de la recontextualización del conocimiento colectivo pero no de la ampliación de éste. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se realizan las pruebas bajo la óptica de experimento los resultados no se limitan al ensayo mismo. • Estos resultados tratan de explicar el fenómeno estudiado, adicionalmente se conoce el nivel de confianza de los mismos, por lo tanto, pueden ser utilizados como base para la realización de pruebas futuras. • Los resultados permiten ampliar el conocimiento colectivo.

PROCESO ACTUAL VS PROCESO PROPUESTO

En la Figura 1. se puede ver que en el **PROCESO ACTUAL** la Determinación del modelo estadístico (4) se considera como un paso posterior a los de la Determinación del tamaño muestral (2) y al de la Toma y registro de Datos (3). Por lo tanto, los ensayos se realizan sin tener claro cuál será el número más adecuado de pruebas a realizar, ya que no se ha tenido en cuenta tanto las limitaciones económicas, de tiempo y de recursos, como la confiabilidad y la potencialidad de los datos lo cual permite en términos generales tener una información más fiable. La creencia más común que se maneja, en este caso, es que a mayor cantidad de datos los resultados serán mejores. Esto trae consigo un aumento considerable en los costos del estudio, aspecto que puede impedir la realización de investigaciones posteriores o llegar a frenar innecesariamente el desarrollo de un avance técnico. Adicionalmente, una vez que se obtienen los datos, no se sabe con certeza como se va a proceder para el modelamiento de estos, que resultados se pueden obtener de ellos y con que confiabilidad se pueden difundir las conclusiones. En el **PROCESO PROPUESTO** se le da prioridad a la Determinación del modelo estadístico (2) sobre la Determinación del tamaño muestral (3) y sobre la Toma y registro de datos (4). Esta secuencia planteada, para los pasos del proceso, garantiza que los datos obtenidos satisfacen las necesidades del diseño experimental, puesto que tanto la cantidad como la forma en la cual se realiza la toma y registro de datos obedecen a los requerimientos del modelo estadístico preestablecido para el análisis de resultados.

Otro punto de diferencia entre estos dos procesos es la consideración en el **PROCESO PROPUESTO** del paso Validación del modelo (5). Con éste se garantiza la verificación del cumplimiento de los supuestos del modelo estadístico. Esta verificación se realiza a partir de los resultados obtenidos en las pruebas, si a partir de estos datos se encuentra que no se cumplen los supuestos del modelo, se puede entonces tomar las medidas alternativas o correctivas de rigor que permitan refinarlos y poder inclusive cumplir con el círculo de calidad PHVA para todo el proceso, es decir:

P	PLANEAR	Establecer planes para el desarrollo del experimento teniendo en cuenta las etapas presentes en él y los resultados esperados
H	HACER	Desarrollar y ejecutar los planes establecidos para la experimentación
V	VERIFICAR	Verificar que los resultados obtenidos en la experimentación estén de acuerdo con lo planeado y detectar problemas
A	ACTUAR	Actuar para corregir o eliminar problemas en la fase de verificación y tomar decisiones con respecto a un plan futuro

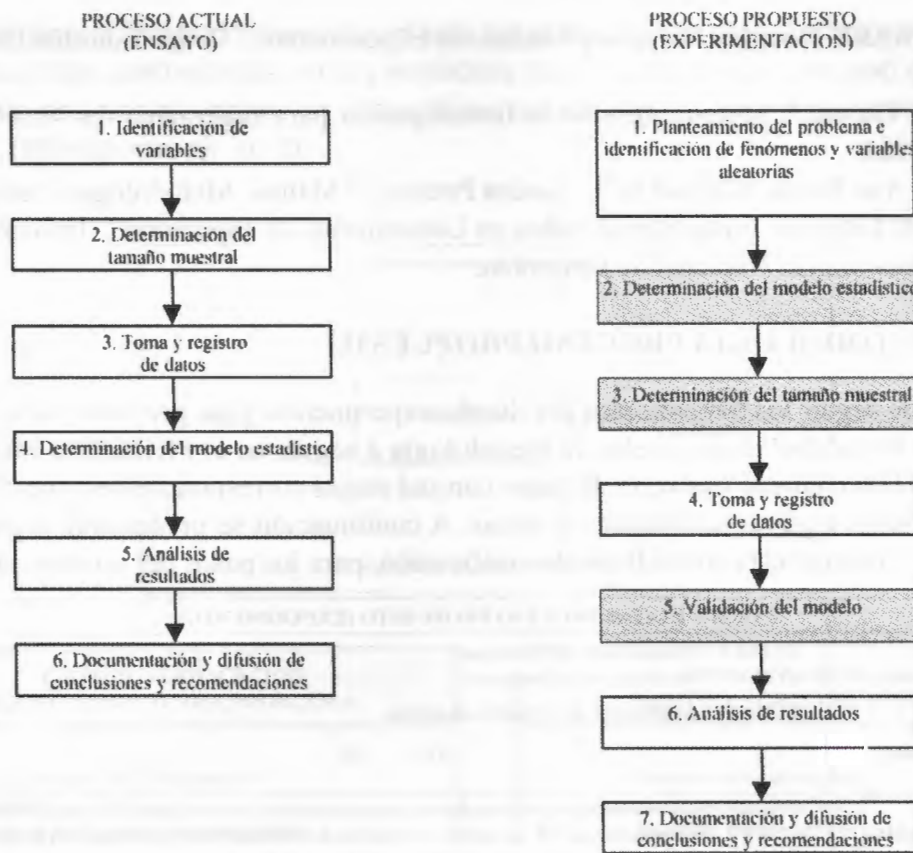


Figura 1. Proceso Actual y Propuesto - manejo y análisis de pruebas de laboratorio.

El **PROCESO ACTUAL (EXPERIMENTACION)** presenta ventajas sobre el **PROCESO PROPUESTO (ENSAYO)** en los siguientes aspectos:

- Los resultados de laboratorio son tratados como pruebas experimentales.
- Se cuenta con un soporte científico para la recontextualización y ampliación de conocimientos adquiridos por medio de pruebas experimentales.
- Los laboratorios contarán con una metodología para sus pruebas basada en los lineamientos del diseño experimental el cual tendrá en cuenta un manejo adecuado del proceso y aspectos de aseguramiento de calidad, situación que se convertirá en el primer paso para la certificación y acreditación de estos.
- las pruebas se documentaran adecuadamente y sus resultados se convertirán en datos válidos los cuales pueden ser adicionados a los resultados de futuras experimentaciones. Lográndose de este modo obtener bases de datos lo suficientemente amplias que permitan realizar modelamientos estadísticos con miras a determinar, con respecto al fenómeno o problema estudiado, cual es el estado del arte en nuestro medio.

BIBLIOGRAFIA

1. HARRINGTON, H. J. "Mejoramiento de los Procesos de la Empresa". McGraw Hill Interamericana, S.A., 1993.
2. HODSON, William. "MAYNARD Manual del Ingeniero Industrial". Tomo cuatro. McGraw Hill Interamericana, S.A., 1993.

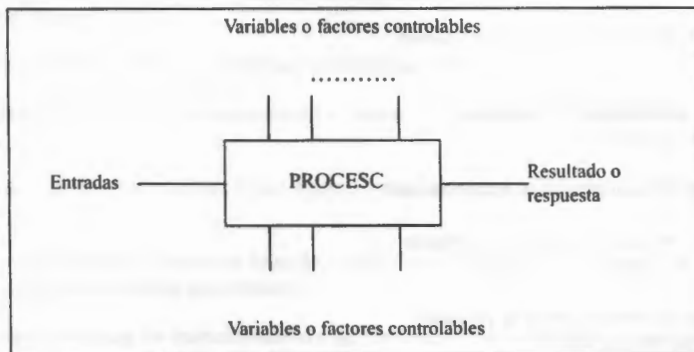
3. MONTGOMERY, Douglas. "Diseño y Análisis de Experimentos". Grupo Editorial Iberoamérica. 1991.
4. RADELAT, Guido. " Metodología de la Investigación para Ingenieros de Vías". Medellín, Colombia, 1991.
5. URIBE M., Ana María, VARGAS O., Sandra Patricia. " Manual Metodológico para el Manejo y Análisis de Datos en Ensayos realizados en Laboratorios de Ingeniería". Trabajo de Grado-Inédito - Universidad Nacional de Colombia.

ANEXO 1. METODOLOGIA PROCESO PROPUESTO

Con el objeto de seguir los lineamientos del diseño experimental y las primeras tareas a nivel de aseguramiento de calidad de la prueba, la metodología a seguir en el PROCESO PROPUESTO (EXPERIMENTO) contiene una serie de pasos con sus etapas correspondientes y para el logro de éstas se desarrollan algunas actividades y tareas. A continuación se presentarán algunas etapas fundamentales, con sus respectivas listas de verificación, para los pasos del proceso propuesto.

	PASOS Y ETAPAS PROCESO PROPUESTO (EXPERIMENTO)
Paso 1. Planteamiento del problema e identificación de fenómenos y variables aleatorias.	ETAPA 1 : Planteamiento del problema ETAPA 2 : Identificación del fenómeno ETAPA 3 : Identificación de variables aleatorias
Paso 2. Determinación del modelo estadístico.*	ETAPA 1 : Determinación de la manipulación o no de variables incontrolables mediante la toma de datos. ETAPA 2 : Identificación de las variables controlables a considerar en el experimento (cuántas y cuáles) en el caso de no manipular variables incontrolables en la toma de datos. ETAPA 3. Identificación de las variables in controlables las cuales se van a manipular mediante la toma de datos (cuántas y cuáles), teniendo en cuenta la presencia de una variable controlable en el experimento. ETAPA 4. Identificación del modelo estadístico con base en lo definido en las Etapas 1 y 2 o en las Etapas 1 y 3
Paso 3. Determinación del tamaño muestral	ETAPA 1 : Evaluar, de acuerdo al modelo estadístico y a las necesidades experimentales, valores de interés en el estudio. <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de probabilidad de error tipo I y de error tipo II permitidos en el estudio • Estimación de la media de los tratamientos o de la diferencia máxima entre ellas y estimación de la desviación estándar. ETAPA 2 : Cálculo del parámetro Φ con base en el modelo estadístico y obtención del tamaño muestral a partir de las curvas características de operación.
Paso 4. Toma y registro de datos	ETAPA 1 : Preparación previa de actividades según experimento. ETAPA 2 : Determinación de la presentación tabular de los datos según modelo estadístico. ETAPA 3 : Identificación de las unidades experimentales. ETAPA 4 . Asignación del orden aleatorio a unidades experimentales para la realización del experimento. ETAPA 5 : Calibración y mantenimiento de equipos. ETAPA 6 : Adecuación del lugar donde se tomará la toma de datos. ETAPA 7 : Realización de las actividades establecidas en la Etapa 1. ETAPA 8 : Transformación de los datos a medidas o unidades requeridas por el experimentador. ETAPA 9 Transcripción de resultados a la tabla de presentación de datos y realizar los cálculos básicos.
Paso 5. Validación del modelo	ETAPA 1. Validación de los datos originales con los supuestos del modelo según el caso: <ul style="list-style-type: none"> • Probar que los errores se comportan de acuerdo a una distribución normal. • Probar que los errores son independientes. • Probar que las varianzas de los tratamientos son iguales. ETAPA 2. En el caso que los datos no cumplan con los supuestos del modelo, realizar transformaciones requeridas y luego validar nuevamente con los datos transformados las condiciones del modelo.
Paso 6. Análisis de Resultados	ETAPA 1 : Análisis de información primaria a partir de las herramientas de la estadística inferencial. ETAPA 2 : Análisis de Información Secundaria ETAPA 3 : Comparación de los resultados obtenidos en los análisis de información primaria y de información secundaria.
Paso 7. Documentación y difusión de conclusiones y de recomendaciones	ETAPA 1. Documentación de conclusiones y de recomendaciones ETAPA 2. Difusión de conclusiones y de recomendaciones

*"Un experimento diseñado consiste en una prueba o series de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar o identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida" (Montgomery, p. 1).



LISTA DE VERIFICACION PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		SI	NO
1.	¿Se conoce claramente el objetivo del experimento?		
2.	¿Es válida la justificación del experimento?		
3.	¿Se han considerado todas las posibles propuestas de experimentación, a partir de la bibliografía?		
4.	¿Se han considerado todas las posibles propuestas de experimentación, a partir de las sugerencias de las personas que intervienen directa o indirectamente en ella?		
5.	¿Se tiene en forma escrita el planteamiento del problema?		

LISTA DE VERIFICACION IDENTIFICACIÓN DEL FENÓMENO		SI	NO
1.	¿El fenómeno cumple con las características de multiplicidad?		
2.	¿El fenómeno cumple con las características de variabilidad?		
3.	¿Si el fenómeno es determinístico se conoce el modelo matemático que lo describe?		
4.	¿Si el fenómeno es aleatorio se conoce la distribución de probabilidad de los resultados?		

LISTA DE VERIFICACION IDENTIFICACION DE VARIABLES		SI	NO
1.	¿Se han identificado todas las posibles variables que intervienen en el proceso experimental?		
2.	¿Se ha realizado una revisión bibliográfica y consulta en general para determinar las variables que van a intervenir en el ensayo?		
3.	¿Se tienen clasificadas las variables en controlables e incontrolables?		
4.	¿El experimentador tiene claridad acerca de cual será la variable respuesta en el ensayo?		
5.	¿Las variables han sido clasificadas en variables cualitativas y variables cuantitativas?		
6.	¿Se tiene claridad acerca de las unidades o parámetros de medida de las variables del estudio?		
7.	¿Se han clasificado las variables cuantitativas en variables discretas y variables continuas?		

LISTA DE VERIFICACION MODELO (EJEMPLO)			
	REGRESION LINEAL SIMPLE	UNIFACTORIAL EFECTOS FIJOS	BLOQUES COMPLETAMENTE ALEATORIZADOS
1. ¿Se tiene una variable controlable en el experimento?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se seleccionaron los niveles de la variable controlable en forma fija?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se tiene ausencia de manipulación de variables incontrolables en la toma de datos?		<input type="checkbox"/>	
4. ¿Se tiene una variable independiente en el experimento? <input type="checkbox"/>			
5. ¿Se tiene considerada la manipulación de una variable incontrolable en la toma de datos?			<input type="checkbox"/>
6. ¿Es de interés establecer la relación entre la variable independiente y la variable respuesta? <input type="checkbox"/>			
7. ¿No es de interés establecer la relación entre la variable controlable y la variable respuesta?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LISTA DE VERIFICACION DETERMINACION DEL TAMAÑO MUESTRAL			
		SI	NO
1. ¿Para la fijación del nivel de probabilidad de error tipo I se tomó en consideración las necesidades del estudio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Para la fijación del nivel de probabilidad de error tipo II se tomó en consideración las necesidades del estudio?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Para la fijación de la estimación de la desviación estándar se tuvo en cuenta información primaria o secundaria sobre experimentaciones anteriores?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Para la fijación de las medias de los tratamientos o del valor de la diferencia máxima entre ellas se tuvo en cuenta información primaria o secundaria sobre experimentaciones anteriores?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Para la selección del tamaño muestral se tuvo en cuenta las limitaciones o la viabilidad experimental?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LISTA DE VERIFICACION VALIDACION DEL MODELO			
		SI	NO
1. ¿Se identificó el comportamiento normal de los errores en el modelo o se realizó la prueba de normalidad?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se identificaron los residuos inusitados?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿En caso de existir residuos inusitados se realizó el análisis de causas que los originaron?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Se diseñó el experimento para garantizar la independencia de las respuestas en los elementos muestrales o se realizó la prueba de independencia de los errores?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se realizó la prueba de igualdad de varianzas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿En caso de no cumplirse el supuesto de igualdad de varianzas se determinó una transformación que estabilizara las varianzas?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿En caso de haber realizado alguna transformación sobre los datos, se realizaron las pruebas de igualdad de varianza a los datos transformados?		<input type="checkbox"/>	

LISTA DE VERIFICACION TOMA Y REGISTRO DE DATOS

	SI	NO
1. ¿Se tienen identificadas las diferentes actividades necesarias para realizar la toma de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se han documentado adecuadamente las actividades para llevar a cabo la toma de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se ha determinado cuál será la presentación tabular de los datos de acuerdo al modelo estadístico que se va a utilizar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Las unidades experimentales han sido identificadas y marcadas adecuadamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se ha realizado un proceso adecuado de aleatorización sobre el orden en el cual se realizarán las pruebas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Se tiene claridad acerca de las características del equipo, instalaciones y operarios para llevar a cabo las pruebas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Se han adecuado las instalaciones donde se llevarán a cabo las pruebas de acuerdo a lo establecido en la documentación de las actividades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ¿Se cumple con las características de mantenimiento y de calibración de equipos considerados en la documentación de actividades?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. ¿La toma de datos se realiza con base en la documentación previa de actividades y el ordenamiento aleatorio previamente establecido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. ¿Los datos requieren ser transformados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. ¿En caso de responder afirmativamente al numeral 10, se ha registrado el dato transformado en el formato establecido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LISTA DE VERIFICACION ANÁLISIS DE RESULTADOS

	SI	NO
1. ¿Se plantearon las hipótesis de interés de acuerdo al experimento que se desarrolla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se utilizaron las herramientas de la estadística inferencial para probar las hipótesis planteadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿En caso de existir diferencia entre las medias de los tratamientos se hallaron los intervalos de confianza para estas diferencias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿En caso de existir diferencia entre las medias de los tratamientos se realizaron comparaciones pareadas para determinar que parejas de medias son realmente diferentes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Se realizaron las pruebas específicas de acuerdo al modelo estadístico seleccionado para el manejo y análisis de datos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. ¿Se realizó el análisis de información secundaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. ¿Se compararon los resultados obtenidos en el análisis de información primaria y en el análisis de la información secundaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LISTA DE VERIFICACION DOCUMENTACIÓN Y DIFUSIÓN DE CONCLUSIONES Y DE RECOMENDACIONES

	SI	NO
1. ¿Se realizó la documentación de la experimentación teniendo en cuenta las normas estándares?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿En la documentación se tuvo en cuenta el resumen, la introducción, el desarrollo y las conclusiones de tal manera que el lector pueda comprender los resultados presentados en ella?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se realizó la difusión de los resultados en forma tal que se pueda obtener una adecuada retroalimentación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN.

**Contreras E. J., Aguilar M. A., León R. F., Altamirano A. F.
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Universidad Nacional Autónoma de México.**

RESUMEN.

Debido a la necesidad que existe de revisar los planes y programas de estudio, a fin de que sean acordes con los cambios científicos y tecnológicos, se revisó el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, vigente desde 1993. Tomando en cuenta los resultados obtenidos al realizar el análisis global, el análisis de la congruencia externa e interna, así como las encuestas realizadas a profesores, egresados y representantes del sector productivo, se llegó a la conclusión de que para atender las necesidades del sector productivo, no es posible mantener el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica y que a partir de él, es necesario generar planes de estudios para las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica-Electrónica e Ingeniería Industrial. En el presente trabajo, a manera de ejemplo, se presenta la estructura general del programa propuesto para la carrera de Ingeniería Industrial.

ANTECEDENTES.

En 1971, la solicitud para el primer ingreso al bachillerato en la UNAM, excedía en mucho su capacidad instalada, tanto en infraestructura como en recursos humanos, ya que solo existían 13,000 plazas y la demanda ascendía a 30,000. Para atender esta problemática, la UNAM, durante el rectorado del Dr. Pablo González Casanova, integra la primera Comisión de Planeación Universitaria la cual propone la creación de los CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades, nivel prelicenciatura) en el marco del programa de descentralización de la UNAM. En mayo de 1973, la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior), formula un documento sobre las necesidades de la enseñanza superior, entre las cuales se destaca la incapacidad previsible para el año de 1974, de atender a la primera generación de egresados del CCH. Para resolver esta

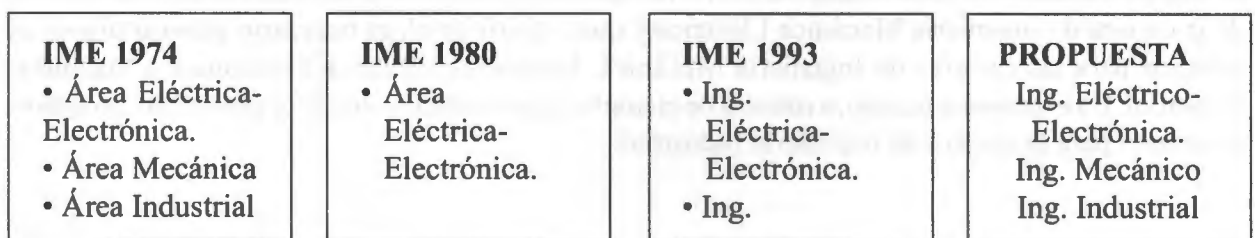
problemática, se formularon dos estrategias, por un lado, fortalecer las universidades estatales y por otro, la creación de nuevas instituciones en el área metropolitana.

En este contexto, el Consejo Universitario de la UNAM aprueba la creación de las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales, ENEP, el 19 de febrero de 1974, con base en un documento elaborado por la Comisión Técnica de Proyectos Universitarios, en el que se analiza la dificultad de dar cabida a cinco veces mas la capacidad original de Ciudad Universitaria.

Estas Escuelas se conciben como Unidades Multidisciplinarias, con estructura matricial departamento-carrera, donde el departamento debe ser el responsable de organizar y supervisar el trabajo del personal académico y, se integrarán por áreas de conocimiento, mientras que la coordinación, debe establecer las metas educativas, evaluarlas y retroalimentar el proceso educativo a fin de mantener una mejora continua. Estas escuelas ofrecerían diversas licenciaturas, que por diferentes que parecieran, deberían fomentar el trabajo multidisciplinario a través de proyectos comunes y de la interacción departamento-carrera.

La Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán inicia sus labores en abril de 1974, siendo la primera Unidad Multidisciplinaria de la UNAM y dentro de las licenciaturas que ofrece se encuentra la de Ingeniero Mecánico Electricista, la cual adopta el Plan de Estudios de la Facultad de Ingeniería y los departamentos involucrados en esta carrera son: Matemáticas, Física, Ingeniería, Ciencias Administrativas y Ciencias Sociales.

Al paso del tiempo, se hizo necesaria la revisión y la actualización del plan de estudios para lograr la formación del Ingeniero Mecánico Electricista, que el país demanda. En el siguiente diagrama se presenta la evolución del plan de estudios.



METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS.

1. ANÁLISIS GLOBAL DEL PLAN DE ESTUDIOS VIGENTE.

Se realizó un análisis y una evaluación integral de todos los factores que influyen sobre dicho plan, como son: el proceso enseñanza aprendizaje, personal académico, infraestructura en obra civil, laboratorios, biblioteca, equipo de cómputo, recursos audiovisuales. Para esta evaluación, se tomaron en cuenta las opiniones de los profesores de los departamentos del área de las ciencias físico matemáticas y de las ingenierías, basadas en la experiencia acumulada. También se recabó la opinión de la comunidad estudiantil.

2. ANÁLISIS DE LA CONGRUENCIA EXTERNA.

Se llevó a cabo el estudio de acuerdo al marco establecido por la Universidad para la Revisión de Planes de Estudio, y tomando en cuenta las recomendaciones de los Comités Institucionales para la Evaluación de la Educación Superior, CIEES, del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, CACEI, de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería, ANFEI, de parámetros señalados en acreditaciones internacionales de profesionales de la Ingeniería, de encuestas realizadas a egresados y al sector industrial.

3. ANÁLISIS DE LA CONGRUENCIA INTERNA.

Se realizó un análisis del perfil profesional, de los objetivos y contenidos de los programas de las asignaturas del plan de estudios vigente, de la relación horizontal y vertical de la asignaturas en el mapa curricular, del proceso de evaluación del aprendizaje de los alumnos, de la formación que el personal académico requiere, así como las opiniones del personal académico y de la comunidad estudiantil para el establecimiento de la propuesta.

4. CONCLUSIONES.

- a) Debido a las circunstancias presentes y futuras, es necesario fortalecer el área correspondiente a las ciencias básicas y a las ciencias de la ingeniería, por medio de algunos ajustes al plan de estudios propuesto.
- b) Hacer explícito el doble objetivo de las asignaturas básicas, que por una parte, son una disciplina formativa y por otra son una herramienta necesaria para desarrollar las ciencias de la ingeniería.
- c) Motivar al alumno desde los primeros semestres, familiarizándolo con la realidad de la ingeniería.
- d) Los planes de estudio, deben de estar diseñados, de tal forma que puedan ajustarse a los cambios tecnológicos, permitiendo que la formación de los egresados esté acorde con lo que demanda la sociedad.
- e) Revisión de los programas de estudio de las asignaturas y propuesta de ubicación, en función de los conceptos básicos que contemplan, evitando duplicaciones y reorganizando su contenido. Revisión de los objetivos, tanto generales como específicos, en cada uno de los temas de las asignaturas, así como, la actualización de la bibliografía. Ajustar tiempos asignados a la parte teórica y práctica de algunas asignaturas.
- f) Propuesta de nuevas asignaturas que son de interés primordial en el desarrollo profesional.
- g) Fomentar la investigación y los proyectos de innovación tecnológica en el área.

Con base en las conclusiones anteriores, y de acuerdo a las tendencias de las Ingenierías en México, a los requerimientos del sector productivo y a las necesidades de que el programa de Licenciatura sea certificado, se propone:

5. PROPUESTA.

A partir de la Carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, generar las Licenciaturas de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial. Interrelacionadas mediante un tronco común, para atender las necesidades del sector productivo nacional y poder promover la investigación y desarrollo en el área de las Ingenierías.

De acuerdo a esta propuesta, se elaboraron los Planes de Estudio para cada Licenciatura propuesta, incluyendo los perfiles del egresado.

A continuación, presentamos la estructura en forma general del trabajo desarrollado, tomando como ejemplo la Carrera de Ingeniería Industrial.

PERFIL DEL EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL.

El egresado de esta Carrera, debe adquirir, durante el transcurso de sus estudios, conocimientos de carácter formativo, que persistan durante su vida profesional y sean la base para especializarse o realizar estudios de posgrado, y sobre todo, que pueda mantenerse actualizado, respecto a los constantes avances en las técnicas y tecnologías de la ingeniería industrial.

Los egresados deben de adquirir en la escuela, aptitudes y habilidades adecuadas para el mejor desarrollo de su profesión. En lo que respecta a su desempeño personal, debe asumir en todos los casos, una actitud comprometida y responsable que se refleje en el entorno en que actúe.

El Ingeniero Industrial debe:

- Poseer un conocimiento sólido de Matemáticas, Física y Química, y poder aplicar éste, en la resolución de problemas de su campo profesional.
- Tener un conocimiento amplio, tanto teórico como práctico, de aquellas áreas especializadas y de actualidad, que tienen una demanda importante en la industria nacional, tales como, el estudio de las relaciones laborales, el comportamiento humano en las organizaciones, la planeación y control de la producción, la automatización y robótica, los sistemas productivos, la calidad y la planeación estratégica.
- Hacer uso de la tecnología informática para la automatización y la solución de problemas en los procesos de producción. En particular deberá tener una amplia práctica en dibujo, diseño y manufactura asistidos por computadora.
- Tener conocimientos del área social y humanística, así como del área de economía.
- Tener la formación necesaria para realizar trabajos de investigación en el área de Ingeniería Industrial.

APTITUDES Y HABILIDADES.

- Tener aptitud para aplicar el método científico, al estudio y solución de problemas.

- Tener aptitud para definir la naturaleza esencial de los problemas ingenieriles, que deberá resolver en la práctica profesional, así como, para desarrollar o adaptar la metodología mas adecuada para dicha solución.
- Tener la habilidad para trabajar en grupos multidisciplinarios e interdisciplinarios y participar en la toma de decisión.
- Tener la capacidad de aplicar técnicas y tecnologías de vanguardia para la mejora de los procesos de producción.
- Tener la capacidad para implantar sistemas de aseguramiento de calidad en las empresas.
- Tener la capacidad de diseñar sistemas integrados de manufactura.
- Aplicar ideas creativas e innovadoras para diseñar equipos, procesos o sistemas alternativos a los tradicionales.

ACTITUDES.

- Enfrentar las tareas que se le encomienden, con seguridad y confianza en si mismo, con responsabilidad y dedicación.
- Debe considerarse un miembro importante en la toma de decisiones de la organización.

ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS.

El objetivo de la Carrera de Ingeniero Industrial, es el de formar profesionales de alto nivel, que sean capaces de diseñar, innovar, desarrollar, integrar, planear y poner en operación los sistemas productivos que se apliquen a sectores diversos, contemplando y manteniendo altos niveles de calidad, para elevar la productividad y la competitividad de las empresas y el bienestar de la sociedad.

La propuesta de la currícula de Ingeniería Industrial, cumple con los requisitos mínimos que recomienda el CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería) para que un programa de Ingeniería pueda ser acreditado. Siguiendo estos lineamientos, se propone la siguiente estructura:

CIENCIAS BÁSICAS: Fundamentan los conocimientos científicos en Matemáticas, Física y Química. Se propone un tronco común de la carrera, el cual queda integrado por 16 asignaturas obligatorias.

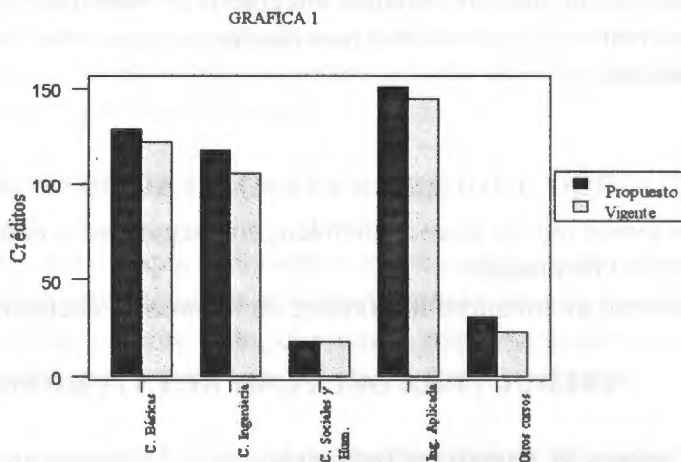
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA: Fundamentan los conocimientos básicos de la carrera, científicos y tecnológicos, estructurando las teorías de la ingeniería, mediante la aplicación de las ciencias básicas: 19 asignaturas.

INGENIERÍA APLICADA: Permiten hacer uso de los principios de la ingeniería, para planear, diseñar, evaluar, construir, operar y conservar proyectos de ingeniería: 15 asignaturas.

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES: Complementan la formación social y humanista del Ingeniero: 3 asignaturas.

OTROS CURSOS: Contemplan la formación del egresado, en otros conocimientos que no corresponden a los rubros antes mencionados: 3 asignaturas.

En la gráfica siguiente, se muestra la comparación del número de créditos del plan de estudios vigente contra el número de créditos del plan de estudios propuesto.



DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS

Los estudios se realizarán en sistema escolarizado, con duración de diez semestres lectivos y los requisitos de ingreso serán los señalados en la Legislación Universitaria.

REQUISITOS DE TITULACION.

De acuerdo a la Legislación Universitaria, para acceder al Título de Ingeniero Industrial, se deberá haber cursado el 100% de créditos, haber realizado el Servicio Social y optar por alguna de las siguientes vías de titulación: tesis, informe de servicio social, examen global de conocimientos, seminario de titulación, estudios de maestría, memoria de desempeño profesional. Todas las opciones anteriores, conformarán la parte escrita del examen profesional debiendo presentarse la parte oral correspondiente.

REFERENCIAS.

1. Consejo de Acreditación de la enseñanza de la ingeniería A. C. Manual, noviembre 1998. México, D. F.
2. Estructura Departamental y Currículum Flexible. Consejo Técnico ENEPC, 1974.
3. Legislación Universitaria. U.N.A.M. Oficina del Abogado General. Dirección general de estudios y proyectos legislativos. México, 2000.
4. Plan de Estudios IME. 1980. Unidad de la Administración Escolar. FESC, 1988.
5. Plan de Estudios IME. 1993. Unidad de la Administración Escolar. FESC, 1994.

Matemáticas discretas para Informática

Rodrigo Cardoso

Universidad de los Andes

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

E-mail: rcardoso@uniandes.edu.co

Resumen

Se propone un cambio de enfoque en la enseñanza de las matemáticas discretas dentro de un currículo de Informática. Las ideas expuestas corresponden a cambios curriculares adelantados en 1998 en el pregrado de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes y en la Universidad de Cornell ([Gri1991], [Gri1994], [Gri1995], [Gri1998]).

Una novedad de esta presentación es la pretensión de enseñar *a un tiempo* las matemáticas correspondientes (lógica, teoría de conjuntos, aritmética, ...) y sus aplicaciones en informática. Por otro lado, hay un cambio de enfoque importante en cuanto a la forma de entender lo que es una demostración y cómo se hace. El nuevo enfoque tiene como regla de inferencia básica la sustitución de iguales por iguales (regla de Leibniz) en contraposición al uso de reglas como *Modus Ponens*.

Palabras clave

Matemáticas discretas, lógica para ingenieros, sistemas deductivos, regla de Leibniz.

1 Introducción

Desde 1983, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes (DISC-Uniandes) incluyó en su currículo de pregrado temas relacionados con la especificación y verificación formal de programas, principalmente en el curso *ISIS 241 Verificación y desarrollo de programas* ([Car1993]). Como prerrequisitos se exigían un curso de lógica y uno de matemáticas discretas básicas "clásicos" (teoría de conjuntos, funciones, relaciones, álgebra abstracta, teoría de conteo, ...). Las ideas de pre- y poscondiciones, invariantes, etc., permearon en otros dominios del currículo, de manera que se puede afirmar, después de 18 años, que el conocimiento básico de estos temas es una característica distintiva de los egresados de este pregrado.

En el segundo semestre de 1998 se implantó un cambio curricular que buscó, entre otros objetivos, resolver problemas que se habían observado al llevar a la práctica los conocimientos que se impartían en cursos fundamentales. En particular, el conseguir en los estudiantes una conciencia de la importancia del formalismo para sustentar argumentos o para garantizar la calidad de los productos se lograba en menos medida de la deseada. Una de las causas era cierta desconexión detectada entre la manera clásica de abordar los temas de matemáticas discretas con la eventual aplicación de estos conocimientos en la informática.

2 ¿Qué se necesita?

La informática es una disciplina cuyo ejercicio se fundamenta en el modelaje de una realidad que, en la práctica, no se puede o no se debe manipular físicamente. Por esta razón, la informática requiere de herramientas metodológicas formales, como son las matemáticas en sus diferentes matices y enfoques. Para su interacción con otras disciplinas, el informático puede requerir matemáticas continuas tradicionales (cálculos diferencial e integral, ecuaciones diferenciales, ...). Sin embargo, al final lo usual es trabajar con computadores digitales que se usan y programan de manera discreta. Así, los modelos más utilizados son discretos e incluso las aplicaciones de lo continuo son tratadas con métodos aproximativos de matemáticas discretas.

Un informático debe conocer las matemáticas básicas que los demás ingenieros estudian. Además, debe conocer matemáticas discretas en un sentido práctico, es decir, para aplicarlas en la especificación de sus modelos y programas, en el desarrollo de sus productos y en la verificación de la corrección de lo que hace.

En un currículo normal, un pregrado de informática puede incluir temas como lógica, teoría de conjuntos, álgebra abstracta, teoría de grafos, etc. En la mayoría de los casos, los estudiantes asumen estos cursos con la misma actitud que toman hacia las matemáticas continuas, i.e., como conocimientos que forman pero no son esenciales para su desarrollo profesional. Sin embargo, la práctica profesional de la informática tiene en cuenta cada vez más ideas alrededor de la calidad de programas, procesos, etc. Esto solo se logra cuando se tiene un respaldo formal como el que brindan las herramientas de matemáticas discretas aplicadas de manera conveniente a cada situación.

Una de las causas del problema de asumir la matemática discreta como “cultura general” es la falta de nexos explícitos entre lo que se aprende en los cursos con la eventual aplicación de los conocimientos. Los cursos de Verificación y Desarrollo de programas y Eficiencia de Algoritmos en el DISC-Uniandes fueron incluidos e impartidos de forma que hubiera más conexión entre las matemáticas discretas y la informática teórica básica, en los currículos de los años 80s. Una razón importante para cambiar las matemáticas discretas en el currículo de 1998 fue el reconocer, a la luz de los resultados en las clases, que los alumnos no tenían afianzados los conocimientos básicos que se esperaba que los cursos de matemáticas discretas les hubieran dado. Se debía gastar tiempo, hablando de especificación de programas, explicando cómo el lenguaje de la lógica servía para modelar situaciones; o verificando programas, recordando lo que significaba demostrar un predicado.

La solución que se planteó se basó en una propuesta que se implantó en la Universidad de Cornell, por parte de David Gries y Fred Schneider (cf. [Gri1991], [Gri1994], [Gri1995], [Gri1998]). Gries es un viejo conocido de nuestro currículo: su libro [Gri1981] fue el texto inicial del curso de Verificación y desarrollo de programas y sirvió de fuente principal en la concepción de [Car1993], que fue utilizado como texto en los 90s. Detrás de todo están las siguientes grandes ideas:

- Las matemáticas discretas pueden enseñarse y aprenderse teniendo en la mira el contexto informático en el que se aplicarán.
- Resulta más natural (¿o más práctico?) enseñar a demostrar mediante un cálculo deductivo ecuacional que usando el tradicional método de *Modus Ponens*.

- Las matemáticas discretas para informática deben ser estudiadas como métodos, técnicas o herramientas. No, y esta es una gran diferencia con el enfoque tradicional, como objeto de estudio. Por ejemplo, dejan de importar, en primera instancia, temas como completitud de una lógica; esto queda para cursos de profundización.
- El informático tiene, a diferencia del matemático, un modelo estándar – ¡la realidad que abstrae!– que le sirve de semántica para sus construcciones sintácticas.

El currículo en DISC-Uniandes se modificó en 1998, de manera que se remplazaron los cursos *MATE 360 Matemática estructural* y *MATE 361 Lógica* por dos cursos nuevos:

- *ISIS 106 Herramientas de deducción formal*: un curso de lógica basado en un cálculo deductivo ecuacional, con aportes interesantes en el manejo de cuantificadores (lo que simplifica el paso de lógica proposicional al de lógicas de alto orden).
- *ISIS 107 Fundamentos de ciencias de la computación*: un curso de matemáticas discretas que supone el conocimiento de la lógica del curso anterior, para aplicarla en el estudio de la aritmética, las secuencias, las relaciones, etc.

Los dos cursos enseñan, transversalmente, los rudimentos de la corrección y verificación de programas, utilizando las herramientas de lógica y deducción ya mencionadas. Esto permite que el estudiante aprenda las nociones fundamentales de matemáticas discretas y encuentre, simultáneamente, dominios de aplicación importantes e interesantes de tales conocimientos.

3 Lógica ecuacional

Más que de una lógica ecuacional se puede hablar de una matemática discreta ecuacional, ya que los métodos de la lógica son extrapolables a otras disciplinas de matemáticas discretas interesantes para las aplicaciones en informática. Aquí se da una idea muy somera del formalismo subyacente y se ve cómo, de esta manera, se concretan las ideas generales expuestas en la sección anterior.

3.1 Sustitución textual y regla de Leibniz

La propuesta de cambio en la enseñanza de las matemáticas discretas para informática se basa en un cambio conceptual importante: en lugar de introducir los conceptos de demostración y pruebas con el cálculo deductivo clásico, basado en la *regla de Modus Ponens*:

$$\frac{p \quad p \Rightarrow q}{q}$$

se prefiere un cálculo ecuacional, en el que la igualdad¹ (=) y no la implicación (\Rightarrow) es el conectivo lógico alrededor del cual gira el énfasis de las pruebas y la regla de inferencia es la llamada *regla de Leibniz* o *sustitución de iguales por iguales*.

¹ En realidad, se habla de cálculo ecuacional, útil en dominios en los que se puede definir una igualdad, como la aritmética, por ejemplo. También es el caso de la lógica, donde la igualdad es la equivalencia lógica (\equiv).

Antes de explicar la regla de Leibniz es necesario introducir una notación para la acción de *sustitución textual*. Con $E[z:=p]$ se denota una expresión igual a la expresión E , excepto que, en todas las apariciones de la variable z , ésta se cambia por la expresión (p) ². Los paréntesis se dejan sólo si hay posibilidad de confusión. En general, puede haber más de una variable para sustituir y, en este caso, se entiende una sustitución paralela de las variables.

Así:

$$\begin{aligned} & (x*y) [x,y:=z+2,1] \\ = & \text{ (Def. de sustitución textual)} \\ & (z+2) * 1 \\ = & \text{ (Eliminación de paréntesis redundantes, aritmética)} \\ & z+2 \end{aligned}$$

El ejemplo anterior sirve para introducir, además, el formato que se utiliza para las demostraciones. Las líneas que contienen expresiones evaluables (v.gr., aritméticas, lógicas) se relacionan con líneas que incluyen un conectivo ecuacional (igualdad, equivalencia lógica, ...) y una razón que explica la corrección de la relación³.

La Regla de Leibniz se establece así:

$$\text{Regla de Leibniz: } \frac{p = q}{E[z:=p] = E[z:=q]}$$

La adecuación de esta regla, con respecto a la lógica tradicional, se basa en propiedades de la igualdad y en el axioma de instanciación clásico.

Un ejemplo de aplicación de la Regla de Leibniz:

$$\begin{aligned} & 2*x/2 = x \\ = & \text{ (Regla de Leibniz: } E:= (2*x/2 = x), p:= x, q:= 3j+1 \text{)} \\ & 2*(3j+1)/2 = 3j+1. \end{aligned}$$

3.2 Más reglas de inferencia y axiomatización

Además de la regla de Leibniz, el cálculo ecuacional incluye como reglas de inferencia una para transitividad de la igualdad, una regla que permite deducir $E[z:=p]$ de E (correspondiente al axioma de instanciación) y una regla llamada *de equidad*, que permite deducir q teniendo como hipótesis a p y $p \equiv q$.

² Es tradicional, en textos de lógica, la notación E_p^z , pero aquí se prefiere la notación $E[z:=p]$ por su similitud con la notación de asignación en lenguajes de programación imperativos, usualmente conocidos por los estudiantes de informática.

³ Este formato es generalizado, más adelante, para permitir conectivos transitivos (v.gr., desigualdades, implicaciones) y pruebas con hipótesis, con lo cual se simplifican ciertas demostraciones.

El cálculo deductivo ecuacional queda completamente definido cuando se introducen axiomas correspondientes. La idea es comenzar por axiomatizar la lógica proposicional y extender el conjunto de axiomas para cubrir las lógicas de más alto orden usadas en teorías usadas en informática (primer orden, aritmética, teorías de secuencias, etc.). En [Gri1994a] se muestra la completitud de este cálculo para el caso proposicional.

Las bases de lógica proposicional son fundamentales y establecen pautas de notación y procedimiento para la enseñanza y el aprendizaje. El conectivo \equiv , que denota la equivalencia lógica, es la igualdad para el cálculo ecuacional correspondiente. Hay axiomas que suenan curiosos, como son la asociatividad del conectivo de equivalencia lógica

$$((p \equiv q) \equiv r) \equiv (p \equiv (q \equiv r))$$

que, una vez asumido, permite expresar axiomas como la llamada *Regla de Oro*, eliminando paréntesis innecesarios:

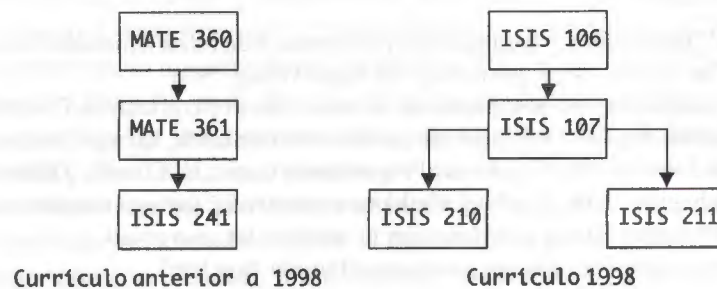
$$p \wedge q \equiv p \equiv q \equiv p \vee q.$$

El paso a lógicas de más alto orden se efectúa mediante una teoría general de cuantificación. Esta teoría no solo comprende las cuantificaciones existencial y universal clásicas, sino que logra tratar de manera uniforme y general términos correspondientes a operaciones acumuladoras derivadas de operadores asociativos conmutativos y con unidad (sumatorias, multiplicatorias, etc.).

La teoría de conjuntos, relaciones, funciones y temas como inducción y sus aplicaciones a la especificación y verificación de programas se introducen complementando la axiomatización básica. Esto permite una visión conjunta de las teorías matemática e informática, de suerte que el ambos estudios se consideran mutuamente justificados.

4 Resultados

Para estimar efectos del cambio curricular se consideran los dos cursos del currículo anterior y su relación con el siguiente curso de informática de entonces (MATE 360 \rightarrow MATE 361 \rightarrow ISIS 241) y lo correspondiente en el currículo actual (ISIS 106 \rightarrow ISIS 107 \rightarrow (ISIS 210 | ISIS 211)). Las dependencias entre las materias de uno y otro currículo se ven representadas en la siguiente figura:



Los cursos *ISIS 210 Modelaje y especificación de software* e *ISIS 211 Diseño de algoritmos* reciben los estudiantes de los nuevos cursos de matemáticas discretas.

El siguiente cuadro muestra de manera comparada el desempeño de estudiantes frente a los dos currículos. La columna "reprobó" se refiere al número de estudiantes que perdieron la materia. Para una casilla (materia-X, materia-Y), el dato indicado corresponde al porcentaje de estudiantes que Las siguientes casillas muestran el porcentaje de estudiantes que, habiendo aprobado la materia-X perdieron la materia-Y. Por ejemplo, 20.50% de los estudiantes que aprobaban *MATE 360* perdían *MATE 361*.

	Currículo anterior a 1998			Currículo 1998				
	reprobó	MATE 361	ISIS 241	reprobó	ISIS 107	ISIS 210	ISIS 211	
MATE 360	27.70%	20.50%	14.10%	ISIS 106	16.89%	16.95%	6.67%	7.14%
MATE 361	26.40%		13.90%	ISIS 107	16.92%		7.14%	14.29%

Aunque las poblaciones son pequeñas todavía para hablar de que estas cifras reflejen una realidad estable, se observa una tendencia a reducir la mortalidad comparada de los cursos, así como la adecuación de un curso prerrequisito con respecto a otro posterior. En este caso se debería esperar que estas cifras fueran decrecientes. De hecho, lo son para los dos currículos, pero son menores en el currículo nuevo.

Un sondeo informal con profesores que han tenido experiencia con las dos variantes de currículo confirma, además, que el nuevo currículo ha mejorado el entendimiento que los estudiantes tienen sobre los temas tratados. Por ejemplo, la noción de demostración formal es entendida por la mayoría sin la menor complicación. En esta clase de apreciaciones influye, decididamente, la forma en que la clase se aborda: muchos ejercicios, mucha exigencia sintáctica en el primer curso.

En general, se puede afirmar que el impacto del cambio curricular ha sido benéfico, aun en aspectos que están por medirse de manera menos informal. La propuesta, como todo cambio que exige novedades, requiere profesores capacitados en temas de matemáticas discretas y, en menor grado, en informática teórica elemental.

Bibliografía

- [Car1993] Cardoso, R., Verificación y desarrollo de programas, Ediciones Uniandes-Ecoé, 1993.
- [Gri1981] Gries, D., The science of programming, Springer-Verlag, 1981.
- [Gri1991] Gries, D., Calculation and discrimination: a more effective curriculum, CACM Vol 34, No. 3, 1991.
- [Gri1994] Gries, D. Schneider, F.B., A logical approach to discrete math, Springer Verlag, 1994.
- [Gri1994a] Gries, D., Schneider, F.B., Equational Propositional Logic, U. Cornell, TR94-1455, 1994.
- [Gri1995] Gries, D. Schneider, F.B., Teaching Math more effectively, through calculational proofs, AMM, 1995.
- [Gri1998] Gries, D. Schneider, F.B., An introduction to teaching logic as a tool, <http://simon.cs.cornell.edu/home/gries/Logic/Introduction.html>.

UNA VISIÓN DE EDUCACIÓN EMPRESARIAL PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES

AUTORES

Ingeniero JAVIER F. VILLEGAS MESA *
Decano Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
e-mail: javier_fer_99@yahoo.com

Ingeniera MARCELA CASCANTE MONTOYA *
Director de Extensión y Calidad Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
e-mail: mar_18_11@yahoo.com

* Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
Diagonal 47 No. 15 – 50 Tel / Fax: 2883681
Universidad Católica de Colombia
Bogotá – Colombia

Doctor Ingeniero RICARDO LLAMOSA
e-mail: rllamosa@uis.edu.co
Calidad, Ingeniería de Sistemas y Modelado de Aprendizaje Organizacional – CISMA –
Centro de Innovación y Desarrollo para la Investigación en Ingeniería del Software – CIDLIS –
Universidad Industrial de Santander
Sede UIS Bucarica – Oficina 330 Tel / Fax: ++7-6701062
Bucaramanga, Colombia

Palabras Claves:

Calidad, Aseguramiento de calidad, Modelado del conocimiento, Gestión de Aprendizaje, Estructura Organizacional, Organización, Ingeniería de Software, Ingeniería del Conocimiento, ISO 9000, Indicadores, Gestión de proyectos, CMM

RESUMEN

Esta ponencia describe las causas y efectos de un sistema de "Aseguramiento de Calidad" derivadas de un proceso seguido de: Especificación, Definición, Diseño, Producción e Implementación de un currículo soportado en las normas ISO 9000:2000. El programa en cuestión se definió siguiendo el modelo de ciclo de vida de producto planteado por el proyecto de Gestión Administrativa y Académica de Instituciones Educativas (GAYA). La filosofía del programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, actualmente en funcionamiento, se fundó bajo un Modelo Pedagógico que atraviesa tres estadios que van desde el Aprender a Aprender hasta el Aprender a Emprender. El modelo presentado permite a la vez responder a la Calidad, dando coherencia entre lo que se dice y lo que se hace. Para el efecto ha soportado su ejecución, con la documentación de los procedimientos necesarios para el funcionamiento eficaz de las tres entidades que componen este currículo: Entidad

Administrativa y Académica, Entidad de Investigación y Desarrollo, y Entidad de Extensión y Calidad, basados todos en la disposición de una Estructura Organizacional, ordenada en cuanto a responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal; reflejada en el documento denominado Manual de Calidad de la Facultad, que especifica y aclara el Sistema de Gestión de la misma.

Modelo propuesto

I- III SEMESTRE	IV - VI SEMESTRE	VII - X SEMESTRE
Aprender a Aprender	Aprender a Hacer	Aprender a Empezar
PROPEDEÚTICA	HERMENÉUTICA	HEURÍSTICA
Apropiación y adaptación de teorías aplicadas a tecnología	Emulación de Tecnología	Innovación tecnológica y empresarial
"Ingeniería Proposicional"	"Ingeniería Analítica"	"Ingeniería Sintética"
Preparación	Interpretación	Innovación

Tabla No. 1. Modelo Pedagógico

El Modelo Pedagógico (Tabla No.1) soporta su puesta en marcha, en los procesos de "Investigación y Desarrollo", como eje o columna vertebral para transferir el conocimiento a la práctica. El sistema desarrollado incluye instrumentos de evaluación permanente – indicadores –, creados a partir de las políticas asociadas con insumos, recursos y productos, que proporcionan herramientas con las cuales se establecen acciones predictivas, preventivas y correctivas, como patrón de mejora continua.

El eje o columna vertebral del programa (I+D), ha generado tres grupos de investigación en: **Teleinformática, Bioingeniería y Control y Automatización**, que despliegan como *investigación formativa* la gestión realizada por docentes investigadores, hacia los estudiantes de la Facultad. A partir de lo anterior se establece bajo la aprobación, dirección y control de la Decanatura y de la Dirección de (I+D), un Portafolio de Proyectos asociado con los cursos regulares del programa, que va siendo desarrollado por los estudiantes, bajo la constante asesoría y seguimiento de los docentes, en las etapas que constituyen los tres ciclos de aprendizaje reflejados en el esquema propuesto, y que son vistos desde la perspectiva de: Preparación, Interpretación e Innovación.

El programa ha tenido impacto a nivel de ingeniería, pues exige la planificación, diseño, elaboración y producción de cursos en su totalidad, antes de ser realizados, involucrando para su efectividad, los instrumentos de inspección y ensayo¹, necesarios para ejecutar con eficacia los elementos del modelo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), como un sistema práctico de gestión de calidad y mejoramiento continuo de procesos, en donde se aprecia el ciclo de Ingeniería Preposicional, Ingeniería Analítica e Ingeniería Sintética, derivado de la filosofía de la Facultad.

¹ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. ISO 9000:2000, ICONTEC, 13p.

Inspección: Evaluación de la conformidad por medio de observación y dictamen, acompañada, cuando sea apropiado, por medición, ensayos o estimación.

Ensayo: Operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un producto, proceso o servicio dados de acuerdo con un procedimiento especificado.

1. INTRODUCCIÓN

Este apartado describe la gestión efectuada por la Decanatura de la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones a partir de una estructura organizacional concebida con tres elementos o entidades que articulan el currículo, interactuando entre sí, para posibilitar el cumplimiento de sus metas, ante la sociedad y el país.

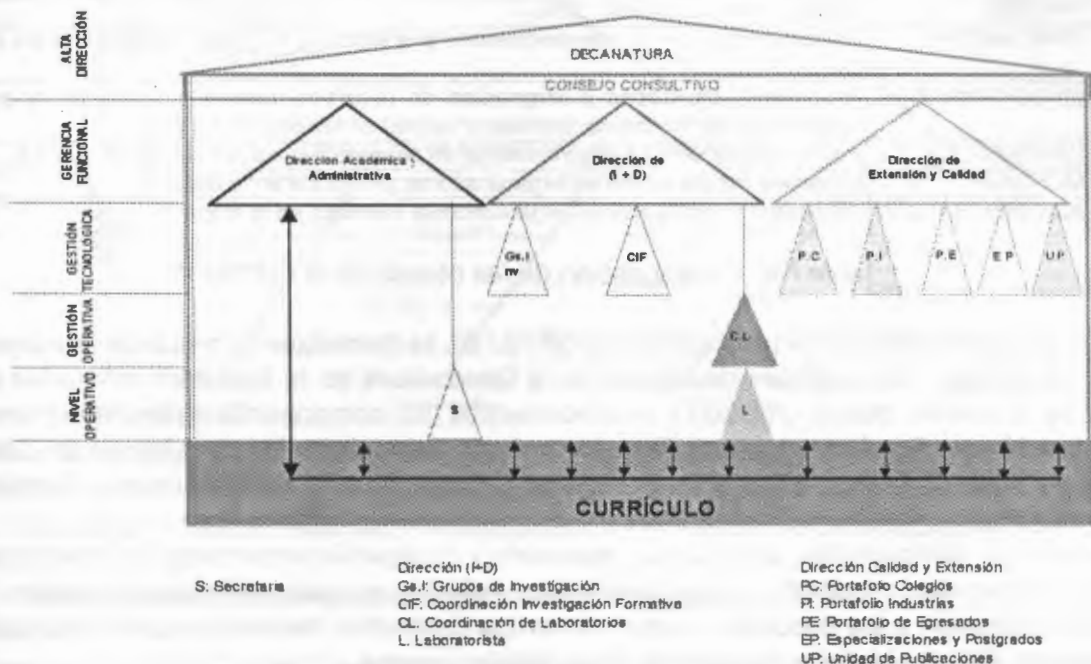


Figura No. 1. Estructura Organizacional

La Decanatura, junto con la entidad de Investigación y Desarrollo, implementó con la ayuda de la entidad de Extensión y Calidad (por favor observe la Figura No. 1), un sistema de Aseguramiento de calidad, bajo la asesoría de la Dirección del Proyecto: "Gestión Administrativa y Académica / Instituciones Educativas (GAYA/IE)²", que permea los componentes del currículo, para satisfacer los requisitos de los clientes mediatos e inmediatos, que hacen de esta propuesta, una realidad enfocada a coadyuvar en la solución de las problemáticas generadas por los cambios sociales, económicos y políticos, frente a los avances técnicos y tecnológicos, dentro del contexto del país.

El proceso para el aseguramiento en la entidad de (I+D), se apoyó para su ejecución en el modelo de estados de madurez³ y los pasos que conforman las once etapas descritas en la tabla No. 2, necesarios para establecer una entidad educativa organizacional, funcional y operativa, sugerida por el Proyecto GAYA / IE.

² GAYA/IE es un producto tecnológico que incluye conocimientos e instrumentos sistémicos y sistemáticos para definir, modelar y establecer un sistema de procesos y de medición continua, organizado sobre entidades organizacionales educativas. Con GAYA / IE, se pueden modelar entidades organizacionales, como estructuras de componentes organizacionales y funcionales, usando información sobre procesos, recursos, indicadores, variables y descriptores. El comportamiento de dichas entidades organizacionales así modeladas, puede observarse en el tiempo, a través de una representación computarizada e informatizada de indicadores que evoluciona utilizando herramientas de simulación o pruebas piloto.

³ Reconocimiento, habituación, formalización, administración y optimización.

No.	ETAPA	ACTIVIDAD
1	CONCEPCIÓN	Identifica necesidades y decisión para desarrollar un proceso
2	DIAGNÓSTICO	Establece criterios de selección de entidades organizacionales a modelar y evalúa necesidades de formación y conocimiento del recurso humano que participa en el proceso.
3	CONOCIMIENTO	Determina entidades organizacionales candidatas, selecciona la entidad organizacional a modelar y prepara el recurso humano que interviene en el proceso.
4	PLANEACIÓN	Planea alcances, políticas, objetivos, plan de actividades y recursos requeridos para cumplir el proceso sobre la entidad organizacional seleccionada en la etapa 3.
5	MODELADO	Desarrolla el modelado de la entidad organizacional piloto usando software.
6	PRUEBA	Simula y ejecuta modelo piloto.
7	EVALUACIÓN	Evalúa prueba piloto, que da apertura a la etapa 8, o indica repetición de las etapas 5 a 7.
8	PROGRAMACIÓN	Programa actividades y asignación de recursos para el montaje de la entidad organizacional, modelada, probada y validada en las etapas 5 a 7.
9	PRODUCCIÓN	Implementa la entidad organizacional de acuerdo a lo establecido en la etapa 8.
10	MONTAJE	Entrena e instala la entidad organizacional, producida en la etapa 9.
11	ADMINISTRACIÓN	Administra y usa la entidad organizacional montada en la etapa 10.

Tabla No. 2. Descripción de las etapas de la GAYA / IE

Una vez adoptadas las etapas propuestas por GAYA / IE, se formalizaron mediante reuniones de grupos de calidad, las políticas derivadas de la Decanatura de la Facultad, reflejadas en la Misión⁴ de la misma, dando creación a los documentos que componen la pirámide documental de calidad: Norma Fundamental para direccionamiento de la ejecución de: Manual de Calidad, Manual de Procedimientos, Manual de Funciones y Roles, Diseño de Instructivos, Formatos y Registros.

Para una mejor comprensión, apropiación, ejecución y divulgación entre todos los miembros de la entidad, se analizó mediante un diagrama causa – efecto, las sub entidades integrantes de la entidad en cuestión y los procesos y procedimientos derivados, necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos en su Misión⁵ interna.

El diagrama de la Figura No. 2, muestra en forma sistémica, la interrelación de los elementos o sub entidades, que garantizan a los clientes involucrados: inmediatos (estudiantes) y mediatos (empresarios y sociedad en general) la satisfacción, frente a las necesidades y expectativas propuestas.

⁴ **Misión:** "Participar en los procesos de transformación y desarrollo del país, mediante la formación de Ingenieros Electrónicos y de Telecomunicaciones Católicos, personas críticas, comprometidas con el servicios a sus semejantes, preparadas en (I+D), creadores de empresa y tecnología, capaces de competir con sus pares nacionales e internacionales en igualdad de condiciones, asumiendo los cambios y retos exigidos por los continuos avances tecnológicos.

⁵ **Misión de la entidad de Investigación y Desarrollo:** "Responder por los procesos inherentes a la investigación y el desarrollo en la comunidad académica en la Facultad, desde un modelo interestructurado que refleje el "aprender a aprender haciendo", en el abordaje científico de las problemáticas propias de la Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, contribuyendo a la mejora permanente de los servicios que ofrece esta entidad.

2ª capa

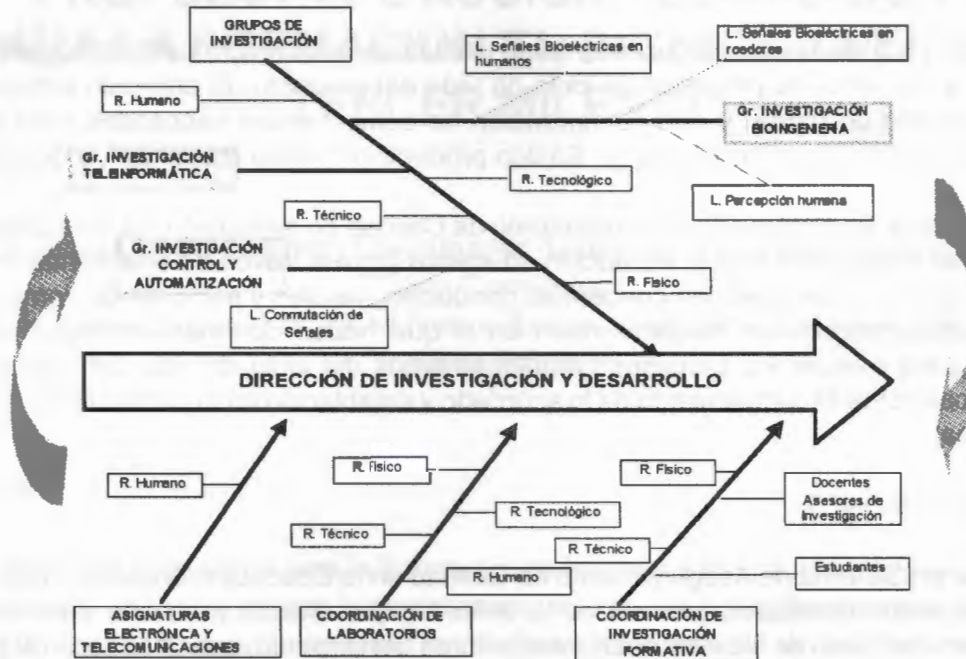


Figura No. 2. Diagrama Causa – Efecto del Proceso Pedagógico

2. CALIDAD Y MODELADO DE PROCESOS EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

2.1 Aseguramiento y Sistema de Aseguramiento de Calidad

El Aseguramiento de Calidad,⁶ recoge el proceso necesario para comprobar el grado de satisfacción de los usuarios y clientes,⁷ respecto a las características inherentes de los productos y / o servicios. Este desarrollo impone el establecimiento de procesos de mediación confiables para establecer los requisitos de calidad.

En primera instancia es necesario comprender el concepto de sistema, como una colección de componentes organizados, que interactúan entre sí, para cumplir una función o conjunto de funciones específicas, más concretamente asimilado como el proceso⁸ constituido por subprocesos, utilizando recursos para transformar entradas en salidas.

Así, el sistema de aseguramiento de calidad, implementado en la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, se asocia con los procesos o sub procesos requeridos en cada una de las sub entidades de la Dirección de (I+D), para garantizar que el cliente, recibe con grado satisfactorio, los implicandos propuestos en la Misión de la entidad.

⁶ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA., Op. Cit p. 5. Aseguramiento de Calidad: " Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en el cumplimiento de los requisitos de calidad".

⁷ En el contexto de la educación, los clientes de una organización educativa son todas las personas internas y externas involucradas en el sistema: Educandos, Padres o tutores, Organizaciones que contratan servicios educativos, Estado Nacional, provincias, municipios cuando se contratan servicios para terceros, Empleadores y futuros empleadores y Organizaciones educativas receptoras de educandos provenientes de un nivel diferente o inferior de formación. En sentido general, la sociedad es el cliente

⁸ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA., Op. Cit p. 2. Proceso: "Sistema de actividades que utiliza recursos para transformar entradas en salidas"

2.2 Modelo del Sistema de Aseguramiento de Calidad en la Educación

El modelo de un Sistema de aseguramiento de calidad se establece a partir del significado de la educación⁹ y del árbol de procesos de ciclo de vida del producto. El currículo educativo, debe observarse como un patrón y una configuración de componentes necesarios para el proceso educativo, compuesto por los procesos: Básico productivo¹⁰, organizacional¹¹, y de soporte¹².

En consecuencia, un sistema de Aseguramiento de Calidad en educación, es un sistema agente, con el cual se comprueba que la institución educativa logra a través de una transformación, un recurso humano caracterizado en conceptos, conductas, valores y patrones de comportamiento dentro de una organización fundamentada en el que hacer, con instrumentos metrológicos necesarios para evaluar los procesos complementarios del ciclo de vida del egresado y sus características sobre el cumplimiento de lo acordado y establecido en el perfil cultural, profesional y ocupacional.

3. CONCLUSIONES

Implementar un Sistema de Aseguramiento de Calidad en la Educación Superior, implica diseñar un currículo desburocratizado, con un norte definido, que articule procesos y procedimientos necesarios en cada uno de los elementos integradores del currículo, que obedezcan al paradigma de documentar lo que se hace y hacer lo que se documenta, haciendo bien las cosas desde el principio, para posibilitar a los estudiantes condiciones de formación, que les permitan mejorar su entendimiento preparándolos a través de conocimientos y experiencias para la futura sociedad que el país necesita.

La Calidad en la educación es un intangible que no se puede medir con precisión en el ser que la recibe, pero que en sus procesos de orden académico y administrativo, se puede evaluar mediante indicadores que muestran la eficiencia del servicio.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. ISO 9000:2000, ICONTEC, 13p.
- [2] Cascante M. M. et al, Manual de Calidad de la Facultad de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Católica, Bogotá, Abril de 2001.
- [3] Llamosa et al, Tecnología informática para la gestión administrativa y académica de instituciones educativas, *Contrato 366-9, Informe Final COLCIENCIAS, CIDLIS, UIS, Septiembre 2000.*

⁹ La Educación es entendida como un conjunto de prácticas o actividades ordenadas, a través de las cuales, un grupo social ayuda a sus miembros a asimilar el conocimiento como cultura pública, colectiva y organizada, encargándose, de formarlo y prepararlo para su intervención activa en el proceso social. El proceso educativo plantea actividades de seguimiento, asimilación y desarrollo de conceptos, conductas, valores y patrones de comportamiento exclusivos del ser humano, necesarios para su integración en la comunidad.

¹⁰ Establecimiento de necesidades educativas (adquisición); definición y acuerdos de perfiles educativos a producir (suministros); diseño, desarrollo, prueba, validación y montaje de programas (desarrollo); uso (educación e instrucción) y actualización de programas (mantenimiento).

¹¹ Actividades que establecen la administración, infraestructura, entrenamiento, mejoramiento general.

¹² Actividades documentales, administrativas, de administración de componentes esenciales para prestar un buen servicio en la educación, de aseguramiento de calidad, verificación y validación curricular, de auditoria y de revisión conjunta para su permanente actualización.

PROPUESTA DE ACCION PEDAGOGICA PARA LA FORMACION EN INGENIERIA EN EL TERCER MILENIO

EAA. William Cuadrado Cano, Coordinador Académico Universidad Antonio Nariño
Sede Cartagena
Avenida Crisanto Luque N° 48-64 Nuevo Bosque Cartagena de Indias, Colombia,
Teléfono 669 09 59

RESUMEN

La Propuesta Pedagógica para la Formación en Ingeniería en el Tercer Milenio, aquí presentada, se fundamentó en la dinamización del modelo pedagógico constructivista, para lo cual se crearon escenarios académicos donde no solo se desarrollaron los avances conceptuales pertinentes a las asignaturas involucradas, sino que también se desarrollaron habilidades cognitivas y metacognitivas, habilidades comunicativas y hábitos académicos; a la vez que se utilizaron al máximo los espacios de atención al estudiante

ANALISIS DE LAS PRACTICAS Y ACTIVIDADES DEL EDUCADOR O FACILITADOR

Un vistazo al aprendizaje autónomo desde el constructivismo

Estudios realizados en el país demuestran suficientemente que nuestros jóvenes no están adquiriendo las competencias básicas para su pleno desempeño en la sociedad de hoy del futuro. Muchos jóvenes salen de las escuelas sin comprender plenamente los textos escritos y con limitada capacidad para expresar verbalmente o por escrito un argumento [1]

De acuerdo con Insuasty [2], investigaciones realizadas en el ámbito del desempeño profesional, indican que curiosamente, no existe una relación directa entre el nivel de capacitación alcanzada por el profesional y su desempeño en el campo laboral. De igual forma, se llegó a la conclusión de que un buen desempeño profesional está íntimamente relacionado con ciertas habilidades adquiridas, como son: las habilidades para relacionarse con otras personas, su capacidad de motivación intrínseca y finalmente su habilidad para Aprender a Aprender.

Este trabajo muestra, cómo una aplicación de la concepción constructivista [3] en el terreno de la educación da solución al problema planteado, de bajos niveles de desempeño en el ámbito laboral de los profesionales.

La postura constructivista tiene sus cimientos en diversas corrientes psicológicas asociadas a la psicología cognitiva. Es así, como toma de la teoría genética de Piaget del desarrollo intelectual, la autonomía como punto de llegada para el desarrollo individual en todas las dimensiones del hombre, entendiendo como tal, la autonomía moral, intelectual y social. [4], yendo más allá, al considerar el proceso de educación como un evento de aculturación y reconstrucción, donde los alumnos pasan a formar parte de una comunidad.

En la teoría del aprendizaje verbal significativo, encontramos el postulado, que el estudiante, reconstruye su conocimiento a partir de los esquemas que posee en su estructura cognitiva. Es decir, el conocimiento es el resultado de la interacción entre los nuevos objetos de aprendizaje, los conocimientos previos y las características personales del joven.

De Vigostky, se alimenta de su teoría sociocultural del desarrollo del aprendizaje, en la cual el hombre es un ente social y cultural, por lo cual el proceso de crecimiento intelectual debe darse en el marco del grupo al que pertenece.

Por otro lado, a partir de las teorías del procesamiento humano de información, se ponen en marcha todas las estrategias cognitivas intencionalizadas, entendiéndolas como un proceso de control, planificación y organización, es decir, como la de administración de procesamiento de información, en situaciones de aprendizaje académico.

En conclusión, el constructivismo es la idea que el hombre no es el producto sólo del ambiente y de sus disposiciones internas, sino que es un producto dinámico que se forma con el paso de los días, con el contacto de los otros que lo rodean y que interactúan con él, en un grupo social. Los instrumentos utilizados para dicha forja, serán entonces sus conocimientos previos y la actividad interna y externa que realice el joven al respecto.

Esa conjunción de teorías nos lleva al concepto del **Aprendizaje Autónomo** [5], constituido por dos conceptos iniciales: Aprendizaje [6], que es una acción individual propia del hombre, el cual trae consigo un proceso de crecimiento reflejado en su maduración intelectual y moral. Autónomo [7]: La autonomía llevará al joven a ser forjador de su futuro encontrando en sí mismo la fuerza para progresar, hallar el conocimiento y disponer de sus procesos para transferir lo aprendido en condiciones divergentes. La finalidad de la educación ha de ser, la creación de espacios donde se permita la estructuración de jóvenes, y adultos autónomos tanto moral como intelectualmente, el desarrollo de habilidades cognitivas, y de interacción sociocultural, con una gran capacidad de motivación intrínseca que lo ayuden a salvar los obstáculos; que permita su adaptación a situaciones y circunstancias difíciles.

Planteamiento didáctico del método científico

Según la ley 30 de 1992, artículo N° 1, “ La educación superior es un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de manera integral” [8], teniendo como objeto final el pleno desarrollo y la formación de los alumnos. En la misma ley artículo N° 4, reza:

“ La educación superior, sin perjuicios de los fines específicos de cada campo del saber, despertará en los educandos un espíritu reflexivo, orientado hacia la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico que tenga en cuenta la universalidad de los saberes y la pluralidad de las formas culturales existentes en el país. Por eso la Educación Superior se desarrollará en un marco de libertades de enseñanza de aprendizaje de investigación y de cátedra ” [9].

Como puede observarse, la constitución propende por la formación de individuos con autonomía personal, tal como lo propone la fundamentación teórica del Aprendizaje Autónomo .

La propuesta desde el marco conceptual del Aprendizaje autónomo, para el desarrollo de cualquier asignatura tomará como base conceptual el método científico; Pardinás [10], afirma al respecto: “El método del trabajo científico, es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos o como en otras palabras para comprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos , desconocidos hasta el momento”. Estos pasos se basan en las habilidades de inducción y deducción lo cual lleva a su vez a un pensamiento reflexivo.

Se propone en definitiva un planteamiento didáctico del método científico, en el cual. La investigación debe ser el pilar de las decisiones de cambio en el currículum, una metodología que sumaría un proceso investigativo al desarrollo de diferentes habilidades y estrategias de la enseñanza. Vista desde esta perspectiva, la investigación no es una actividad más en el desarrollo de la asignatura sino el eje central del proceso de aprendizaje.

El papel del nuevo docente

Dentro de este contexto, se debe entrar a cuestionar inicialmente la verticalidad de la relación entre el docente y el estudiante, fundamentada en la autoridad incuestionable del docente, cuya acción metodológica es exclusivamente la exposición oral tradicional, llevando como consecuencia que las expectativas de los alumnos y sus derechos sean ignoradas por que se maneja un concepto genérico de que “ *todos los alumnos son iguales* ” [11].

Contrario a lo anterior, la propuesta considera que para mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, el rol del docente debe evolucionar hacia un papel de orientador, investigador y dinamizador de escenarios interactivos entre él y el estudiante y así lograr la motivación activa de los estudiantes en la elaboración de contenidos[12].

En este orden de ideas el docente debe mostrar aquellos puntos de importancia: lo referente a la relación emocional con los demás, el cuestionamiento de lo llamado normal o anormal por la sociedad, la confrontación de novedosos y previos conocimientos, la importancia de las frustraciones en el desarrollo del conocimiento, lo equivocado de ver la vida.[13]

En conclusión, el docente es tan solo un creador de escenarios donde el estudiante de una manera dinámica y agradable, desarrolla habilidades para aprender a aprender de manera autónoma; para ello es indispensable la creatividad inventiva del docente, como creador de actividades siempre

novedosas de interacción, entre ellos y su medio, que motiven al estudiante de una manera significativa al convertirse en el gestor de su aprendizaje.

Lo anterior lleva necesariamente, a reorganizar la actividad del docente y la del alumno dentro y fuera del aula de clase, tomando en consideración otras estrategias de atención diferente a la clase magistral presencial tradicional como son: El aprendizaje individual a distancia, el aprendizaje en pequeños grupos, la consejería académica y el aprendizaje en grandes grupos.

DINAMIZACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

Orientación de la propuesta

La propuesta que aquí se plantea, se hace con la consideración, de que es necesario hacer énfasis en la utilización de procesos de pensamiento, para lo cual se toma el Método Científico, como el proceso ideal para llevarlo a cabo.

El método científico tiene cuatro pasos implícitos:

- ⇒ *Definición del problema*
- ⇒ *Planteamiento del problema*
- ⇒ *Solución del problema específico*
- ⇒ *Verificación de la solución.*

Propósito de la propuesta

Antes de dar inicio a la planeación estratégica de las actividades, para el desarrollo de una asignatura específica, es bueno comenzar con la definición de los propósitos que usted como docente desea y quiere lograr en sus estudiantes:

- A. Avance Conceptual : Corresponde al dominio de conceptos fundamentales, propios a la asignatura y de la unidad seleccionada.
- B. Habilidades Cognitivas y Metacognitivas: El pensar, no es una habilidad innata ni espontánea, hay que cultivarla para lo cual se debe aprender los procedimientos implícitos usando conocimientos de las asignaturas para razonar y resolver problemas.

Por otro lado, la metacognición es la habilidad del individuo para tomar conciencia y regular los procesos cognitivos que está empleando en un momento determinado.

- C. Habilidades comunicativas, emocionales y sociales: Se refiere a actitudes, intereses, expectativas, sentimientos y emociones. La capacidad para convivir y comunicarse con los otros. La disposición mental para integrarse en grupos.
- D. Habilidades y Hábitos académicos: Como son la planeación, ejecución y evaluación del trabajo, el uso del tiempo y otros recursos.

División de Núcleos Temáticos por período:

Al llegar aquí, consideremos que podemos bautizar cada período, y su contenido específico con los pasos implícitos de la Orientación.

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

Una vez llegado a este punto es necesario en cada período, al cual se ha asignado un tema específico, definir los avances deseados en el estudiante en cada una de las categorías:

AVANCE CONCEPTUAL <ul style="list-style-type: none"> • Temas a tratar • Estrategias metodológicas a utilizar • Ayudas necesarias • Escenario de atención al estudiante 	HABILIDADES COMUNICATIVAS <ul style="list-style-type: none"> • Una habilidad a desarrollar a la vez. • Estrategias metodológicas a utilizar • Ayudas necesarias para el desarrollo • Escenario de atención al estudiante
HABILIDADES COGNITIVAS METACOGNITIVAS <ul style="list-style-type: none"> • Una habilidad a desarrollar a la vez. • Estrategias metodológicas a utilizar • Ayudas necesarias para el desarrollo • Escenario de atención al estudiante 	HABITOS ACADEMICO <ul style="list-style-type: none"> • Ayudas necesarias para el desarrollo • Escenario de atención al estudiante • Estrategias metodológicas a utilizar

Control Valorativo

Se deben determinar con precisión las actividades, los procesos y los criterios que han de utilizarse para la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación con respecto al avance conceptual, las habilidades de pensamiento, los aspectos socio - afectivos, los hábitos y habilidades académicas

OPORTUNIDADES DE EVALUACION	CATEGORIAS DE APRENDIZAJE			
	AVANCE CONCEPTUAL	HABILIDADES COGNITIVAS Y METACOGNITIVAS	HABILIDADES COMUNICATIVAS	HABITOS ACADEMICOS
AUTOEVALUACION				
COEVALUACION				
HETEROEVALUACION				

CONCLUSIONES

La metodología aquí expuesta ha sido aplicada durante el desarrollo del sexto semestre de Ingeniería Electrónica de la Universidad Antonio Nariño Sede Cartagena, en el primer semestre de 2001. Para su implementación se tomó el tema de investigación: "El levitador Magnético", con el fin de implementar la metodología de manera rigurosa, desde la visión holística de tres asignaturas como eran el caso de : Electromagnetismo, Control Automático y Electrónica.

Se encontró que para su aplicación, es indispensable contar con docentes comprometidos en el desarrollo de procesos investigativos a nivel formativo, pues la labor de programación, ejecución y seguimiento requiere de la utilización de un mayor tiempo para lograr resultados de valor científico razonable.

La Evaluación Final, indicó que se obtuvieron productos de alto nivel investigativo, se lograron desarrollar habilidades de pensamiento como la transferencia, la inducción, la deducción, el análisis crítico. Por otro lado se desarrollaron habilidades comunicativas al lograr que los estudiantes prepararan informes científicos, bajo el rigor pertinente para ello, al igual que fuesen capaces de realizar sustentación del proyecto en presencia de un número considerable de miembros de la comunidad académica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DIARIO EL TIEMPO, La escuela que se necesita, s.f., Bogotá, s.n.
- [2] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Documento de Apoyo Técnico, 1999, Bogotá, P 37-40
- [3] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Constructivismo, 1999, Bogotá, P 13-14
- [4] KAMII, Constance, La Autonomía como finalidad de la educación, implicaciones de la Teoría de Piaget, Illionois, s.f. , P 2
- [5] CONVENIO INSTITUCIONAL UNAD-CAFAM. Documento de Apoyo Técnico, síntesis del proyecto de la especialización presentado al ICFES, 1997, Bogotá, P 9
- [6] Ibid.,P 7
- [7] KAMII, Constance, La Autonomía como finalidad de la educación, implicaciones de la Teoría de Piaget, Illionois, s.f. , P 2
- [8] ICFES Educación Superior: Ley 30 de 1992. 1995, Bogotá, P 9
- [9] Ibid.,P 9
- [10] PARDINA.S En TAMAYO TAMAYO Mario, El proceso de la Investigación científica: La ciencia, s.f. México P 32
- [11] LOPEZ JIMÉNEZ, Nelson, Retos para la construcción Curricular. 1996, Bogotá, P 31
- [12] M.E.C. Curso de Actualización Científica y Didáctica de los profesores de Ciencia. En UNAD-CAFAM. Especialización en Pedagogía para el desarrollo del aprendizaje Autónomo: Aprendizaje. 1997, Bogota, P 83-100
- [13] CENTRO DE INVESTIGACION Y EDUCACION POPULAR. Conocimiento de la Vida. En UNAD-CAFAM . Especialización en Pedagogía para el desarrollo del aprendizaje Autónomo: Tutoría y Dinamización del Aprendizaje Autónomo. 1997, Bogotá, P 129-165

ESCENARIOS FUTUROS PARA LA EDUCACION EN INGENIERIA EN COLOMBIA

Ricardo A. Smith y Beatriz Londoño

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

RESUMEN

Las organizaciones deben apoyarse en métodos y técnicas que les permitan elegir rumbos que las coloquen en posiciones más ventajosas para enfrentar el futuro. Lo cierto es que no existe un futuro único sino futuros posibles y múltiples que se modifican en el tiempo por la variación de muchas circunstancias. El análisis prospectivo y estratégico es una reflexión sobre los futuros posibles que permite orientar la elección ajustada de opciones para la acción, especialmente cuando se requiere incursionar en un nuevo rumbo. Se presentan en este trabajo los resultados de una investigación adelantada en la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sobre Escenarios Futuros para la Educación en Ingeniería en Colombia, en la que se analizan los factores económicos, sociales, políticos y culturales que intervienen en el proceso formativo de dicha área, teniendo en cuenta el entorno nacional e internacional. Este trabajo sigue un esquema estándar de diseño de escenarios encontrado en la literatura.

INTRODUCCION

Los escenarios son una herramienta estratégica utilizada de manera sistemática por diferentes instituciones, con las cuales se trata de entender que puede pasar en el futuro de largo plazo (20 a 50 años). Ellos permiten considerar las incertidumbres de largo plazo cuando se diseña una estrategia o se desarrolla un plan, útiles especialmente en ambientes que cambian rápidamente o muy novedosos. Los escenarios representan una serie de futuros posibles contra los cuales se pueden probar las estrategias de una organización, buscando, por ejemplo, estrategias robustas que se comporten adecuadamente en todos los escenarios, o estrategias adecuadas para ciertos escenarios. Los escenarios por si solos no diseñan estrategias o responden preguntas, pero si ayudan a responderlas considerando las incertidumbres de largo plazo representadas por los futuros posibles consignados en ellos.

En este trabajo solo se desarrollaron los escenarios para la educación en ingeniería, como soporte al trabajo estratégico de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. El desarrollo de estrategias educativas específicas y la revisión del Plan de Desarrollo de la Facultad de Minas, con base en los escenarios, es un trabajo se hará posteriormente al diseño de los escenarios.

Los escenarios son utilizados en algunas de sus formas desde principios de la década de los años 60. Tal vez la empresa más famosa por su uso y que más ha contribuido al desarrollo de la herramienta

es Royal Dutch Shell. Los libros más conocidos sobre escenarios han sido escritos por ex -funcionarios de Shell, y la metodología actualmente aceptada como estándar para el diseño de escenarios ha sido propuesta por ellos. Esta herramienta le permitió a Shell reconocer importantes cambios en el futuro antes de que ocurrieran. Aunque la temporalidad y la cuantificación de estos eventos o tendencias no siempre fueron correctas, los escenarios a menudo fueron bastante claros sobre los resultados e implicaciones de esos cambios o tendencias.

Los escenarios de educación en ingeniería pretenden definir un conjunto de futuros posibles para la educación en ingeniería en el país, teniendo en cuenta el entorno nacional e internacional y analizando factores económicos, sociales, políticos y culturales, de tal manera que se genere una amplia discusión sobre como debería la Facultad de Minas en particular, y la Universidad Nacional de Colombia en general, enfrentar desde el punto de vista estratégico cada uno de esos posibles futuros. El objetivo es identificar los principales eventos o tendencias que podrían afectar la educación en ingeniería y describir sus posibles consecuencias. Lo importante aquí es la identificación de los cambios y tendencias y los resultados e implicaciones de ellas. Los escenarios se presentan como historias que tratan de construir memorias del futuro. Historias que deben ser consistentes, posibles y relevantes.

El proceso que se siguió en la construcción de los escenarios involucró un amplio número de personas, algunas vinculadas al sector educativo universitario y otras al sector productivo. Se trató no solo de que hubiera una amplia representatividad en el ejercicio académico y profesional, sino además de involucrar personas con visión futurista, dispuestas a cuestionar el pensamiento tradicional.

METODOLOGIA

La metodología del proyecto para el diseño y construcción de los escenarios corresponde en términos generales a aquella metodología estándar propuesta en la literatura, con adaptaciones específicas al proyecto. Las fases de desarrollo del proyecto fueron:

- Entrevistas a algunos actores para identificar los asuntos relevantes.
- Taller 1: Identificación de asuntos importantes.
- Taller 2: Identificación de fuerzas jalonadoras y clasificación según importancia e incertidumbre.
- Taller 3: Selección de la lógica de los escenarios. Definición de los ejes a lo largo de los cuales se diferencian los escenarios.
- Escritura de los escenarios.
- Análisis de consistencia y evaluación de los escenarios.
- Discusión general de los escenarios propuestos.
- Diseño de estrategias.

La consecución inicial de información, se desarrolló a través de la realización de aproximadamente 30 entrevistas con una serie de actores del sector educativo y productivo de la región y el país. Por medio de estas se buscó determinar el mayor número de las posibles tendencias futuras. Se identificaron alrededor de 120 asuntos.

Con el primer taller, que contó con la participación de aproximadamente unas 30 personas, se buscó la apertura mental, o la generación de confusión/ideas, romper con los esquemas convencionales de pensamiento a través de conferencias innovadoras e inspiradoras. Los resultados de las entrevistas fueron parte del material analizado en este taller.

El segundo taller de trabajo buscó “organizar” las fuerzas o tendencias importantes identificadas en el primer taller clasificándolas según su importancia e incertidumbre. Esta clasificación fue realizada por el equipo de trabajo del proyecto en un taller de trabajo, teniendo como base los resultados del primer taller. El resultado de este taller son una serie de tendencias importantes ciertas, y otras inciertas. Este resultado es fundamental para el desarrollo de los guiones.

El tercer taller consistió en la determinación de la lógica del guión. Para lograr este objetivo se usaron herramientas diseñadas para sintetizar la interrelación entre las fuerzas o tendencias importantes, mediante el uso de matrices causa - efecto, y su interpretación gráfica en diagramas de relaciones causales. A través de estas herramientas se logra organizar y detectar una “lógica subyacente” en las relaciones causales, que permite identificar dos ejes a lo largo de los cuales se puedan desarrollar los guiones. La combinación de estos ejes genera cuatro cuadrantes, que sería el número máximo de escenarios. El resultado de esta fase es el esqueleto básico de los guiones.

El taller de escritura se desarrollará como una adaptación de la metodología al caso colombiano. En el se trabajarán los aspectos de posibilidad, credibilidad, innovación, de cada uno de los guiones. El resultado será la primera versión de los guiones.

ASUNTOS CIERTOS E INCIERTOS

Después de la realización del primer taller del proyecto “Escenarios Futuros para la Educación en Ingeniería” se logró llegar a clasificar los asuntos asociados con la educación en ingeniería según su nivel de importancia y de incertidumbre. Esta clasificación fue realizada por el equipo de trabajo del proyecto en un taller específico (segundo taller) para luego ponerla en consideración de los participantes al inicio del tercer taller.

La clasificación en importante o poco importante esta asociado al impacto que tendrá el asunto en discusión sobre la educación en ingeniería. Si se piensa o se cree que tiene mucho impacto será clasificado como importante, de lo contrario será poco importante. La clasificación en cierto e incierto esta asociado con respecto a su ocurrencia en el futuro. Si se piensa o se cree que el asunto en discusión ocurrirá en el futuro sin importar cual sea el escenario o futuro que se presente será clasificado como cierto, de lo contrario será un asunto incierto (ocurrirá solo en algunos casos, en algunos futuros). Usando estos conceptos de importancia y certidumbre se realizó la clasificación de los diferentes asuntos. De esta manera se llegó a la siguiente clasificación:

Asuntos Poco Importantes y Ciertos. Son los asuntos que se consideran tienen poco impacto sobre la educación en ingeniería y que se presentarán en todos los futuros considerados. Estos asuntos son los siguientes:

1. El perfil del aspirante que ingresa a la Universidad
2. La perspectiva de Género

Asuntos Poco Importantes e Inciertos. Son los asuntos que se consideran tienen poco impacto sobre la educación en ingeniería y que solo ocurrirán en algunos de los futuros considerados, si se dan ciertas condiciones específicas.

1. La apertura económica del país
2. La situación de conflicto en que vive el país
3. La necesidad de focalizarse en ciertas áreas de desarrollo
4. La formación de profesionales creadores de empresas

Asuntos Importantes y Ciertos. Son los asuntos que se consideran tienen un impacto muy importante sobre la educación en ingeniería y que ocurrirán con certeza en el futuro, sin importar cuales son esos futuros.

1. La selección y evaluación de docentes
2. El proceso de globalización
3. La pedagogía
4. Los procesos de acreditación y normalización
5. El pensamiento complejo
6. La formación para el trabajo interdisciplinario
7. La responsabilidad social (ética y valores)

Asuntos Importantes e Inciertos. Son los asuntos que se consideran tienen un impacto muy importante sobre la educación en ingeniería y que ocurrirán en algunos de los futuros considerados, si se dan ciertas condiciones específicas.

1. La estructura curricular
2. La investigación
3. El tratamiento de asuntos transversales en el currículo (formación ética, ambiental, otros)
4. El modelo pedagógico
5. La política educativa
6. La relación Universidad – Industria
7. La formación flexible
8. Las relaciones interinstitucionales
9. La Relación ingeniería – tecnología – tecnólogo
10. La formación en competencias

LOS EJES DE LOS ESCENARIOS

En el tercer taller se determinaron finalmente los ejes de los escenarios que definen la estructura de los futuros posibles. En este taller se utilizó la siguiente metodología:

1. Discusión de los asuntos ciertos e inciertos.



2. Matriz y diagrama de impactos cruzados por grupos
3. Matriz y diagrama de impactos cruzados definitiva
4. Selección de los asuntos más importantes y discusión sobre su certidumbre
5. Definición de los ejes de los escenarios
6. Discusión inicial de los guiones

Inicialmente se sometió a discusión de los participantes en el tercer taller los resultados del segundo taller: los asuntos importantes clasificados en ciertos e inciertos. Esto generó una gran discusión en el grupo sin llegarse a algún consenso. Finalmente se propuso jerarquizar los asuntos más importantes, sin consideraciones de certidumbre. Después de una intensa discusión, y de agrupar algunos temas, se seleccionaron trece asuntos, a saber:

1. La investigación
2. La política educativa
3. La formación de profesionales creadores, innovadores y emprendedores
4. La selección y evaluación de docentes (perfil del docente)
5. El proceso de globalización
6. La pedagogía, el modelo pedagógico
7. El pensamiento complejo
8. La formación para el trabajo interdisciplinario
9. La necesidad de focalizarse en ciertas áreas de desarrollo
10. Responsabilidad social
11. Relación Universidad – Industria, relaciones interinstitucionales
12. Estructura curricular (modalidades)
13. Acreditación, normatividades (ambientales, técnicas, otras)

Estos trece asuntos fueron analizados utilizando matrices y diagramas de impactos cruzados para definir las fuerzas más influyentes y las más dependientes. La matriz de impactos cruzados es una matriz de impactos contra impactos. Las filas y las columnas de esta matriz representan los trece asuntos anteriores. Los valores dentro de la matriz indican qué tanto la fila influye sobre la columna o qué tanto la columna depende de la fila. La sumatoria de los valores en una fila indican qué tan influyente es el asunto o tema representado por esa fila. La sumatoria de los valores en una columna indican que tan dependiente es el asunto o tema representado por esa columna. Los diagramas de impactos cruzados se construyen a partir de la matriz de impactos cruzados. Es un gráfico en donde el eje horizontal representa que tan dependiente es un asunto y el eje vertical que tan influyente es el mismo asunto. En el gráfico se indican igualmente los valores medios para dependencia e influencia. Los asuntos que caen en el cuadrante superior izquierdo del cruce de las medias influyen mucho y dependen poco son los asuntos independientes. Los asuntos que caen en el cuadrante superior derecho del cruce de las medias influyen mucho y dependen mucho, son los asuntos que establecen nexos. Los asuntos que caen en el cuadrante inferior izquierdo del cruce de las medias influyen poco y dependen poco, son los asuntos autónomos. Los asuntos que caen en el cuadrante inferior derecho con respecto al cruce de las medias dependen mucho e influyen poco, son los asuntos dependientes. Como se trata de cuantificar los asuntos más importantes estos están ubicados en la parte superior del cruce de las medias.

De este análisis fueron escogidos los asuntos ubicados en la parte superior del diagrama de impactos cruzados. Estos asuntos fueron los siguientes:

1. La investigación
2. La política educativa
3. El proceso de globalización
4. El pensamiento complejo
5. La formación para el trabajo interdisciplinario
6. Perfil del docente

Con base en un análisis de certidumbre de estos últimos seis asuntos se concluyó finalmente que los ejes de los escenarios para la educación en ingeniería serían aquellos asuntos inciertos. Después de una decisión en el grupo se acordó que de esos seis asuntos solo la investigación y la política educativa eran asuntos inciertos. La globalización, el pensamiento complejo, el trabajo interdisciplinario y el perfil docente se consideraron como asuntos ciertos. Los ejes de los escenarios están entonces definidos por: La Investigación y La Política Educativa

Estos ejes definen cuatro escenarios futuros, y representan la base para la escritura de los guiones de los escenarios. Una vez identificados los escenarios es necesario caracterizarlos, es decir, determinar cuales son sus características fundamentales. Se debe recordar que los escenarios deben ser: internamente consistentes, posibles en el sentido de que pueden ocurrir, creíbles (pueden ser explicados), relevantes y retadores. Estas cualidades de los escenarios deben reflejarse en sus características (consecuencias, actores y fuerzas jalonadoras). El proyecto se encuentra en este momento en la escritura de los guiones de cada escenario.

BIBLIOGRAFÍA

Breslow L., 2000. Educational innovation moving ahead at full speed. Resources in our Library, Vol XIII, No. 1, September 2000.

Duderstadt J.J., 1999. New roles for the 21st century university. Issues in Ciencia and Technology Online, The Future of Higher Education.

Jacobson I.D., .Criterios 2000. Un nuevo enfoque de la educación en Ingeniería.

National Science Foundation, 2000. New Century Scholars. 2000 Workshop Summary, Stanford University, Summer 2000.

Newland D.E., 2000. Priorities for Engineering Education. CEE New Millennium Colloquium, Boston, Massachussets, March 20-21, 2000.

Rugarcia A., R. M. Felder, D. R. Woods y J. E. Stice, 2000. The future of engineering education, Part 1. A Vision for a New Century.

Villaveces J.L., 2000. Sobre el Doctorado en Ingeniería de Antioquia. Seminario Nacional de Ingeniería e Innovación. Medellín, diciembre 6, 2000.