



ACOFI

ASOCIACION COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERIA

XVII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería

La enseñanza de las ciencias básicas en

in ge nie ría





ACOFI

**ASOCIACION COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERIA**

Cra. 50 No. 27-70 Edificios Camilo Torres
Bloque C Of. 7- 301 - 303 - 401/404
A.A. 59285 Tels. 2215438 Fax 2218826
E--mail: 104721.213@compuserve.com
Santafé de Bogotá D.C.

Presidente

Ing. EDUARDO SILVA SANCHEZ
Escuela Colombiana de Ingeniería - Julio Garavito

Vicepresidente

Ing. JORGE IGNACIO VELEZ MUNERA
Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá

Consejeros

Ing. PEDRO GUTIERREZ VISBAL
Universidad del Norte
Ing. ARNOLD ARAUJO ALTAMIRANDA
Universidad de Cartagena
Ing. GUILLERMO ORTEGA LLANO
Universidad Nacional de Colombia
Ing. ISAAC FEFERBAUM ZYTO
Universidad de La Salle
Ing. ASDRUBAL VALENCIA GIRALDO
Universidad de Antioquia
Ing. IVAN RAMOS CALDERON
Universidad del Valle
Ing. EUGENIO BETANCURT ESCOBAR
Universidad Pontificia Bolivariana

Director Ejecutivo

Ing. JAIME SALAZAR CONTRERAS

ISBN: 958 - 680 - 017 - 2
SANTAFE DE BOGOTA, D.C. AGOSTO 1997

La diagramación del libro está como cada autor lo envió

Diseño de portada e impresión
OPCIONES GRAFICAS EDITORES LTDA.
Calle 14 No. 52-31 piso 3 - Telefax: 2601643
Celular: 93-3369670 Apartado Aéreo 34348
Santafé de Bogotá - Colombia

Las opiniones expresadas en esta publicación son independientes y no reflejan,
necesariamente, las de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI-.

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

Presentación

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI-, dedica esta XVII Reunión Nacional a reflexionar sobre la manera como se están enseñando las ciencias básicas dentro de la ingeniería en Colombia y en otros países latinoamericanos; este tema ha sido considerado fundamental en los diferentes encuentros que ha realizado la Asociación en el marco del programa "Encuentro de Programas por Ramas de la Ingeniería -EPARI-, como uno de los elementos para asumir una verdadera actualización y modernización de sus currículos.

Se desea, también, dar a conocer los desarrollos y experiencias pedagógicas que los docentes han realizado en el campo de la física, la matemática, la química y en la aplicación de las mismas a través de la termodinámica, la hidráulica y los materiales, entre otros, en la formación del ingeniero.

Con satisfacción se hace entrega de estas memorias, en las cuales se manifiesta el interés y trabajo realizado por los docentes encargados de la formación de los ingenieros, para quienes la Asociación desea hacerles un reconocimiento por su esfuerzo y dedicación, el cual sin duda redundará en el mejoramiento y la excelencia de los programas de ingeniería del país.

Contenido

1. La formación matemática en ingeniería	1
Javier Moncayo Salazar Universidad Mariana - San Juan de Pasto	
2. Programas para la enseñanza de la hidráulica básica	7
Alfonso Rodríguez Díaz - Enrique Triana Sánchez Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"	
3. Aspectos generales de la pedagogía moderna en la enseñanza de ciencias básicas en ingeniería	13
Sandra Genoveva Zuleta Borrego Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"	
4. ¿Cómo generar en el estudiante su propia metodología de estudio? Una primera aproximación pedagógica	18
Juan Manuel Cordero Suárez Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"	
5. Aprendizaje creativo	22
Jaime Arango Botero Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"	
6. Ciencias básicas: metanoia y aprendizaje creativo	31
Eduardo Triana Moyano Universidad Antonio Nariño	
7. Enseñanza de la física en universidades representativas del exterior	36
Miguel Ortega Restrepo Universidad de La Salle	
8. Matemáticas, sistemas y computación	43
Leonel L. Palomá P. Universidad Autónoma de Manizales	
9. Física mecánica: un laboratorio virtual	50
Rubén Darío Flórez Hurtado - Carlos Alberto Cortés Aguirre Universidad Autónoma de Manizales	
10. Las ciencias básicas: una disculpa para enseñar a pensar	57
Yaneth Rocío Orellana - Ligia Beleño Montagut Universidad Autónoma de Bucaramanga	
11. El concepto de conexión en el análisis cinemático de mecanismos	63
Jaime Sánchez Rodríguez Universidad del Valle	
12. Utilización de marcos de referencia en dinámica computacional, una introducción a la robótica	70
Jaime Sánchez Rodríguez Universidad del Valle	

13. La interferometría holográfica, una alternativa de nuevas tecnologías	77
Jairo Enrique Lalinde Universidad Santo Tomás - Bogotá	
14. Dalton. Experimentos químicos simulados integrados en un sistema tutorial inteligente para mejorar el aprendizaje del laboratorio de química	85
Rubén D. Osorio G. - Universidad de Antioquia Demetrio Arturo Ovalle - Universidad Nacional de Colombia - Medellín	
15. Sobre la ruptura entre el aprestamiento científico y sociohumanístico y los conocimientos específicos, en la formación de ingenieros	92
Asdrúbal Valencia Giraldo Universidad de Antioquia	
16. Propuesta metodológica para la enseñanza de las matemáticas	99
María Teresa Vargas Moreno Escuela de Administración de Negocios E.A.N.	
17. Transposición didáctica del diferencial	105
Erminsul Palomino Bejarano - Laureano Valencia Corporación Universitaria Autónoma de Occidente	
18. Nuevas metodologías de enseñanza en ingeniería de sistemas	111
José Rafael Capacho P. Universidad del Norte	
19. El método deductivo aplicado a la enseñanza de la física en algunas carreras de ingeniería, una opción probable	117
Raúl Guerrero Torres - Jorge Luis Muñiz Olite Universidad de Cartagena	
20. La física de vibraciones en el programa de ingeniería civil de la Corporación Universitaria de la Costa	123
Javier Jaramillo Colpas Corporación Universitaria de la Costa	
21. Laboratorios de electromagnetismo y estadística	127
E. Sarmiento M. - E. Aguilar D. - M. V. Corredor M. Universidad Industrial de Santander	
22. Los programas guía de actividades como estrategia para favorecer la construcción del concepto de campo eléctrico	132
E. Aguilar D. - M.M. Callejas R. Universidad Industrial de Santander	
23. Propuesta alternativa para la enseñanza de la física	138
María Teresa Posada - Fredy Rafael Pérez - Consuelo Arango Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín	
24. La enseñanza de las ciencias básicas en el programa de Ingeniería Física de la UTP ..	144
Luis Enrique Llamasa Rincón Universidad Tecnológica de Pereira	
25. Modelos matemáticos para la ingeniería electrónica	150
Joaquín Luna T. - Dora Galvis de Escobar - Jorge Hernández P. - Luz Lizarazo H. Universidad Autónoma de Colombia	
26. Ambientes didácticos informáticos y la instrumentación virtual en la enseñanza de la física en ingeniería	155
Alejandro Hurtado Márquez - Harold Alberto Esquivel R. Universidad Autónoma de Colombia	

27. La matemática básica como fundamento para el futuro ingeniero	161
Edgar Alfonso López Rodríguez Universidad Autónoma de Colombia	
28. Las conexiones matemática - mundo físico y el modelo objeto - neuro - dinámico	169
Ulises Cárcamo Cárcamo Universidad EAFIT	
29. La transferencia analógica: un camino para la enseñanza y el aprendizaje en ingeniería	175
Inés Carmona López - Miguel Angel Sierra Baena - Alonso Sierra Londoño Universidad Nacional de Colombia - Medellín	
30. Sobre la enseñanza de las ciencias básicas en ingeniería	183
Luis Alvaro Salazar Salazar Universidad Nacional de Colombia - Manizales	
31. Problemas de la enseñanza de las matemáticas especiales en la carrera de ingeniería química	187
José Alonso Salazar Caicedo Universidad Nacional de Colombia - Manizales	
32. Algoritmos genéticos. Nuevo método de solución de problemas de ingeniería	195
José Jesús Martínez Páez Universidad Nacional de Colombia - Bogotá	
33. Física general aplicada. Una alternativa para la enseñanza de la física en la ingeniería	202
Andrés García Martínez Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" - Cuba	
34. Utilización de los multimedia modernos y los computadores para la enseñanza de la física	208
Efraín Barbosa - Fabio González Universidad Nacional de Colombia - Bogotá	
35. Cursos magistrales de matemáticas y estadística en la Universidad Nacional- Bogotá	214
Gladys A. Villamarín T. Universidad Nacional de Colombia - Bogotá	
36. Una experiencia en la enseñanza de los fluidos y termodinámica / en la Universidad Javeriana	218
Iván Morales - Antonio Mejía - Jaime Villalobos - Carlos Muñoz Pontificia Universidad Javeriana	
37. Análisis de la enseñanza de los cursos de matemáticas en las escuelas de ingeniería	224
Doris Hínestroza G. - Guillermo Valdés R. Universidad del Valle	
38. Aplicaciones de los sistemas dinámicos a la ingeniería	232
Mauro Montealegre Cárdenas Universidad Surcolombiana	
39. La matemática y la física en los planes de estudio de ingeniería. Algunos indicadores ...	238
Jaime Malpica Angarita - José Jesús Martínez Páez Universidad Nacional de Colombia - Bogotá	

LA FORMACION MATEMATICA EN INGENIERIA

Javier Moncayo Salazar
Universidad Mariana - San Juan de Pasto

RESUMEN. Con fundamento en investigaciones adelantadas sobre todo en los últimos tiempos acerca del aprendizaje de las matemáticas y su consecuente repercusión en los planes y proyectos educativos institucionales, las exigencias y recomendaciones que aparecen en las normas educativas, pero ante todo la necesidad contribuir a la formación de ciudadanos cultos de la matemática, en la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Mariana se vienen experimentando nuevos enfoques y estrategias en el trabajo matemático; con referencia en primer lugar, a visiones antropológicas recientes donde se considera a esta disciplina como un producto cultural y en consecuencia, aparecen nuevos elementos para el currículo de matemática que afectan tanto su estructura como sus componentes y su propio proceso de desarrollo (enculturación matemática según Bishop). Por otra parte, la necesidad que tiene el ser humano de resolver sus dificultades cotidianas y al mismo tiempo de trascender a su propia existencia de acuerdo a concepciones idiosincráticas siempre presentes en las diversas culturas (etnomatemática de acuerdo a la formulación de D'Ambrosio) se procura comprender al individuo de acuerdo a su propio contexto cultural, sus procesos de pensamiento y sus formas de entender, explicar y desempeñar una realidad altamente influenciada por el vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología. También se considera que los enfoques didácticos no pueden ocurrir al azar sino que son el fruto de complejos mecanismos que intervienen en el proceso, esto lleva a orientar la didáctica de la matemática desde una perspectiva holística e interdisciplinaria (planteamiento de Chevallard).

Esta forma de trabajo que otorga al currículo de matemática para ingenieros las características de pertinencia y significancia, permite también con base en un trabajo colectivo y conciente, desarrollar en los estudiantes una cultura matemática que haga posible su efectivo desempeño en los campos: operacional y relacional de la matemática aplicada, el pensamiento conceptual con razonamiento abstracto, el razonamiento espacial y la apropiación de un lenguaje artificial indispensable para crecer, convivir y proyectarse con acierto en el mundo.

1. UNA APROXIMACION A LA REALIDAD MATEMATICA

Ante la insistente pregunta - que puede oírse en muchas partes - acerca del significado de la matemática, se han generado múltiples respuestas. La primera de ellas presenta a la matemática como ciencia pura: sus cultivadores se sumergen en sus propias indagaciones; en elaboraciones donde la lógica y la fantasía alcanzan las más audaces expresiones; pero al mismo tiempo contribuyen para otras ciencias y técnicas, como la astronomía, la química, la ingeniería en sus múltiples especialidades, la física con todas sus ramas, desde la mecánica hasta la electricidad y la

microelectrónica, de la cual han surgido formas audaces de comunicación y organización civil para dar paso a la sociedad informatizada. De esa manera, la matemática es considerada como una importante técnica que viene en ayuda del pensamiento, cuya función es la de facilitar instrumentos de indagación y medios de descubrimiento. La formación matemática en ese sentido está orientada a proveer al estudiante de los elementos esenciales para pensar y modelar la realidad, asegurar su crecimiento personal en los aspectos ético y estético y generar en él actitudes de aprecio a las culturas en sus diferentes manifestaciones.

La otra visión, es la matemática de la computación con números y variables, del cuantificar la compras domésticas, de la estimación de valores en las grandes transacciones comerciales o del tratamiento infinitesimal de las áreas y volúmenes si se quiere andar más alto. Y esa matemática abarca también la geometría del carpintero que debe cortar una tabla en ángulo recto; la del albañil que usa una plomada; la del fontanero que sabe medir la sección de un tubo. Es la matemática de las aplicaciones inmediatas, y la formación en esa dirección, debe fundamentar a las personas para desempeñarse con acierto en el mundo del trabajo, en una sociedad altamente influenciada por los cambios científicos y tecnológicos.

De cualquier manera, la matemática como aporte creativo del hombre, es algo más que un conjunto relacionado de conceptos, destrezas y aplicaciones; en su desarrollo ha intervenido no sólo la inteligencia humana sino también su sensibilidad y espíritu productivo, como respuesta a las necesidades de crecimiento individual y social, y en procura de solventar problemas relacionados con su entorno. Por eso, la matemática aparece en todas las culturas; incluso en la actualidad, coexisten diversas culturas matemáticas, que no coinciden con las matemáticas que se adelantan en las instituciones de formación.

2. SIGNIFICADO Y FUNCION DE LA FORMACION MATEMATICA

Desde que la sociedad estableció las instituciones encargadas de adelantar acciones formativas de manera intencional, siempre se ha considerado importante abordar la matemática como disciplina de estudio en los diferentes niveles y grados de formación; pero hasta el presente la acción educativa en ese campo, ha sido abordada en forma lineal, ordenada de manera lógica de lo fácil a lo difícil. Se inicia en la primera enseñanza y se avanza progresivamente hasta el momento en que cada estudiante de acuerdo a su vocacionalidad o especialidad elegida, cumple su ciclo de formación en ese campo sin que existan las orientaciones del caso y la ambientación necesaria que le impulse a continuar por su cuenta estudios de matemática superior; quedando sin aprovechar conceptos, teorías y desarrollos de gran aplicación en los momentos actuales, como son por ejemplo, la teoría de juegos y las matrices de incidencia en sociología; la entropía y los teoremas de puntos fijos en economía; la teoría de la información y las matrices de decisión en administración; los procedimientos estocásticos y técnicas de optimización en la industria o la teoría geométrica de fractales de amplia aplicación en la física y las ciencias de la computación. De esa manera, no es recomendable reducir la actividad matemática en ingeniería, solamente a aquellos estudios que conlleven a beneficios inmediatos.

Probablemente la dificultad observada, motive la búsqueda y experimentación de otras posibilidades para el aprendizaje de la matemática a nivel superior. Si el orden lógico y secuencial

no facilita ese aprendizaje en un tiempo y lugar apropiados, se tendrán que acoger otras formas de organización, usar la intuición más que la lógica, enfatizar en los procesos más que en los contenidos, desarrollar estrategias de autogestión en el aprendizaje y promover el ejercicio de la investigación. No se trata de dar recetas para facilitar la repetición y continuar en el error, sino de combinar intuición, razonamiento y motivación para potenciar y desarrollar en el estudiante un *estilo matemático de pensar*, que le permita generar diversas alternativas para afrontar la vida en mejores condiciones.

3. EL SENTIDO ACTUAL DE LA INGENIERIA.

Diversos estudios muestran que la ingeniería contemporánea se originó básicamente de dos desarrollos históricos que hasta épocas relativamente recientes no parecían tener conexión alguna. El primero de ellos tiene que ver con la cualificación progresiva de expertos en la creación de dispositivos, estructuras, máquinas y otros artefactos complejos para facilitar la vida en sociedad. El otro desarrollo es relativamente reciente y corresponde al acelerado crecimiento del conocimiento científico y tecnológico. Actualmente se procura la integración de esos desarrollos lo cual ha traído cambios significativos en cuanto hace referencia a la concepción y práctica de la ingeniería como actividad humana. En contraste con la ingeniería del pasado, la ingeniería moderna recurre mucho a la ciencia para lograr su cometido, aunque el arte aún funciona en muy buena parte, y de esa manera, los ingenieros continúan siendo personas “ingeniosas” para proponer y solucionar problemas.

Los ingenieros en la actualidad, son creadores de sistemas cuyo tamaño y posibilidades de aplicación varían desde los micro-sistemas como los circuitos electrónicos, hasta los macro-sistemas como el que se genera en torno a una central telefónica o de transporte. El transistor, el tostador de pan, el automóvil, el computador, el avión, las represas, las carreteras, las refinerías de petróleo y otras creaciones de la ingeniería son sistemas. Para diseñar esos sistemas ha sido necesario anticipar su funcionamiento, modelar y experimentar, aprovechando los aportes de la ciencia y la tecnología donde la matemática ocupa un sitio de preferencia como lenguaje y como estilo de pensamiento.

Un problema fundamental para la Universidad es la escogencia selectiva de todo aquello que el estudiante debe saber en el momento apropiado. Pero aún para el caso de la ingeniería donde la presencia de la matemática ha sido fundamental, el problema aún no está resuelto. En general se sigue, por inercia, abordando la matemática con el enfoque tradicional, sin tener en cuenta que tanto la matemática como la ingeniería han sufrido importantes cambios. La ingeniería necesita de otra matemática para ser una actividad creativa y competitiva, en tanto que la matemática debe ser organizada y sistematizada de una manera diferente para que actuando en concordancia con estilos novedosos de aprendizaje, haga posible alcanzar esos propósitos.

4. LA MATEMATICA EN EL CURRICULO DE INGENIERIA.

El notable desarrollo experimentado en el campo de la investigación sobre el aprendizaje de la matemática, los factores que afectan al proyecto institucional en su conjunto, los diversos estilos de aprendizaje de acuerdo a las características individuales, el reconocimiento de la existencia de

una cultura matemática previa a la formación intencional y la nueva terminología presente en documentos oficiales relativos a la educación, hacen necesario abordar así sea en forma panorámica, algunas de las tendencias más sobresalientes que de una u otra manera pueden afectar el sentido, la estructura curricular y el tratamiento de la matemática en ingeniería :

4.1 El enfoque etnomatemático. El estudiante de ingeniería es ante todo una persona con necesidades, entre ellas, las de conocer y producir en un ambiente de afecto con sus semejantes y de armonía con la naturaleza, pero también dotada de múltiples cualidades que es necesario potenciar y desarrollar a través del acto educativo. En ese sentido, su presencia en un lugar y en un momento determinado tiene una doble funcionalidad : tener que resolver permanentemente situaciones cotidianas, y al mismo tiempo, trascender a su propia existencia a partir elaboraciones siempre presentes en las diferentes sociedades y épocas. Este es el punto de partida para el planteamiento de D'Ambrosio que enfatiza en la necesidad de entender al individuo y sus acciones en relación con su propio contexto cultural, sus procesos de pensamiento, sus estilos de aprendizaje y sus modos de interpretar, entender y desempeñar una realidad siempre cambiante, como componente importante para adelantar los procesos de formación matemática, en cualquiera de los niveles de la educación formal, informal y continuada. Ese "*arte o técnica (techné=tica) de explicar, de entender, de desempeñar una realidad (matema) dentro de un contexto cultural propio (etno)*" (D'Ambrosio, 1991, 72) que consiste básicamente en la matemática que se practica entre grupos culturales identificables, tales como las comunidades, sectores de trabajadores de distintas ramas, agrupaciones juveniles, clases de profesionales, etc ; permite generar nuevos conocimientos mediante procesos de codificación, decodificación y socialización de diferentes tipos de datos, informaciones y saberes.

4.2 Proceso de enculturación matemática. Los trabajos de Bishop fundamentados en indagaciones antropológicas llevadas a cabo en diferentes países, muestran que la matemática, su estructura y su significado constituyen un producto cultural. En esa perspectiva, se valoran las particularidades individuales de cada estudiante y se reconoce su potencial para ser los gestores de su propio proceso de aprendizaje a partir de procesos de interacción con otras personas, con el entorno natural y social que le circunda y con la cultura universal. Esos procesos de interacción se realizan de acuerdo a intereses, necesidades y aspiraciones de cada quien, dando origen tanto a concepciones antagónicas y diversas como a conjuntos de ideas, normas y valores similares que de generación en generación hacen presencia en ambientes culturales compartidos. De esa manera, asumiendo la acción formativa en matemática como un proceso de enculturación, se distinguen tres componentes fundamentales : el componente *simbólico*, el *social* y el *cultural*.

El componente simbólico que caracteriza a la matemática como un lenguaje creado por el hombre y cuya función primordial es la comunicación, se estructura a partir de acciones relacionadas con la computación, la localización, la medición, el diseño, la simulación y la explicación. Los conceptos así organizados no deben ser abordados como temas sino como procesos; aprovechando un buen número de recursos y actividades pertinentes y significativas, generando diversas situaciones y contextos de manera que se puedan establecer relaciones entre conceptos y lograr generalizaciones.

El componente social, requiere de procesos de reflexión acerca de la presencia histórica de la matemática en las diversas sociedades, procurando argumentar situaciones paradigmáticas que permitan establecer unas claras relaciones entre matemática y sociedad. La forma más apropiada de adelantar este proceso, es a través del desarrollo de *proyectos*, entendidos como “una parte de la investigación personal emprendida por el aprendiz, utilizando situaciones y materiales de referencia para ser presentada por medio de un informe escrito” (Bishop, 1988, 110) atendiendo a los criterios de pertinencia y significancia y aprovechando las técnicas apropiadas para trabajo individual y en equipo.

El componente cultural, se fundamenta en los procesos de investigación acerca del significado de la actividad matemática, sus posibilidades de aplicación en un contexto específico y en situaciones que permitan mostrar la naturaleza de la matemática como un fenómeno cultural, la existencia o no de acoplamiento entre la realidad natural y social con las abstracciones de los matemáticos y el hecho de que el lenguaje ha sido inventado.

4.3 HACIA UNA INGENIERIA DIDACTICA

Los fenómenos didácticos no se suceden al azar ; uno u otro enfoque debe estar inevitablemente fundamentado en teorías pedagógicas pertinentes, debe tener en cuenta los procesos de desarrollo personal y colectivo y sobre todo las necesidades, intereses y potencialidades de los estudiantes. Estos elementos llevaron a Chevallard a plantear formas didácticas acordes a las nuevas circunstancias; es decir, abordar los procesos formales y no formales del aprendizaje matemático desde una perspectiva holística; modelando un *sistema didáctico abierto* que se halla integrado por tres *subsistemas* : los *estudiantes*, el *profesor* y el *saber matemático*. Ese *sistema* se halla en permanente interacción con el entorno natural y social y su funcionamiento se dinamiza mediante la *relación didáctica*, encargada básicamente de establecer desequilibrios entre lo antiguo y lo nuevo mediante procesos de negociación y concertación para escoger significativamente los objetos del saber que han de convertirse en objetos de aprendizaje.

En ese sentido, una situación de aprendizaje consiste en una organización especial de interacciones que son “ *provocadas por el maestro en clase y que se verifican entre el alumno y el saber, entre los alumnos a propósito del saber , y entre los alumnos y maestro sobre el mismo saber* ” (Centeno, 1988, 115) actuando con referencia al entorno natural y social.

En consecuencia, una didáctica apropiada para el aprendizaje de la matemática debería centrarse fundamentalmente en la naturaleza de las interacciones del estudiante con situaciones problemáticas (interacciones con el medio). Dicho análisis permitirá desarrollar una *ingeniería didáctica* particular de situaciones de conocimiento que deben aprenderse. Es decir, caracterizar situaciones didácticas para los procesos de formación matemática que van a potencializarse desarrollarse. De esa manera, el conocimiento se entiende como la solución óptima a cada situación planteada y corresponde al resultado de la interacción entre la situación problemática presentada y las diferentes aproximaciones de solución formuladas por los estudiantes. La elaboraciones que van realizando los estudiantes son el fruto de un proceso dialéctico que se establece entre la situación, los conocimientos previos que el estudiante posee y los resultados de los procesos de comunicación, confrontación y concertación que a su alrededor se generan. De esa

manera, se posibilita que los estudiantes indaguen, modifiquen, complementen o rechacen un conocimiento relativo a los tópicos matemáticos que se estén considerando.

En consecuencia, las acciones didácticas emprendidas para lograr el aprendizaje de las matemáticas han de estar encaminadas a organizar en forma apropiada las interacciones, para lograr la apropiación del conocimiento matemático. Se identifican en esa dirección, responsabilidades de acción tanto por parte del profesor como por parte del estudiante en cada una de las situaciones presentadas.

El profesor en su función orientadora, actúa como proponente de situaciones caóticas a partir de las cuales se procura la recuperación de los saberes del estudiante, se busca la incorporación de nuevos conocimientos y se establecen diversas estrategias para lograr la solución óptima al problema presentado. Pero el proceso no es completo si no se atribuye la condición de objeto matemático de aprendizaje al nuevo conocimiento adquirido por la dinámica misma de la interacción. En ese acto de *institucionalizar* los conceptos adquiridos, el maestro identifica los aspectos fundamentales que el estudiante debe manejar en términos de logros académicos.

Respecto a las interacciones de los estudiantes con el medio, es conveniente considerar tres situaciones: una primera *etapa de acción* donde los estudiantes hacen frente a una situación problemática y procuran encontrar su solución (en la actualidad se espera, que las soluciones sean no triviales). Las acciones generadas por los procesos de búsqueda para proponer una u otra solución, pueden dar lugar al surgimiento de un saber.

La segunda es la *etapa de formulación* donde intervienen acciones de intercambio de información, la búsqueda de estrategias a emplear, el anticipo de posibles resultados, etc. y se establece el lenguaje apropiado para establecer la comunicación, que constituye un aspecto importante en el proceso de aprender.

Finalmente *etapa de validación* que aparece como resultado del proceso del diálogo de saberes establecido al rededor de la situación problemática y que consiste en verificar o justificar los alcances logrados.

REFERENCIAS

- CAMPEDELLI, Luigi. Fantasía y lógica en la matemática. 1992. Barcelona. 38
SANTALO, Luis y otros. La enseñanza de las matemáticas en educación media. 1994. Madrid. 25.
LLINARES, Salvador. Matemáticas, profesores y aprendices. 1994. Madrid. 35
JOURDAIN, Philip. La naturaleza de la matemática. 1980. Buenos Aires. 24
WHITEHEAD, Alfred. Matemática en la historia del pensamiento. 1980. Barcelona. 32.
RECORDE, Robert. Declaración sobre la utilidad de la aritmética. 1980. Mexico. 47
BISHOP, Alfred. Enculturación matemática. 1992. Dordrecht, 62.
D'AMBROSIO, U. Raíces Socioculturales del arte y la técnica. 1992. Campinas. 72
DIENES Z y GOLDING E. La geometría a través de las transformaciones. 1992. Barcelona 8, 9.
NIÑO, Virgilio. Hacia el desarrollo de las ciencias básicas en Colombia. 1992. Bogotá. 63
KRICK, Edward. Fundamentos de Ingeniería. 1979. México D.F. 283

PROGRAMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA HIDRÁULICA BÁSICA

Alfonso Rodríguez Díaz - Escuela Colombiana de Ingeniería

Enrique Triana Sánchez - Escuela Colombiana de Ingeniería

La Escuela Colombiana de Ingeniería siempre ha motivado a sus profesores para que participen activamente en la incorporación de nuevas tecnologías y métodos de enseñanza en el curriculum de la educación en la Ingeniería.

En concordancia, el grupo de trabajo del Centro de Estudios Hidráulicos ha utilizado herramientas computacionales para desarrollar una serie de programas que completan las prácticas de laboratorio de flujo a presión y a superficie libre. Estos programas permiten a los estudiantes la visualización de gráficas y la simulación de varios fenómenos. Los datos utilizados en los diferentes módulos pueden ser tomados directamente del laboratorio.

Los programas guían al estudiante a través del procedimiento adecuado. De esta manera se comprenden fácilmente los conceptos teóricos analizados en las prácticas.

Los resultados obtenidos de la experiencia con estas técnicas son alentadores. El estudiante puede dedicar mas tiempo al análisis de los conceptos teóricos y resultados, su actitud cambia positivamente debido a las novedosas herramientas disponibles.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los planes de desarrollo de la Escuela Colombiana de Ingeniería siempre se ha considerado fundamental en la enseñanza de la Ingeniería utilizar nuevas técnicas, acordes con los desarrollos tecnológicos y con la participación activa de los docentes vinculados a la Institución .

Es así como permanentemente le ha dado un gran impulso al desarrollo de sus laboratorios mediante la creación de prácticas que facilitan los procesos de aprendizaje. En la mayoría de los

casos los esfuerzos han estado encaminados al montaje de nuevas técnicas utilizando tecnología nacional.

Este desarrollo continuo ha involucrado la utilización de nuevas herramientas y es así como en el caso particular del Laboratorio de Hidráulica, ha sido posible complementar los análisis experimentales mediante la utilización de herramientas computacionales elaboradas por un grupo de trabajo del Centro de Estudios Hidráulicos de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Estos programas, permiten al estudiante mediante un procedimiento adecuado y de manera gráfica, utilizando un ambiente de ventanas, simular los diferentes fenómenos a partir, si se quiere, de datos tomados en el laboratorio, con lo cual de una manera expedita y clara es posible analizar e interpretar fácilmente todos los conceptos teóricos involucrados en la realización de una práctica de laboratorio.

Tomando como referencia una serie de prácticas básicas en la enseñanza de la hidráulica, se definieron dos módulos para el desarrollo del software: un módulo que agrupa los conceptos teóricos relacionados con el flujo a presión y un módulo en el que se analizan los conceptos del flujo a superficie libre.

En el trabajo realizado es importante destacar que las diferentes aplicaciones en la enseñanza de la hidráulica de tuberías y la hidráulica de canales son de uso generalizado, con lo cual la Escuela presenta nuevas herramientas para la enseñanza aplicada a la Ingeniería.

2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental con el trabajo que se presenta es facilitar la enseñanza de la hidráulica fundamental mediante programas de computador que agilizan los procedimientos de cálculo permitiendo dedicar un mayor porcentaje del tiempo al análisis de resultados. El análisis de los fenómenos es facilitado con herramientas gráficas que le permiten al estudiante visualizar y tener un conocimiento mas claro y rápido de todos los conceptos tratados en cada módulo. En algunos casos la estructura de los módulos, tiene una metodología que le indica al usuario un procedimiento para obtener resultados adecuados.

Es posible con las herramientas elaboradas, simular condiciones sin necesidad de que sean realizadas en el laboratorio, con lo cual el software elaborado se convierte en una ayuda importante para el desarrollo de los cursos de hidráulica. Mediante la utilización de este software, con la modificación de algunos parámetros, también es posible calcular valores empíricos que convierten verificación de los resultados obtenidos en un proceso expedito.

Con el trabajo presentado se busca mostrar otra metodología para la enseñanza de la hidráulica, el uso de las herramientas computacionales facilita los procesos de aprendizaje y produce en el estudiante una mejor actitud hacia el análisis. Se espera que este trabajo motive a otros profesionales para en el desarrollo y aplicación de este tipo de modelos.

3. PRACTICAS SIMULADAS

Las prácticas simuladas se han escogido teniendo en cuenta los temas básicos que se analizan en el laboratorio con lo cual se presta un buen soporte al contenido programático de los cursos de hidráulica.

3.1 Módulo de hidráulica de tuberías

Los temas modelados usando herramientas informáticas son:

- Venturímetro
- Teoría de Errores
- Expansión Brusca
- Orificios de descarga libre
- Experimento de Reynolds - Flujo laminar
- Curva característica de una bomba centrífuga
- Fricción en tuberías. Evaluación de fórmulas empíricas

3.1.1 Venturímetro

Es posible mediante la utilización de este módulo realizar un análisis detallado de los conceptos de energía, mediante la utilización de gráficos y valores de las líneas piezométrica y de energía. El proceso se desarrolla a partir de las lecturas realizadas a lo largo de un medidor Vénturi.

Con base en los datos tomados para diferentes caudales también es posible la calibración del medidor. Esta calibración se desarrolla a partir de una serie de datos tomados que son ajustados a una curva mediante una regresión de potencias. El programa genera una ecuación que relaciona las diferencias de presión en los puntos característicos del medidor, con un determinado caudal circulante.

3.1.2 Teoría de errores

Permite al usuario un análisis rápido y adecuado de los diferentes datos tomados en el laboratorio de hidráulica; mediante cuadros comparativos se analizan, mediante la aplicación del criterio de Chauvenet, la serie de datos recolectados en el laboratorio con lo cual es posible determinar la calidad de los mismos, el error y el intervalo de confianza de la variable que se desea cuantificar.

3.1.3 Expansión brusca

Se realiza un análisis detallado del comportamiento del flujo en una conducción que contiene una Expansión Brusca. A partir de los datos tomados en el laboratorio se evalúan las pérdidas de energía en la expansión analizando diferentes expresiones entre las que se encuentra la de Borda; adicionalmente es posible determinar el volumen de control y visualizar las líneas piezométrica y de energía.

3.1.4 Orificios de descarga libre

El módulo ayuda al usuario a la determinación y análisis de los coeficientes de velocidad, contracción y descarga. Adicionalmente evalúa las trayectorias de un fluido descargando libremente por un orificio.

Permite el análisis del flujo no permanente mediante la evaluación del tiempo de evacuación de un volumen determinado a través de un orificio de sección circular, teniendo en cuenta la variación del coeficiente de descarga en función del número de Reynolds.

3.1.5 Experimento de Reynolds

En este modelo el usuario simula el experimento de Reynolds y determina el valor límite del número de Reynolds para un determinado tipo de flujo.

Para condiciones planteadas por el usuario se obtienen los valores del Número de Reynolds correspondientes a diferentes tipos de flujo a presión. Es posible llevar a cabo un análisis de pérdidas de energía para cada tipo de flujo simulado.

3.1.6 Curva característica de una bomba centrífuga

Este módulo presenta un cuadro que permite realizar un cálculo dinámico de los parámetros necesarios para producir las curvas características de las bombas centrífugas; está diseñado para realizar un análisis de las transformaciones de energía eléctrica, mecánica e Hidráulica.

3.1.7 Pérdidas por fricción en tuberías

Lleva a cabo el procesamiento de la información tomada sobre una tubería convenientemente instrumentada y realiza un análisis de las variaciones de la pendiente de la línea de energía para determinar la rugosidad de la tubería y los coeficientes de fricción. Estos análisis de las pérdidas debidas a la fricción se realizan en pequeños tramos de una conducción a presión de sección constante. Los resultados obtenidos pueden ser comparados con diferentes fórmulas empíricas (gráfica el diagrama de Moody como parte del análisis).

3.2 Módulo de hidráulica de canales

Las prácticas simuladas son:

- Energía Específica
- Fuerza Específica
- Perfiles de flujo
- Manejo general de canales

3.2.1 Energía específica

Con base en los datos del nivel del agua tomados sobre una estructura que modifica el fondo de un canal del laboratorio al usuario, mediante un proceso secuencial con instrucciones básicas, puede

construir la curva de energía específica para una sección con caudal unitario constante y evaluar gráficamente la energía específica para una sección con caudal unitario variable.

3.2.2 Fuerza específica

En este módulo, mediante el estudio y definición de un volumen de control, se desarrollan los conceptos de fuerza específica en flujos a superficie libre. Se determinan y evalúan las fuerzas y la cantidad de movimiento en las secciones y al interior del volumen de control para definir el concepto de fuerza específica.

3.2.3 Perfiles de flujo

Simultáneamente con el trabajo desarrollado en el canal del laboratorio en este modelo mediante un proceso de selección múltiple se busca que el usuario aprenda a conocer y analizar los diferentes perfiles de flujo a superficie libre.

Mediante ventanas desarrolladas para cada perfil, se formulan una serie de preguntas y se indica si la respuesta es válida para el perfil que se está simulando. Esto permite que el programa vaya presentando una pantalla gráfica simultánea que paso a paso reproduce el perfil deseado.

3.2.4 Manejo general de canales

En este módulo se busca que el usuario pueda determinar las características hidráulicas de una sección regular de canal y posteriormente con base en unas condiciones calcular el perfil de flujo para un canal de sección regular. Se busca que el usuario pueda manipular diferentes controles de flujo que le permitan un mejor conocimiento de las condiciones que desea simular.

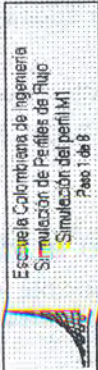




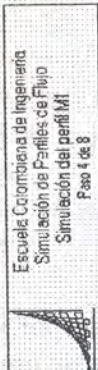

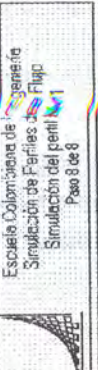
En el **Anexo No. 1**, con el objeto de tener un conocimiento del trabajo desarrollado, se presenta un ejemplo de una secuencia definida por el programa de Perfiles de Flujo descrito en la sección 2.2.3

4. Conclusiones y recomendaciones

Como resultado del trabajo desarrollado por varios años en el Centro de Estudios Hidráulicos de la Escuela Colombiana de Ingeniería se presenta este trabajo con el propósito de facilitar y suministrar una herramienta más en la enseñanza de la hidráulica, con la seguridad de que esta idea debe continuarse ya que los recursos informáticos disponibles son de uso obligado en esta época.

Los resultados obtenidos de la experiencia con estas técnicas son alentadores. El estudiante puede dedicar más tiempo al análisis de los resultados y su actitud cambia radicalmente debido a que los procesos mecánicos de cálculo son simplificados considerablemente.

Con base en la sugerencia de los usuarios, permanentemente el software desarrollado se está actualizando y continuamente todos los programas son modificados. Así mismo es posible en algunos módulos archivar los datos y resultados en medios magnéticos, de tal manera que puedan ser consultados y evaluados posteriormente facilitando la presentación del trabajo realizado.

<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 1 de 8</p>  <p style="text-align: center;">GRAFICO</p> <p>Para la realización del perfil se deben considerar adecuadamente las siguientes preguntas y modificar las condiciones en el canal hasta alcanzar un caudal por el canal del laboratorio.</p> <p>Para este caso debemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> La magnitud <input type="radio"/> La profundidad y pendiente crítica <input checked="" type="radio"/> La profundidad normal <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 2 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>La profundidad normal (Y_n) respecto a la profundidad crítica (Y_c) es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Igual <input checked="" type="radio"/> Mayor <input type="radio"/> Menor <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 5 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>La profundidad crítica (Y_c) se ubicará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Aguas arriba <input type="radio"/> Aguas abajo <input checked="" type="radio"/> No la consigue <input type="radio"/> En todo el perfil <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 7 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>La estructura de control debe estar ubicada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Aguas arriba <input type="radio"/> Aguas abajo <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>
<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 2 de 8</p>  <p style="text-align: center;">GRAFICO</p> <p>Es necesario que la pendiente (abscisa) sea:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Horizontal <input type="radio"/> Mayor que la pendiente crítica <input type="radio"/> Igual a la pendiente crítica <input checked="" type="radio"/> Menor que la pendiente crítica <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 4 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>La profundidad normal (Y_n) se ubicará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Aguas arriba <input checked="" type="radio"/> Aguas abajo <input type="radio"/> No la consigue <input type="radio"/> En todo el perfil <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 6 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>Para la generación del perfil M1 es necesario colocar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Una estructura de control <input type="radio"/> ninguna estructura de control <input type="radio"/> dos estructuras de control <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>	<p>Simulación del perfil M1</p> <p>Escuela Colombiana de Ingeniería Simulación de Perfiles de Flujo Simulación del perfil M1 Paso 8 de 8</p>  <p style="text-align: center;">$S_o < S_c$</p> <p>La altura de la línea de agua producida por la estructura de control debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Mayor o igual que la profundidad normal <input type="radio"/> Entre la profundidad normal y la crítica <input type="radio"/> Menor que la profundidad crítica <input type="radio"/> Igual a la profundidad crítica <p style="text-align: right;">Siguiente Pagina >></p>

ASPECTOS GENERALES DE LA PEDAGOGÍA MODERNA EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS BÁSICAS EN INGENIERÍA

Sandra Genoveva Zuleta Borrego. Escuela Colombiana de Ingeniería

RESUMEN

Es claro que dentro de la organización pedagógica existen tres elementos básicos que son: Institución, profesor y alumno.

En cuanto a la institución, esta debe estar perfectamente actualizada en metodología, pensum académico, libros, tecnología, entre otros. Además de brindar un ambiente propicio con instalaciones amplias, claras y modernas en las cuales se encierre una atmósfera de estudio e investigación combinados con aspectos tales como recreación, arte y cultura que harán que el alumno crezca en forma integral.

El profesor es quien en primera instancia debe amar y sentir realmente lo que enseña, para poder transmitir a sus pupilos amor y gusto por lo mismo. Trabajar de tal forma que el alumno conecte la materia con la vida real y vea la aplicabilidad a los inicialmente abstractos conceptos de los libros y el tablero del aula de clases. Esto se puede lograr con algunas prácticas en campo que podrán ayudar aún más a visualizar y entender los conceptos estudiados.

El tiempo cambia y con el la forma de pensar de las nuevas generaciones; la pedagogía debe cambiar al ritmo de esta realidad. Sale del panorama el típico alumno que escribe en su libro de notas todo lo que el profesor redacta en el tablero al tiempo que una pequeña e improvisada grabadora de bolsillo registra los intermedios y suspiros del mismo. El alumno de hoy hace parte activa de la clase, es ahora precisamente el alumno el centro y motor del aula, dejando al profesor en el plano de guía y aclarador de dudas, quien sigue muy de cerca el progreso, la capacidad de entendimiento y discernimiento de sus alumnos comprobando que realmente se entienden los conceptos y no se está simplemente repitiendo algo que no se ha podido asimilar. Las clases participativas desarrollan en el alumno la capacidad de dirigirse a un grupo y exponer sus ideas en forma clara, ordenada y segura.

El éxito de la pedagogía moderna es crear en el alumno un gran interés por aprender, crear en él conciencia de la importancia de estudiar pues entre entender y aprender encontramos un gran abismo que se llama estudiar el cual es indispensable para dominar Las Ciencias.

LA INSTITUCIÓN

La institución como elemento básico debe ofrecer a profesores y alumnos un ambiente propicio para el desarrollo de las ciencias, junto con un ambiente artístico y cultural.

Por tal motivo es importante que la institución cuente con aulas de clase amplias y bien iluminadas, campos verdes que den espacio a la sana recreación, aulas múltiples que den lugar a eventos como conciertos de música, conferencias acerca de los últimos avances en ingeniería, o cualquier otro que demande la reunión de muchas personas en un solo recinto.

Hablaré de la institución a la cual represento:

La Escuela Colombiana de Ingeniería cuenta además con un centro editorial joven, dinámico y moderno en el cual se publica la revista de la Escuela Colombiana de INGENIERÍA con temas científicos, económicos, técnicos y de actualidad; igualmente se publica el periódico "Exponencial" por medio del cual alumnos y profesores cuentan con un espacio para divulgar inquietudes, opiniones, sugerencias, y expresar en forma libre y creativa cualquier tema que deseen compartir. La Escuela Colombiana de Ingeniería publica libros escritos por sus profesores que constituyen trascendentales aportes a la divulgación del conocimiento científico y las prácticas académicas del país. Se cuenta también con un centro de servicios técnicos el cual está conformado por los laboratorios de Hidráulica, Ambiental, Materiales y Estructuras, Suelos y Pavimentos, Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática e Información Geográfica. Lo anterior tiene como fin, que el alumno pueda observar en la realidad los conceptos teóricos de la clase.

Hace una o dos generaciones, la formación no académica de la persona era tarea única y exclusiva del núcleo familiar como base de la sociedad. Hoy en día las condiciones han cambiado y la pareja sale de casa a cumplir horarios de trabajo; por tal motivo es poco el tiempo que se tiene para inculcar buenos hábitos e impartir disciplina a los niños. Esta tarea formativa comienza a ser misión de instituciones como el colegio y la universidad, es decir, la universidad ha dejado de ser una institución de formación puramente académica, para convertirse en madre formadora de personas integrales, teniendo en cuenta que el muchacho ingresa a ella al final de la adolescencia para salir convertido en un adulto joven.

El alumno reclama una enseñanza integral por parte de la institución; he aquí algunos comentarios típicos de alumnos cuando se les pregunta que esperan de ella:

- Un lugar donde lograr objetivos intelectuales y personales.
- Un excelente nivel académico y exigencia de responsabilidad.
- Un lugar donde prepararme para la vida

-Un lugar donde adquirir el conocimiento tanto para ser un buen profesional como para ser un buen ser humano.

-Un lugar donde se adquiere independencia y responsabilidad.

EL PROFESOR

“Si el maestro es verdaderamente sabio no os convidará a entrar en la mansión de su saber, sino antes os conducirá al umbral de vuestra propia mente”

(1) Gibran Khalil Gibran

El extracto anterior muestra la posición del maestro frente al conocimiento que desea transmitir a sus pupilos; solo en la medida en que el alumno asimile y entienda los conceptos, el maestro podrá guiar su entendimiento; de aquí la importancia de estudiar, el alumno debe entender las ciencias y crear su propia sabiduría que no será la sabiduría de su maestro pero que será orientada por este.

Existen y han existido a lo largo de la historia dos tipos de maestros básicamente: - El maestro que ama lo que enseña y lo trasmite con calma y paciencia, entrega todo de sí a su alumno y le confía todo su saber. Sabe que su dilecto alumno, es su razón de ser. Un maestro así descubre las inclinaciones de sus alumnos y los motiva a explorar su saber, es un catalizador y el motor que impulsa al chico a hallar la verdad de su propio ser (que desea ser y porqué lo desea hacer). Solo así el alumno comprende sus inclinaciones sin trauma ni dolor; en el caso de la Ingeniería, un alumno que no tenga aptitudes necesarias para desarrollar esta ciencia, lo comprende y busca una opción afín con sus expectativas y cualidades, pero no pasa por el trauma de sentirse “bruto” o incapaz, es aquí donde el maestro actúa como catalizador y no como desanimador.

Es una tarea delicada por medio de la cual se pueden cometer errores irreparables; si no se sabe manejar la psicología del muchacho se puede acabar injustamente con una brillante carrera. Recordemos que los alumnos llegan a nuestras manos en una etapa sensible de formación y están definiendo cosas que marcarán su vida futura; el maestro debe guiarlo con amor en esta tarea y no hacérsela difícil y dramática.

- Indirectamente ya he hablado del segundo tipo de maestro, aquel que posiblemente enseña por las circunstancias de la vida, porque le tocó y ni siquiera el mismo lo ha asimilado, tristemente solo utiliza la enseñanza como medio de subsistencia; este profesor no puede ver con amor la trascendencia de sus actos y en muchas ocasiones reniega de su oficio. (A ninguno de nosotros nos gustaría que nuestros hijos estuvieran en manos de uno de estos). Ven al alumno como mercancía de buena o mala calidad a la que hay que certificar. La “buena” según los resultados de las evaluaciones académicas es certificada y la “mala” demalás. Este tipo de profesores piensan que son mejores en la medida que más mercancía queda descertificada.

es una invitación para tratar de ser maestros del primer tipo; alguna vez leí algo que me llamó la atención y me gustaría que lo tuviera en cuenta el lector y es el efecto Pigmalión el cual afirma que

“lo que un profesor cree y siente de un estudiante determina en gran medida lo que el estudiante será. Tener altas expectativas de los estudiantes los ayuda a triunfar. Pensar negativamente de ellos los inclina al fracaso” (2) Exponencial No.2. Seamos conscientes de la responsabilidad que tenemos en nuestras manos, no tenemos derecho de frustrarle la vida a nadie pero sí el deber de enseñar a las nuevas generaciones que guiarán los destinos de nuestro país.

EL ALUMNO

El alumno que sale sin criterio del colegio esta indefenso y expuesto a toda la información que le pueda llegar, no tiene capacidad de discernimiento y recibe de igual forma toda la información, como tiene sed de sabiduría, todo lo cree.

Es tarea de la institución y los profesores comenzar a dar al muchacho bases y fundamentos sólidos para que este comience poco a poco a razonar como ingeniero; esta no es una tarea fácil y se fundamenta básicamente en la enseñanza del manejo de las matemáticas pero ya no en forma mecánica como se acostumbro en el colegio, sino en la interpretación de la naturaleza por medio de los números.

Para ir creciendo en su saber, el alumno debe adoptar una actitud dinámica. Si quiere aprender debe preguntar y participar activamente de la clase. Esto permite al profesor conocer sus inquietudes y forma de asimilar los conocimientos, de lo cual dependerá la interrelación que se cree entre los dos. Al igual que el profesor, el alumno debe amar y sentir lo que está aprendiendo, saber que el esfuerzo que hace sacrificando momentos de actividades recreativas lo llevarán al éxito académico. Pero aquí se toca un punto importante acerca del tiempo que el alumno emplea estudiando; el problema clásico de los alumnos de primeros semestres en las facultades de ingeniería es que el estudiante dice emplear mucho tiempo estudiando y los resultados no se ven recompensados; qué es entonces lo que pasa?

Hablemos básicamente de dos razones: La primera es que el alumno trae malos hábitos del colegio y trata de estudiar de memoria y con poco análisis, aprender a analizar es una tarea dolorosa de estos primeros semestres cuando se están aprendiendo las ciencias básicas, se podría decir que este es uno de los objetivos de la enseñanza de dichas ciencias. La segunda es que el alumno no sabe estudiar o está desenfocado sobre cual es el objetivo que debe alcanzar al finalizar cada tema y la materia en sí. Si este es el caso, debe ser el alumno quien pida ayuda a su profesor sobre como enfocar el problema ya que esta modalidad es fácil de confundir con la falta de estudio que el profesor castiga severamente con las calificaciones.

COMO GENERAR EN EL ESTUDIANTE SU PROPIA METODOLOGIA DE ESTUDIO?

-(Una primera aproximación psicopedagógica-)

REFERENCIAS

1. GIBRAN KHALIL GIBRAN, El Profeta El Loco,
2. EXPONENCIAL, Periódico de la Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá, Edición No.2.

Existen tantos métodos de estudio como investigadores interesados en encontrar la forma de encontrar la forma más eficaz de adquirir los estudios en cualquier nivel del conocimiento humano. Hasta se podría extender este concepto ya que cada alumno está un poco que se adapta el método de estudio apropiado en su momento, de los métodos propuestos para su desenvolvimiento académico. Hasta que punto nosotros docentes facilitamos el desenvolvimiento auténtico de la propia metodología de estudio de nuestros alumnos de tal forma que nazca en cada uno de ellos el "genio" que se escondió en su ser. ¿En qué medida las ayudas del saber que le rodean? Como proporcionar los elementos a través de nuestra actividad docente intelectual para que los educandos desarrollen los elementos para el óptimo aprovechamiento del tiempo y la creatividad permitiendo sentir a los niños de nuestra escuela las ideas que por siempre los guiarán?

Investigaciones recientes nos revelan "limitaciones del comportamiento humano, proporcionándonos a nosotros docentes las bases de su propia manera de estudiar para que ellos se adapten a su forma de ver el mundo del conocimiento, y una vez que están establecidos sus respectivos hábitos como hábitos "autodidactas" y ejecuten su propia metodología de trabajo en los diferentes ámbitos de la ingeniería.

¿CÓMO GENERAR EN EL ESTUDIANTE SU PROPIA METODOLOGÍA DE ESTUDIO?

-Una primera aproximación pedagógica-

Ing. Juan Manuel Cordero Suárez
Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito"
Santafé de Bogotá D.C. Mayo 27 de 1977
e-mail: jcordero@escuelaing.edu.co

Resumen

Existen tantos métodos de estudio como investigadores interesados en emprender la tarea de encontrar la forma más eficaz de acometer los estudios en cualquier nivel del conocimiento humano. Hasta se podría extender este concepto, ya que cada alumno será uno más, que al adaptar el método de estudio aprendido en su ámbito, dé los matices necesarios para su desenvolvimiento académico. ¿Hasta qué punto, nosotros docentes, facilitamos el descubrimiento auténtico de la propia metodología de estudio de nuestros alumnos de tal forma que nazca en cada uno de ellos el "gigante" que se esconde en su ser, a fin de que descubra las riquezas del saber que le rodea? ¿Cómo proporcionar los elementos a través de nuestra actividad docente integral para que los educandos desarrollen los cimientos para el óptimo aprovechamiento del ingenio y la creatividad permitiendo sembrar en las almas de nuestros alumnos las luces que por siempre los guiarán?

Nosotros docentes, nosotros facilitadores del conocimiento humano, proporcionaremos a nuestros discípulos las bases de su propio método de estudio para que ellos lo adapten a su forma de ver el mundo del conocimiento, y una vez que estén ejerciendo sus respectivos trabajos como ingenieros, "autodiseñen" y ejecuten su propia metodología de trabajo en los diferentes ámbitos de la ingeniería.

"En el río de la vida
algunos navegan por el cauce principal
otros, en cambio, surcan los afluentes
para llegar todos al final
al inmenso océano de la verdad"

jmcs abril de 1997

Objeto de la reflexión

Esta primera reflexión pedagógica busca :

- A. Dar algunas pautas para ser el facilitador del descubrimiento de un método de estudio autónomo de los educandos en ingeniería. Siempre nos preocupamos de cómo mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, ¿no será de pronto que tenemos que volcar todas nuestras energías en generar en los alumnos el redescubrimiento de sus potencialidades dormidas utilizando estrategias que los motiven a aprender, no sólo con nuestro aporte en las clases, sino también utilizando sus propios medios y recursos?

- B. Desarrollar cuestionamientos que permitan una precisión dinámica en el tiempo de todas las formas a las que tendríamos que recurrir para motivar y reforzar a nuestros estudiantes en la búsqueda de su propio método de estudio aprovechando al máximo el entusiasmo, ánimo y novedad que posee el estudiante en la universidad a través del oportuno encausamiento de sus ideas y energías, siendo conscientes de que en tal búsqueda hay pasos y no saltos (como si estuviéramos construyendo un gran muro de ladrillo: día a día, paso a paso).

"El que trabaja con diligencia,
pero sin método,
arroja con una mano lo que gana con la otra".

Colton

Algunas pautas (ideas) para que el docente sea el facilitador de un método de estudio para sus alumnos

Aprovechando el generoso caudal de conocimientos, experiencias y vivencias del cual el docente es dueño, y con las ideas que a continuación comparto, el alumno, dependiendo de su psicología particular, adoptará las que se adapten a su forma particular de proceder: las ordenará, las pondrá a prueba, las retroalimentará y si funcionan las adaptará a su metodología propia, para luego optimizarlas en tiempo y calidad, de tal forma que obtendrá el mejor uso de su propio método de estudio (la metodología adoptada por el estudiante variará en el tiempo y en el espacio, dependiendo de los requerimientos que la institución le solicite al ir escalando los diferentes semestres).

A. Transmisión del amor por el conocimiento y por la profesión

A través de todos los medios educativos curriculares y extracurriculares, debemos facilitar a los alumnos el "querer" de lo que hacemos día a día, sin importar la posición actual que permita no ser poco optimistas por el grado de conocimiento adquirido y sin pensar que nunca se tiene nada que hacer. Transmitiremos el amor por el conocimiento y la profesión en la medida en que coloquemos emoción y pasión en nuestro acontecer diario y a través de un apoyo animador que siembre en nuestros educandos sanas, honorables y leales esperanzas.

B. Motivación y refuerzo positivo.

Como docentes, debemos motivar y reforzar positivamente en todo tiempo, que aunque se presenten altibajos y situaciones negativas, debemos buscar siempre lo bueno, y hecha la retroalimentación, rediseñar las estrategias que el equipo alumno-profesor han de ejecutar.

C. Definición clara y precisa de metas y objetivos

Los estudiantes tendrán claras las metas y objetivos personales si la institución y los docentes en particular las tienen claras y se identifican plenamente con ellos, a fin

de que prime ante todo entregar a la sociedad la excelencia en el estilo propio y único de cada educando, de tal forma que se dé honra y gloria a la ingeniería.

D. Desarrollo de la creatividad y del ingenio

Partiendo de una clara y concisa explicación y desarrollo de las materias que componen las ciencias básicas de la ingeniería y desarrollando los marcos teórico-práctico y conceptuales, se podrá, bajo un marco de disciplina y esfuerzo diario por parte de los estudiantes, desarrollar la creatividad y el ingenio en el desarrollo creativo de problemas relacionados con situaciones de la naturaleza y de la vida real tomando una óptica objetiva desde la cual la autocritica y la crítica permitirán ver "aquello que no se ve detrás del objeto".

E. Desarrollo de hábito de estudio diario y continuado

A través del desarrollo de estrategias que permitan una participación diaria del alumno en el proceso enseñanza-aprendizaje, se pretende que éste se habitúe a la disciplina diaria en su quehacer pedagógico, sobrepasando los 30 puntos de la escala que reflejarían el "tengo que hacer", pasando los 70 puntos que mostraría "es mi deber" y conquistando los 100 puntos reflejo de sentirse estudiando o trabajando con delicia y placer. En este ascenso es imprescindible dar alientos y ánimo apoyador, puesto que el tiempo se encargará de consolidar el puntaje obtenido.

F. Visión Futurista

Como legado para el presente y futuro de nuestros alumnos, nosotros docentes no solo debemos decir y explicar las maravillas del saber sino inspirar y hacer fluir en sus almas tanto la capacidad de aprender así como la capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno ya que hay misterios que no pueden explicarse sino que se entienden viviéndolos y así enriquecer el caudal de conductas adaptativas a través del acertado uso de la observación, del uso del sentido común y en armonía con las habilidades que nuestros alumnos posean.

"Al llegar al puerto
allí donde metódicamente desembarcan nuestros ideales,
la vida no nos pondrá por calificaciones fríos números,
la vida misma será el examen final".

jmcs julio de 1997

<<<O>>>

DOCUMENTO PARA LA XVII REUNION DE FACULTADES DE INGENIERIA

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASICAS EN INGENIERIA

APRENDIZAJE CREATIVO

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

JAIME ARANGO BOTERO

I._ INTRODUCCION

Bajo las consideraciones de que todo hecho produce mejores resultados a través de la práctica misma que desde el punto de vista teórico ; la retención posterior de lo aprendido es mayor cuando se tiene la oportunidad de exponer el tema que cuando se ve y/o se escucha ; la percepción personal de la existencia de estudiantes que puedan exponer de manera eficaz y segura ante un auditorio ; la insinuación de otros docentes de colocar eventualmente en práctica un método más participativo por parte del estudiantado, crearon en mi la inquietud de lograr el implantar en mis grupos el método abajo descrito con la esperanza de obtener buenos resultados o al menos lograr los objetivos.

II._ DESCRIPCION DEL METODO

La Escuela Colombiana de Ingeniería divide su Programa Semestral en tres tercios. Para la materia Precálculo, dictada en el Primer Semestre de Ingeniería, se tiene establecido un Contenido Programático para todo el Semestre y por cada Tercio, del cual, cada docente debe ser responsable de cumplirlo.

Siendo responsable de tres de los treinta y dos grupos, que de la materia en cuestión, durante el primer semestre de 1996 se dictan, consideré oportuno el tratar de implementar el siguiente método :

- _ Se tiene una charla introductoria del Curso.
- _ Entregamos a cada estudiante, al inicio del Tercio, un Programa detallado, día a día, del correspondiente Contenido Programático del Tercio.
- _ Cada Grupo se ha separado previamente en Subgrupos

- ._ Cada Subgrupo debe de exponer el Tema del día y se supone que a su vez todo el Grupo ha preparado previamente el mismo.
- ._ El papel del Docente se convierte en orientar y/o mejorar la exposición de cada Subgrupo.
- ._ El Programa contempla, además, unas sesiones denominadas Taller encaminadas a afianzar los conocimientos, orientar hacia las aplicaciones y resolver dudas. Estos talleres son dirigidos por el Docente.

III. ACTIVIDADES PREVIAS A LA IMPLEMENTACION DEL METODO

A fin de lograr aceptación del método y compromiso por parte del estudiantado consideré necesario :

- ._ Concientizar al estudiante de la benevolencia del método.
- ._ Crear una influencia positiva casi diaria, a fin de incrementar en el estudiante su seguridad en cuanto a sus capacidades de exposición se refiere.
- ._ Conocimiento claro del modo operandi del método.

IV. VENTAJAS DEL METODO

- ._ Incremento del compromiso por parte del docente y de los estudiantes.
- ._ Mayor retención de lo expuesto.
- ._ Incremento de la madurez del estudiante.
- ._ Preparación para trabajo en grupo por parte de los estudiantes.

V. RESULTADOS DEL METODO

En resumen, el comportamiento de cada Grupo ha sido diferente, sinembargo, algunas características demarcan los resultados :

- ._ Mayor participación por parte del estudiantado.
- ._ Incremento gradual en la facilidad de exposición de los temas por parte del estudiante.
- ._ Porcentaje alto de asistencia al curso.
- ._ Mayor comprensión por parte de los Subgrupos
- ._ Mayor esfuerzo por parte del Docente para controlar el Grupo y verificar la comprensión de los temas.

Al finalizar el segundo tercio, los resultados en cuanto a notas se refiere no eran los más satisfactorios y fue necesario recurrir a un compromiso con los estudiantes. El compromiso fue aceptado por el 75% de los mismos y de estos más del 50% lo cumplió.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA

CURSO : PRECALCULO

INTRODUCCION DEL CURSO

1._ PROGRAMA INTRODUCTORIO

1.01._ PRESENTACION DE LOS ALUMNOS

- ._ Nombre completo
- ._ Egresado de su bachillerato en : Colegio, ciudad, año de graduación.
- ._ Carrera seleccionada, expectativas sobre su carrera.
- ._ Expectativas sobre el curso Precálculo.
- ._ Pasos a seguir para llevar a feliz término su curso de Precálculo en este semestre.

1.02._ PRESENTACION DE LA MATERIA.

1.02.01._ OBJETIVOS

El curso que realizaremos durante este semestre pretende consolidar y perfeccionar : Nivel de conocimiento matemático ; su capacidad de análisis ; su capacidad creativa ; su capacidad de exposición de una manera gradual y en tal forma que al final del curso Usted como estudiante haya logrado :

- ._ Prepararse para los cursos del ciclo matemático que deberá cursar a lo largo de su carrera.
- ._ Obtener una integración y visualización más clara del conocimiento matemático adquirido hasta la fecha.
- ._ Adquirir una metodología efectiva para la lectura, comprensión y estudio de temas matemáticos.
- ._ Adquirir una disciplina de trabajo.
- ._ Crear expectativas acerca de la importancia de la matemática en su carrera y en el transcurrir de sus vidas.

1.02.02._ METODOLOGIA

Entendamos por metodología el conjunto de actividades desarrolladas por los integrantes del curso (Alumnos, monitor, docente), quienes usando las herramientas de que disponen (Clases, libro texto guía, libros de consulta, tiempo) con un sistema adecuado de estudio, un sistema de evaluación del progreso, a fin de lograr los objetivos del curso.

La ESCUELA se ha preocupado por preparar un Contenido Programático del Curso, en el Usted podrá observar fácilmente todos los temas a tratar durante el semestre. A su vez, como docente responsable de este curso y en este grupo he programado día a día, tercio a tercio, los temas a tratar, de manera que cada uno de ustedes puedan en todo momento controlar el avance del curso.

En cuanto a las clases se refiere, existen dos tipos de participación del estudiantado :

._ **Pasiva** : En este caso el Docente expone progresivamente todo el Contenido Programático, el estudiante, dependiendo de su grado de interés, tiene la oportunidad de solicitar aclaración de lo que en un momento dado no comprenda.

._ **Activa** : Para este caso el estudiante tiene una mayor participación en la responsabilidad que implica la transmisión del Contenido Programático. Con base en la Programación tiene una idea clara de los temas y las fechas en que los debe exponer. El papel del Docente es de orientador y aclarador del tema expuesto por el estudiante y/o grupo de estudiantes..

El último caso citado se basa en el concepto claro y demostrado de que la persona responsable de un acto, con el tiempo, recuerda y conserva en más alto porcentaje, el conocimiento adquirido.

Bajo las circunstancias anteriores, la metodología de nuestro curso será eminentemente activa, ello implica un mayor esfuerzo por parte del Docente y por parte del Estudiantado. Ustedes deberán entonces :

._ Preparar previamente la clase de cada día : Haciendo la lectura y la mayor comprensión posible del tema ; ejecutar la mayor cantidad de ejercicios posibles, en esta forma logramos una mayor eficiencia del horario de clases, utilizándolas como tiempo para resolver dudas y/o afianzamiento de los conceptos.

._ La cantidad de ejercicios y/o problemas que deba resolver cada estudiante respecto a un tema determinado es directamente proporcional al grado de dificultad que represente para cada quien y directamente proporcional al grado de destreza que cada quien desee obtener y/o la requerida para sobrepasar el logro de sus propios objetivos.

Es importante visualizar que la metodología implica su asistencia a clase con el tema aprendido, de no ser así, es comparable al hecho de entrar a cine cuando se han apagado las luces de la sala, la película ha comenzado y usted no tuvo la precaución de llevar consigo una linterna. Asimismo, el pretender entender un capítulo de la serie "Misión Imposible" sin haber escuchado el mensaje o la misión que el grupo debe ejecutar.

2._ SISTEMA EVALUATIVO

2.01._ TIPOS DE PRUEBAS

El sistema evaluativo es el conjunto de actividades que permiten tanto al Docente como al Estudiante visualizar y/o medir el grado de comprensión de los temas tratados. Estos se definen :

._ **Miniquiz** : Prueba ejecutada por los estudiantes sin previo aviso del profesor y/o monitor de los temas preparados para su clase diaria. Duración estimada 15 a 20 minutos. Determina : Grado de seriedad que le estamos dando a la metodología y/o grado de comprensión de los temas.

._ **Quiz** : Pruebas de evaluación de grupo de temas. Duración estimada de 30 a 45 minutos. Con este tipo de prueba logramos dar un aviso al estudiante de su progreso y lo proyecta hacia el examen del tercio.

._ **Examen de tercio** : Es una prueba de evaluación de todos los temas vistos en el tercio. Duración estimada de una y media hora. Evalúa el total aprovechamiento del estudiante y/o la eficiencia del método.

2.02._ PORCENTAJE DE PESO DE LAS EVALUACIONES.

2.02.01._ PESO DE LOS TERCIOS

Primer tercio : 30%
Segundo tercio : 30%
Tercer tercio : 40%

2.02.02._ PESO DE LAS DIFERENTES EVALUACIONES EN LA NOTA DEL TERCIO

Miniquiz, quiz, trabajos : 40%
Monitoría : 10%
Examen del tercio : 50%

3.0._ OTRAS ACTIVIDADES.

Definimos en este numeral las actividades adicionales que se tienen preparadas para ayudar al logro de los objetivos :

3.01._ Monitoría : Son actividades interactuadas entre los estudiantes y los monitores, (estudiantes de semestres más avanzados) quienes colaboran con el objeto de ejercitar y afianzar los conocimientos adquiridos sobre los diferentes temas.

3.02._ Taller : Esta actividad es responsabilidad del Docente. Se busca afianzar conceptos mediante la solución de problemas o la consideración de situaciones problemáticas. El Docente selecciona una serie de ejercicios, los resuelve en clase mientras los estudiantes toman notas o hacen preguntas según sea el caso.

3.03._ Repaso : El método está concebido de tal manera que al final del tercio se tenga la oportunidad de repasar todos los conceptos y es responsabilidad del Docente pero con la participación activa del Estudiante.

4.0._ DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS .

El grupo se ha dividido en cinco Subgrupos y la responsabilidad de exposición de cada tema está definido en el Programa del tercio.

5.0._ REGLAS DEL JUEGO.

5.01._ Puntualidad y asistencia a las actividades : Respecto al tema se aplicará el Artículo correspondiente definido en el Reglamento Estudiantil.

5.02._ Intento de copia en las evaluaciones : Considerando que dentro de la formación del individuo, el intento de copia o la copia misma demarca una actitud denigrante se aplicará el Artículo correspondiente al tema del Reglamento Estudiantil.

5.03.Presentación de trabajos : Dado el caso que se diera la oportunidad de presentar algún trabajo, este, en cuanto a su presentación se refiere, deberá seguir y cumplir los parámetros dados en el Reglamento Estudiantil.

5.04._ Comportamiento y presentación en clase : Es evidente que debe regirse por normas mínimas de urbanidad y respeto tanto para con el Docente como para los compañeros de grupo y el recinto en que se encuentran.

6.0._ BREVE CHARLA SOBRE EL ÉXITO

6.01._ Desarrollo del Exito.

6.02._ Definición del Exito

6.03._ Caso de la casa del mayordomo.

6.04._ Caso del pescado.

6.05._ Caso del entrenador de futbol.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
PROGRAMA PRECÁLCULO PRIMER TERCIO
GRUPOS Nos.
SEGUNDO SEMESTRE DE 1997

APENDICE I

DIA No.	FECHA	CAP./NUME RAL	TEMA A TRATAR	GRU PO
1	JUL 28	Lu	Introducción del curso	P
2	29	Ma	Números reales y complejos	P
3	30	Mi	Exponentes, radicales	1
4	31	Ju	Expresión algebraica	2
5	1	Vi	Factorización	3
6	4	Lu	Teorema del binomio	4
7	5	Ma	Expresiones fraccionarias	P
8	6	Mi	Taller No.1	P
9	8	Vi	Quiz No.1. Ecuación lineal	5
10	11	Lu	Problemas de aplicación ecuación lineal	1
11	12	Ma	Ecuaciones cuadráticas	2
12	13	Mi	Problemas de aplicación ecuaciones cuadráticas	3
13	14	Ju	Taller No.2	P
14	15	Vi	Quiz No.2. Sist. Ecciones Lineales de dos variables	1
15	19	Ma	Sist. Ecciones Lineales de dos variables	2
16	20	Mi	Sistema de ecuaciones	3
17	21	Ju	Sist. Ecciones Lineales de más de dos variables	4
18	22	Vi	Sist. Ecciones Lineales de más de dos variables	5
19	25	Lu	Taller No.3	P
20	26	Ma	Quiz No.3. Repaso clases 1/5	P
21	27	Mi	Repaso clases 6/10	P
22	28	Ju	Repaso clases 11/14	P
23	29	Vi	Repaso clases 14/18	P

NOTAS :

En la columna "GRUPO" : P es el Docente ; los números corresponden a los Subgrupos.

Preparó : Ing. Jaime Arango Botero

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
PROGRAMA PRECÁLCULO SEGUNDO TERCIO
GRUPOS Nos.
SEGUNDO SEMESTRE DE 1997

APENDICE I

DIA No.	FECHA	CAP./NUMERAL	TEMA A TRATAR	GRUPO
1	SEPT. 8 Lu		Entrega de notas. Solución parcial 1o. Tercio	P
2	9 Ma	9.0 9.4	Fracciones parciales	1
3	10 Mi	2.5	Ecuaciones de otros tipos	2
4	11 Ju	2.6	Desigualdades	3
5	12 Vi	2.6	Desigualdades	4
6	15 Lu		Taller No.1	P
7	16 Ma	3.0 3.1	Quiz No.1. Sistemas de Coordenadas Rectangulares	5
8	17 Mi	3.3	Rectas	1
9	18 Ju	3.3	Ejercicios sobre rectas	2
10	19 Vi	3.2	Gráficas de Ecuaciones	3
11	22 Lu	3.2	Aplicaciones gráficas	4
12	23 Ma	3.4	Definición de función	5
13	24 Mi	3.5	Gráficos de funciones	1
14	25 Ju		Taller No.2	P
15	26 Vi	3.9	Quiz No.2. Variación	2
16	29 Lu	3.6	Funciones cuadráticas	3
17	30 Ma	3.7	Operaciones con funciones	4
18	OCT. 1 Mi	3.8	Funciones inversas	5
19	2 Ju	4.0 4.1	Gráficos de funciones polinomiales grado >2	1
20	3 Vi	4.2	Propiedades de la división	2
21	6 Lu	4.3	Raíces de un polinomio	P
22	7 Ma	4.4	Raíces complejas y racionales	P
23	8 Mi		Taller No.3	P
24	9 Ju		Quiz No.3. Repaso	P
25	10 Vi		Repaso	P

NOTAS :

En la columna "GRUPO" : P es el Docente ; los números corresponden a los Subgrupos.

Preparó : Ing. Jaime Arango Botero

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
PROGRAMA PRECÁLCULO TERCER TERCIO
GRUPOS Nos.
SEGUNDO SEMESTRE DE 1997

APENDICE I

DIA No.	FECHA	CAP./NUMERAL	TEMA A TRATAR	GRUPO
1	OCT. 21 Ma		Entrega de notas. Solución parcial 2o. Tercio	P
2	22 Mi	5.0 5.1	Funciones Exponenciales	3
3	23 Ju	5.2	Función exponencial natural	4
4	24 Vi	5.3	Funciones logarítmicas	5
5	27 Lu	5.4	Propiedades de los logaritmos	1
6	28 Ma	5.5	Ecuación exponencial y logarítmica	2
7	29 Mi		Taller. Quiz No.1	P
8	30 Ju	6.0 6.1, 6.2	Angulos. Funciones trig. de ang. agudos. Identidades	3
9	31 Vi	6.3	Aplicaciones de los triángulos rectángulos	4
10	NOV. 4 Ma	6.4	Funciones trigonométricas de cualquier ángulo	5
11	5 Mi	6.5	Gráficas de las funciones trigonométricas	1
12	6 Ju	6.6	Gráficas trigonométricas generalizadas	2
13	7 Vi	6.7	Otras gráficas trigonométricas	3
14	10 Lu		Taller. Quiz No.2	P
15	11 Ma	7.0 7.1	Identidades trigonométricas	4
16	12 Mi	7.1	Identidades trigonométricas	5
17	13 Ju	7.2	Ecuaciones	1
18	14 Vi	7.2	Ecuaciones	2
19	18 Ma	7.3, 7.4	Fórmulas de adición, sustracción y ángulos múltiples	3
	19 Mi	7.5	Fórmulas de producto a suma y de suma a producto	4
20	20 Ju	7.6	Funciones trigonométricas inversas	P
21	21 Vi		Taller. Quiz No.3	P
22	24 Lu	8.0 8.1	Ley de los senos	5
23	25 Ma	8.2	Ley de los cosenos	1
24	26 Mi	8.3	Forma trigonométrica de los Nos. complejos.	2
25	27 Ju	8.4	Teorema de Moivre y raíces n-ésimas de los complejos	P
26	28 Vi	8.4	Teorema de Moivre y raíces n-ésimas de los complejos	P

NOTAS :

En la columna "GRUPO" : P es el Docente ; los números corresponden a los Subgrupos.

CIENCIAS BASICAS : METANOIA Y APRENDIZAJE CREATIVO

Eduardo Triana Moyano
Universidad Antonio Nariño

"La educación y los maestros
nos hicieron un mal favor :
nos ahorraron la angustia de
pensar "
ESTANISLAO ZULETA

RESUMEN

La revolución del conocimiento y el advenimiento del aula electrónica ratifican a escasos tres años de iniciarse la vigésima primera centuria el paso de la ortodoxia a la imaginación , el triunfo del pensamiento divergente sobre el pensamiento convergente y la categorización de la dialéctica sobre la simplicidad; el estudiante de ciencias básicas en ingeniería descubre ahora la potencialidad del pensamiento lateral en los procesos de interpretación, análisis, comparación y modelación, las ciencias básicas son el escenario propicio para que el estudiante cultive **la fluidez** (producción de múltiples ideas), **la flexibilidad** (cambio de enfoque), **la originalidad** (generación de soluciones novedosas) y **la elaboración** (redefinición de ideas).

Gracias a esta metanoia - **cambio de enfoque, desplazamiento mental, transitó de una perspectiva a otra** -, el docente responsable de la formación en ciencias básicas dimensiona el saber no como el resultado de un proceso repetitivo o como el resultado de una acción intimidadora del pensamiento, sino como la categorización directa del pensar materializada en una acción investigativa que prima sobre el arcaico comportamiento lineal (leer - repetir - traducir - calcar); el aprendizaje creativo sepultará por fin la conocida máxima : " **En la universidad colombiana se ha traducido más de lo que se ha creado** ".

1- APRENDIZAJE CREATIVO : PLATAFORMA REFERENCIAL DEL CAMBIO

Los profesionales de la ingeniería identifican con facilidad la acción determinante de las ciencias básicas en la formación de los estudiantes al orientar el ámbito científico, al formar el pensamiento

y contribuir a la estructuración del ser ubicándolo en el tiempo y en el espacio como prospecto y generador de cambio; no obstante de estos atributos singulares es en este campo donde se visualiza con facilidad como el proceso de enseñanza se define sobre la trilogía: **repetición - calcamiento - reproducción**, que impide por supuesto que el estudiante pueda crear, imaginar, elaborar, innovar y producir conocimientos en los escenarios de la teoría y la práctica; la enseñanza convencional de las ciencias básicas fue lo que obligó a Estanislao Zuleta a referenciar la educación como una acción intimidadora del pensamiento al ocuparse únicamente de transmitir datos y conocimientos resultantes de procesos que otros pensaron, exigiendo que el estudiante se familiarice con ellos por activación del aprendizaje memorístico pero impidiendo que el alumno piense y mucho menos que se le enseñe a pensar.

Curiosamente es la enseñanza tradicional de las ciencias básicas en ingeniería la que desvirtúa la máxima de Arthur Kostler: " **El hombre no debe heredar el pasado, debe crearlo de nuevo** ", tristemente nos movemos en un mundo simbólico - **el mundo de los símbolos es la realidad del ingeniero** - , pero carecemos de la capacidad para abstraer y de la habilidad para construir nuevas realidades, por ejemplo se nos enseña que un sistema de ecuaciones diferenciales acopladas puede describir el movimiento de una partícula cargada en un campo electromagnético, se nos prepara para solucionar una ecuación vectorial y se nos esquematiza el proceso para determinar los valores propios, con gran facilidad podemos resolver el problema en un campo definido por $E = (E_0 e^{i\omega t}, 0, 0)$ pero nunca se invita al estudiante a profundizar para construir el algoritmo que considere el campo definido por $E = (E_0 x^{i\omega t}, E_0 y e^{i\omega 2t}, E_0 z e^{i\omega 3t})$, parece ser que todavía ignoramos que en materia de enseñanza de las ciencias básicas en la ingeniería el paradigma de Morin - **Epistemología de la Complejidad** - no tiene validez, para Morin cuando se renuncia a la simplificación se obtiene el fortalecimiento de una actitud indagadora que conlleva al advenimiento del pensamiento creativo.

Negar que las matemáticas y la física son esenciales para el desempeño fundamental del ingeniero al proveerlo con las bases científicas y metodológicas necesarias para modelar e interpretar la fenomenología problémica, constituye una verdadera locura pues en primera instancia se destruye la genérica definición de ingeniería como disciplina que permite aplicar los conocimientos científicos para lograr el aprovechamiento y la transformación de los recursos naturales para satisfacer las necesidades sociales colectivas o individuales y en segunda instancia se relega nuestra profesión al simple escenario de la formación de usuarios de tecnología importada; ellas, las ciencias básicas son las responsables de otorgar al ingeniero la fundamentación teórica y científica como instrumentos para materializar su creatividad, lógica e ingenio.

Se precisa en este acápite por razones obvias el tener que afirmar que el proceso de enseñanza de las ciencias básicas en ingeniería evidencia grandes deficiencias, causa estupor el hojear un cuaderno perteneciente a un estudiante quien adelanta una asignatura específica, digamos cálculo en varias variables y compararlo con los apuntes de quienes la cursaron años atrás y verificar que todo es semejante, ni una coma hace falta, los valores que toman las variables no se alteran, tales apuntes como también aquel distinguido profesor permanecen incólumes frente al tiempo al igual que las pirámides del legendario Egipto, pero lo preocupante no es la homogeneidad de lo expuesto (**repetición de la repetidora**), la preocupación surge por la no presencia del aprendizaje

significativo, pues los contenidos transmitidos no son potencialmente impactantes (lógica y psicológicamente hablando) y además lo expuesto diverge con los intereses y motivaciones del alumno, quien se ve imposibilitado de poder construir un modelo mental a partir de la información que suministra el profesor ; confirmándose así que la plataforma de acción de las ciencias básicas en ingeniería esta construida sobre la piedra angular del aprendizaje repetitivo.

Pero por fortuna el aprendizaje creativo establece el engranaje diacrónico y sincrónico sobre el cuál se prospecta por parte del ingeniero la relación existente entre LA TEKHNE, LA PHRONESIS, LA EPÍSTEME, y el NOUS con la SOPHÍA, ahora todo requerimiento o todo problema a resolver se fundamenta en el umbral de la dialéctica : se escudrina, se descubre, se analiza , se modela y se generaliza, el pensar se sobrepone a la enseñanza enciclopedística; el aprendizaje creativo dibuja en el alumno el verdadero significado de escuchar : **escuchar no es oír, es comprender, es reflexionar y es actuar**, el aprendizaje creativo construye el modelo mental que como agente de cambio, generador de soluciones con valor agregado debe acreditar todo ingeniero.

2- APRENDIZAJE CREATIVO Y UMBRAL DE LA CALIDAD

El pensamiento lineal que normatiza el modelo de aprendizaje convencional de las ciencias básicas en ingeniería queda retratado en el último párrafo del inmortal de Borges : **"Cuando se acerca el fin, escribió cartaphilus ya no quedan imágenes del recuerdo, sólo quedan palabras, palabras desplazadas, y mutiladas, palabras de otros, fue la pobre limosma que le dejaron las horas y los siglos "**; pues frente al gradiente de cambio del conocimiento, la universidad ha comprendido que su misión no es la de educar en el arcaico sentido del almacenamiento del saber, ahora su misión se muestra en la autoconstrucción y en la autorealización de un estudiante creativo, crítico, armónico, reflexivo y comprometido con el progreso de la sociedad que transita sobre las ruedas de la calidad y la excelencia producto de la valoración de la acción funcional y operacional del aprendizaje creativo, la introducción del aprendizaje creativo como condición necesaria y suficiente para subsistir en un mundo donde el posicionamiento y la competitividad son factores de apalancamiento del denominado capital cerebral es prenda de garantía para dar el salto de la simplicidad a la dialéctica, congelando como imagen existencialista Sartreana la pobre acción del tradicional profesor declamador de textos que con su proceder exigía que el estudiante aprendiera para el parcial y no para siempre.

El profesor Ernesto Gore al escribir el prólogo del libro la quinta disciplina, lego para nosotros el siguiente texto : **"la única fortaleza posible es la que proviene de ser capaz de responder, de poder dejar de ser lo que se es para ser lo que se sea necesario "**, texto que al ser moldeado en el escenario de la enseñanza de las ciencias básicas, ratifica la necesidad de un reenrutamiento o metanoia del proceso, la enseñanza de las ciencias básicas demanda que los sujetos del proceso profesor - alumno, estructuren dialécticamente su manera de pensar, no en vano el pensamiento dialéctico se caracteriza por un proceso totalizador que demanda la acción integral de el descubrir, el desentrañar , el generalizar, el profundizar, el demostrar y el comprobar, solo así se asegura que el futuro profesional de la ingeniería este capacitado para penetrar, captar, interpretar y transformar la realidad , amén de habilitarlo para valorar como la aproximación de lo real a lo

ideal se mide por la proyección de los resultados alcanzados nunca por la repetición de la letra dispuesta sobre un papel; el aula enmarcada por las fronteras del aprendizaje creativo constituye el caldo de cultivo donde el alumno puede imaginar y al imaginar puede generar novedosas soluciones que harán del mundo un lugar mejor, el aprendizaje creativo hace que el alumno siempre encuentre algo que construir, algo más es la fuerza transformadora que muestra al estudiante que solo quien se deja trascender por lo trascendental será trascendente; un alumno participe del aprendizaje creativo deja de lado al profesor y descubre en su orientador al maestro, que comparte el saber y le señala que el ápice del conocimiento se halla valorando la abstracción, reduciendo la multiplicidad y generalizando lo esencial, por fin alumno y maestro pueden descubrir la valía de la máxima : " **nada enaltece más al hombre que el saber** ", con el aprendizaje creativo, con esta metanoia el alumno se sumerge en el océano de la pasión académica, ya no estudiara más por una simple nota estudiara para categorizar su accionar en el amplio firmamento de la dialéctica de la diversidad y la unicidad, estudiara para convertirse en el anhelado agente de progreso que reclama a gritos la economía de la información, donde se genera y se vende el conocimiento.

Al interior de nuestra Universidad, el departamento de matemáticas bajo la dirección de los profesores Orlando Vanegas G. y flor Elba Jaimes, desarrolla el proyecto CLOG orientado a consolidar el aprendizaje creativo como puntual de cambio en el proceso de enseñanza de las ciencias básicas, específicamente en el campo de las matemáticas (cálculo diferencial, cálculo integral y cálculo en varias variables), el proyecto CLOG ha logrado en primera instancia que tanto el docente como el estudiante modifiquen su mentalidad y actitud frente al complejo universo de las matemáticas, se despojan así de su enseñanza - aprendizaje los otros atributos de dificultad y tortura, ahora el alumno descubre en ellas la verdadera gimnasia del espíritu, con ayuda de herramientas computacionales el grupo de aprendizaje puede interpretar y evaluar de manera racional la solución asociada con un problema formulado.

El aprendizaje creativo se estructura al interior del proyecto CLOG al demandar al estudiante que este sea quien piense, quien produzca y genere soluciones relegando el computador a un segundo plano, a la simple categoría de máquina que permite reducir el tiempo, elevar la calidad e incrementar la productividad, el aprendizaje creativo fija en la dupla docente - alumno el conocido lema : " **productividad primero calidad siempre** "; CLOG obliga también al profesor a presentar y enfatizar los conceptos, a discutir la estructura lógica del tema, a realizar operaciones previo dimensionamiento e interpretación formal del respectivo soporte geométrico, este novedoso enfoque pedagógico reafirma al interior del aula electrónica que Seymour Papert tenía razón al señalar que para romper con los paradigmas tradicionales de la educación, era preciso, preponderante, determinante y concluyente : **cambiar de mentalidad (metanoia)**.

El aprendizaje creativo se convierte en el combustible que proyecta al alumno de final de siglo hacia el umbral de la calidad, pues en primer lugar define en el estudiante la interacción viva y creadora que debe evidenciar con su sociedad y en segundo lugar es prenda de garantía para la consolidación de una docencia de alto nivel cuya tarea investigativa este directamente relacionada con el proceso productivo de la sociedad y el pensamiento.

Gracias al proyecto CLOG los alumnos de la facultad de ingeniería de sistemas han prospectado la importancia de las matemáticas en su que hacer profesional, existe en ellos lo que denomino Estanislao Zuleta - una verdadera pasión - por su aprendizaje ; el proyecto CLOG le recuerda a cada instante que en el campo de la ingeniería nunca existe una segunda oportunidad para brindar una buena primera impresión.

3- BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ MANRIQUE JOSÉ MARÍA, Etimología de un sueño. Colección Ensayos. Universidad Autónoma de Colombia. 1997.
2. ARELLANO MARCO TULLIO, Acumulación Sucesiva VS Integración Progresiva, 1989, Primer Foro Preparatorio para la IX Reunión de Facultades de Ingeniería, Documento ACOFI.
3. MORÍN E., El Método III: El conocimiento del Conocimiento, 1988, Madrid, Cátedra
4. NIEVES HERRERA JUVENAL, La Calidad de la Educación, 1996, Revista Logos Número 2.
5. PORLAN R., Teoría del Conocimiento, Teoría de la Enseñanza y Desarrollo Profesional, Tesis Doctoral, 1989, Universidad de Sevilla.
6. ZULETA ESTANISLAO, Educación y Democracia, Un campo de Combate, 1995, Corporación Tercer Milenio.

- EL FIN COMPLETA TODO -

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN UNIVERSIDADES REPRESENTATIVAS DEL EXTERIOR

Miguel Ortega Restrepo, IC.

Decano Facultad de Ingeniería Civil - Universidad de la Salle

RESUMEN

Con el fin de analizar la metodología de la enseñanza de la Física y las Ciencias Básicas en ingeniería, especialmente en Ingeniería Civil, se procedió a estudiar los planes de estudio de trece de las más prestigiosas universidades del exterior para comparar el número de asignaturas, la intensidad, y el enfoque de los cursos de Física con los modelos que se tienen en la mayoría de las Universidades en Colombia.

Se tienen en cuenta todos los cursos de Física Básica, y Física Aplicada para evaluar el énfasis que se hace en los diferentes tópicos y las intensidades, para poder concluir el enfoque que se da a la enseñanza de la Física.

En muchas ocasiones en nuestro medio las asignaturas básicas de la Física (Física I, Física II, Física III), tienen contenidos que repiten los adquiridos en el Colegio o se estudian nuevamente en cursos más avanzados de la carrera tales como Estática, Dinámica, Termodinámica, etc., con la correspondiente utilización de horas en tópicos ya conocidos, lo cual impide al estudiante tomar posteriormente asignaturas de aplicación de la carrera por no requerir más semestres de estudio para optar al título.

El trabajo pretende hacer una evaluación de estos cursos, tanto en nuestro medio como en el exterior, y presentar una recomendación con el fin de reestructurar los programas de los cursos, suprimirlos y/o reemplazarlos por otros cursos en cada una de las áreas de estudio

INTRODUCCION

La tecnología, que es la colección total de medios y equipos construidos por el hombre para mejorar su suerte sobre este planeta, está basada en la ciencia. Todas las ciencias contribuyen; la Física ciertamente, con mucha frecuencia.

Hace un poco más de 300 años, el físico italiano Galileo (1564 - 1642), trató de hallar la manera de soportar vigas pesadas sin que se rompieran. En esos días, un larga experiencia, obtenida con base en fracasos, errores y tanteos, llegó a producir personal más o menos hábil en el arte de construir edificaciones, pero había poco estudio científico sobre estas materias. Hoy está tan desarrollado el conocimiento de esta parte de la Física, y es tan importante en la vida diaria, que ha sido dejado a un grupo profesional de ingenieros, bastante distante del estudio general de la Física. Ese es el personal que diseña y construye rascacielos, puentes y carreteras. Sus trabajos se basan

en principios físicos tan bien probados a través de tres siglos de experiencia, que el físico ya no duda de su aplicabilidad. El siente que es muy poco lo que se puede agregar de nuevo a los conocimientos de este grupo.

La Física engendra otras ciencias y sus aplicaciones prácticas a las cuales denominamos Tecnología. Como hijas agradecidas, aquellas frecuentemente devuelven a la Física nuevos materiales, nuevas herramientas y nuevas ideas. Muchas de esas herramientas son hoy indispensables a la Física.

Teniendo en cuenta la convocatoria de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI a su XVII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería "La Enseñanza de las Ciencias Básicas en Ingeniería", dentro de las cuales se consideran las asignaturas de Física, se pretende hacer un análisis comparativo del contenido de estas asignaturas en la mayoría de las Universidades en Colombia, con el alcance que se le da en un conjunto de Universidades en el exterior, principalmente de los Estados Unidos, con el fin de replantear su enfoque en nuestro medio.

Vale la pena entonces, hacer un análisis de los *syllabus* de los programas de Física que se tienen actualmente en Colombia, en la mayoría de las Facultades de Ingeniería, especialmente en el caso de Ingeniería Civil.

Introducción a la Física

La Física relacionada con otras ciencias, historia, universo, espacio y tiempo, materia y energía, análisis dimensional de sólidos, teoría de masas, metrología, conceptualización espacial. Primera Ley de Newton, Segunda Ley de Newton y Tercera Ley de Newton.

Física Mecánica

Estática de las partículas, cinemática, movimiento en un plano, circular, armónico simple y caída libre. Trabajo y energía, colisiones, rotación. Movimiento de una partícula en función de la posición.

Física Fluidos y Termodinámica

Propiedades mecánicas de los sólidos (deformación), sistema de partículas (energía), estática de fluidos y de partículas (Bernoulli, Principio de Pascal), gases, termodinámica (1ª ley). Mecánica estadística. Fenómenos de transporte, ondas.

Física electricidad y magnetismo

Electrostática en el vacío. Fuerza y campo magnético, Leyes de Gauss y Ampere. Potencial eléctrico. Capacidad, condensadores y dieléctricos. Circuitos. Inducción electromagnética. Magnetismo de la materia. Ley de Faraday.

Las facultades en nuestro medio tienen usualmente tres físicas y estas tienen una intensidad horaria de 6 horas a la semana distribuidas en 4 horas de teoría y 2 horas de laboratorio. Estas asignaturas las dictan por lo general físicos y están a cargo de los Departamentos o de las Facultades de Física.

Durante este período básico el alumno también cursa las matemáticas (Cálculo I, Cálculo II y Cálculo III), los cuales debe utilizar como herramienta en sus cursos de Física. En la mayoría de los casos el profesor desconoce la aplicación de estos cursos de física en la ingeniería y se limita a dar el conocimiento físico sin sus aplicaciones.

Una vez el estudiante termina el llamado "ciclo básico" empieza a cursar las asignaturas pertinentes a la carrera, las cuales son dirigidas y planeadas por las Facultades de Ingeniería a través de sus departamentos y tienen usualmente a ingenieros como profesores, quienes desde un principio presentan la aplicación de estas asignaturas en el desarrollo profesional y su importancia dentro de los planes de estudio.

En este conjunto de materias cabe destacar las siguientes: Estática, Dinámica, Termodinámica, Mecánica de materiales, Mecánica de fluidos, Instalaciones Eléctricas, las cuales son fundamentales para el desarrollo académico del futuro profesional. Sus intensidades horarias varían entre 4 y 6 horas a la semana y algunas de ellas tienen laboratorio (Mecánica de Fluidos y Mecánica de Materiales).

CALIDAD DE LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

Aunque desde hace mucho tiempo los docentes universitarios se han venido quejando de la calidad de la enseñanza de la Física en los colegios, ésta sigue dictándose en los últimos años de estudio y se le da al estudiante unos conocimientos básicos con el fin de que al ingresar a la universidad esté en capacidad de asimilar aspectos más avanzados de Física.

El tema de la enseñanza de la Física en la ingeniería se ha venido tratando desde hace mucho tiempo, pero las universidades no han tomado una posición definitiva de su estructuración, tal vez por el temor de ver disminuida la calidad académica de los futuros profesionales.

REPETICION DE CONTENIDOS

Haciendo un análisis de los contenidos de los cursos de Física y las primeras materias de la carrera de Ingeniería Civil, se puede apreciar que muchos de los temas se repiten, y se han mantenido con la idea de que en el primer curso se ve la parte básica y en el siguiente, la parte avanzada.

Se pueden reestructurar los cursos de Física y reducirlos a uno o máximo dos niveles, e incrementar las horas de las asignaturas propias de ingeniería con el fin de estudiar los temas básicos y avanzados dentro de estos cursos, presentando el enfoque profesional que requieren.

Algunos temas de los cursos actuales de Física, podrían distribuirse dentro de las asignaturas especializadas de la ingeniería así:

- La Física como ciencia
- Errores, metrología
- Variables cinemáticas
- Primera Ley de Newton
- Segunda Ley de Newton
- Trabajo y energía
- Colisiones
- Rotación
- Condiciones de equilibrio
- Movimientos en función de la posición
- Propiedades mecánicas de los sólidos
- Sistema de partículas (Energía)
- Estática y Dinámica de Fluidos
- Gases
- Leyes de la termodinámica
- Ondas

- Física
- Estadística
- Dinámica
- Estática
- Dinámica
- Termodinámica
- Física
- Dinámica
- Estática
- Dinámica
- Mecánica de materiales
- Termodinámica
- Mecánica de fluidos
- Termodinámica
- Termodinámica
- Física

Los temas correspondientes a electricidad y magnetismo se pueden ver en un curso de Física eléctrica y ondas.

UNIVERSIDADES DEL EXTERIOR

Se escogieron los planes de estudio esencialmente Ingeniería Civil de las siguientes Universidades :

PURDUE UNIVERSITY,	Estados Unidos
UNIVERSITY OF ILLINOIS	Estados Unidos
THE UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES	Inglaterra
GEORGIATECH	Estados Unidos
UNIVERSITY OF TEXAS	Estados Unidos
MIT	Estados Unidos
DE LA SALLE UNIVERSITY	Filipinas
CHRISTIAN BROTHERS UNIVERSITY	Estados Unidos
UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS	Estados Unidos
UNIVERSITY OF ARIZONA	Estados Unidos
UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN	Canadá
CARLETON UNIVERSITY	Canadá
UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA	Canadá

Con base en los planes de estudio se hizo un análisis de las asignaturas de Física teórica y aplicada que se cursa en dichas universidades teniendo en cuenta las siguientes divisiones:

FISICA MECANICA
FISICA CALOR ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

FISICA ELECTRICIDAD Y OPTICA
 FISICA LUZ, SONIDO Y ESTRUCTURA DE LA MATERIA
 SISTEMAS APLICADOS A LA FISICA
 CIRCUITOS
 ESTATICA
 DINAMICA
 TERMODINAMICA
 MECANICA DE FLUIDOS
 MECANICA DE MATERIALES

De este modo, los anteriores temas se encuentran agrupados según los enfoques de cada una de las Universidades, pero se puede apreciar que en el caso de física eléctrica, en una de las Universidades, se estudia con óptica y en otras con luz, sonido y estructura de la materia o con calor y magnetismo. Pero el enfoque fundamental es la electricidad.

En el cuadro anexo se pueden ver las asignaturas por universidades y del análisis de dicho cuadro se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- ◇ Introducción a la Física no se cursa en ninguna universidad.
- ◇ Física Mecánica se cursa en 9 universidades.
- ◇ Física Hidráulica no se cursa en ninguna universidad.
- ◇ Física electricidad, óptica, calor y magnetismo en las 13 universidades.

De los cursos básicos de ingeniería:

◇ Estática	se cursa en 13 universidades
◇ Dinámica	se cursa en 9 universidades
◇ Mecánica de materiales	se cursa en 13 universidades
◇ Electricidad, óptica, calor y magnetismo	se cursa en 10 universidades
◇ Termodinámica	se cursa en 7 universidades
◇ Física Mecánica	se cursa en 9 universidades
◇ Luz, sonido, Estructura de la materia	se cursa en 3 universidades
◇ Mecánica de fluidos	se cursa en 9 universidades
◇ Circuitos	se cursa en 3 universidades
◇ Introducción a computadores aplicada a la Física	se cursa en 1 universidad

- ◇ Los cursos de Estática y Mecánica de materiales son fundamentales para el ingeniero civil.
- ◇ Deben dictarse los cursos de Mecánica y Dinámica de fluidos.
- ◇ Los cursos de Termodinámica y Física mecánica podrían suprimirse.
- ◇ Cursos como introducción a la Física, Física hidráulica y Circuitos, no se consideran relevantes dentro de los currículos de Ingeniería Civil.

RECOMENDACIONES

Dictar uno o máximo dos cursos de Física con los siguientes contenidos:

1. Estática, Cinemática de partículas, Fenómenos de transporte y ondas, Fuerza y Campo magnético, Potencial eléctrico, Circuitos, Traducción electromagnética.
2. El tiempo que no se dedica a los cursos de Física se puede invertir en asignaturas fundamentales para el ejercicio profesional, tales como:
 - Instalaciones eléctricas
 - Ingeniería ambiental
 - Ingeniería legal
 - Ingeniería de la Calidad
 - Construcción

CUADRO COMPARATIVO DE ASIGNATURAS POR UNIVERSIDADES

UNIVERSIDAD	PUERDUE	ILLIN.	NEW W.	GEORGIAT.	TEXAS	MIT	C. B.	SALLE	CALIF.	ARIZ.	SASKAT.	CARLET.	BRITISH	TOTAL
MATERIA														
Estática														13
Dinámica														9
Mecánica de Materiales														13
Elect., Óptica, Calor y Magnetismo														10
Termodinámica														7
Física mecánica														9
Luz, sonido y estr. de la materia														3
Mecánica de Fluidos														9
Circuitos														3
Intro. a computadores apl. a la Física														1

MATEMÁTICAS SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

Leonel L. Palomá P.

Universidad Autónoma de Manizales

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

RESUMEN

La Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Manizales desde hace seis años ha venido desarrollando gradualmente el proyecto "SISMATYCO", Sistemas, Matemáticas y Computación, El cual tiene como objetivo principal proponer un cambio curricular en las Facultades de Ingeniería de Sistemas y Computación, que permita el desarrollo integral de las asignaturas de cada uno de los cinco primeros semestres en su ciclo básico.

Este escrito muestra como integramos las matemáticas fundamentales, la introducción a la teoría general de sistemas y la computación, en un solo módulo temático, dejando de lado el esquema tradicional.

EL desarrollo de los temas esta basado en el siguiente modelo:

- * Planteamiento del Problema.
- * Análisis Sistémico, del problema y su solución.
- * Modelo matemático del problema y su solución.
- * Representación Algorítmica e implementación de la solución.

OBJETIVOS:

El objetivo principal de este artículo es mostrar una forma de desarrollar los conceptos introductorios de lógica matemática, teoría de conjuntos, estructuras algebraicas, funciones, teoría general de sistemas y computación, en un módulo integrado, como un primer curso para estudiantes de las carreras de Ingeniería de Sistemas, Computación y afines.

DESARROLLO

Así como el la teoría general de sistemas se habla de: Sistemas, elementos de un sistema, Subsistemas, Sistemas abiertos y cerrados, sistemas simples y complejos, Sistemas dinámicos y estáticos, Procesos, Flujos de entrada y de Salida, entre otros conceptos. En el lenguaje de las matemáticas ocurre lo mismo.

Una forma de comunicación entre las personas es la expresión oral y escrita, y esta se hace por medio de un sistema llamado lenguaje o idioma, el cual lo podemos caracterizar de la siguiente forma:

ELEMENTOS	PROCESOS	CONST. DE PALABRAS
Alfabeto	Constructor de Palabras	Adverbio
Signos de Puntuación.	Constructor de frases	adjetivos
Reglas Semánticas		Pronombres
Reglas sintácticas		Proposiciones
procesos		Sustantivos
		Verbos

De manera semejante, y con base al idioma español, podemos estudiar el Sistema de la Lógica Matemática, sistema que nos permite una comunicación clara y eficiente en Matemáticas.

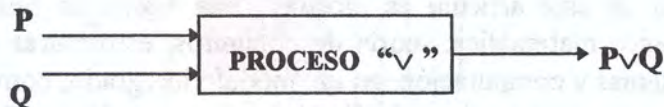
LÓGICA MATEMÁTICA

Una caracterización del Sistema de la Lógica Matemática es:

ELEMENTOS	PROCESOS	VARIABLES
Proposiciones.	\vee "Y"	V "Verdadero"
Procesos	\wedge "o"	F "Falso"
Variables	\neg "No"	
Propiedades		

PROCESO " \vee " (Conectivo O)

Por ejemplo el proceso " \vee " es un constructor que actúa ante dos flujos de entrada, para obtener como resultado un flujo de salida, ver gráfica 1.



Gráfica 1.

Como existen dos posibles valores para las variables P y Q , los posibles estados para este sistema son:



Gráfica 2a

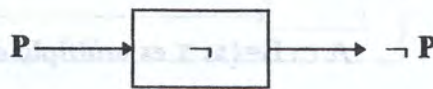


Gráfica 2b

De igual forma podemos interpretar el proceso “ \wedge ”, y construir una gráfica similar a la gráfica 2, que muestre los diferentes estados del sistema.

PROCESO “ \neg ” (Negación)

El proceso “ \neg ” sólo actúa ante un flujo de entrada, para producir un flujo de salida, ver gráfica 3.

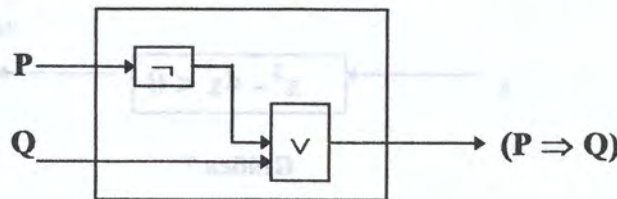


Gráfica 3.

Con los anteriores procesos podemos construir procesos menos simples como:

PROCESO “ \Rightarrow ” (Implicación)

La implicación es un proceso que puede ser construido a partir de los procesos “ \vee ” y “ \neg ”, el cual actúa ante dos flujos de entrada, para obtener un flujo de salida, ver gráfica 4.



Gráfica 4.

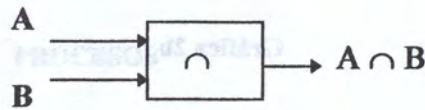
TEORÍA DE CONJUNTOS.

Haciendo una asociación isomorfa entre los elementos y los procesos de la lógica matemática con los elementos y los procesos de la teoría de conjuntos, ver gráfica 5, podemos desarrollar ésta última.

PROPOSICIÓN	→	CONJUNTO
\vee	→	\cup
\wedge	→	\cap
\neg	→	COMPLEMENTO

Gráfica 5

Por ejemplo el flujo de salida del proceso “ \cap ” (Intersección), ver gráfica 6, son los elementos comunes de los dos flujos de entrada.



Gráfica 6

Como ejemplo de un estado particular, tenemos:

$$A = \{x : x \text{ es múltiplo de } 3\}$$

$$B = \{x : x \text{ es múltiplo de } 2\}$$

El resultado de procesar A y B es:

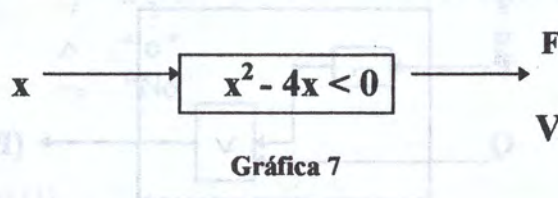
$$A \cap B = \{x : x \text{ es múltiplo de } 6\}$$

CALCULO DE PREDICADOS

Un predicado en n variables es un proceso con n flujos de entrada - n elementos de un tipo determinado de dato- y un flujo de salida, verdadero o falso.

Veamos un ejemplo en el caso de predicados en una sola variable.

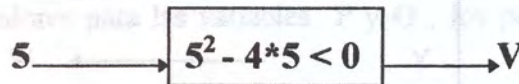
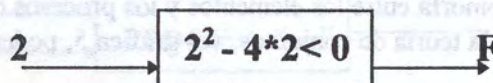
Definimos: $P(x) \equiv x^2 - 4x < 0$, donde x es de tipo real, ver gráfica 7.



Gráfica 7

Note que el predicado $P(x)$ puede descomponerse en procesos más simples.

Estados particulares son:

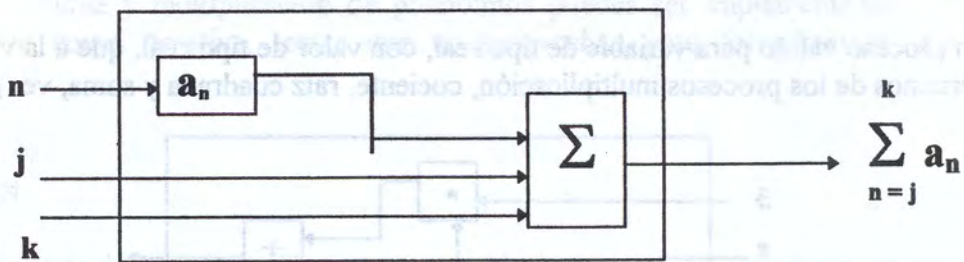


Gráfica 8

Así podemos construir predicados más complejos, combinando los procesos de la lógica matemática.

En el caso de conjuntos numéricos las operaciones de suma y producto son procesos binarios con varias propiedades como: conmutatividad, asociatividad,....

Por ejemplo si tenemos una sucesión de números de tipo real $\{a_n\}$, podemos definir dos procesos, uno de sumatoria y otro de productoria de la siguiente manera:



Gráfica 9

Un algoritmo para implementar este proceso de sumatoria es:

Proceso Sumatoria;

lea(limite)

a:=1

suma:=0

contador:=1

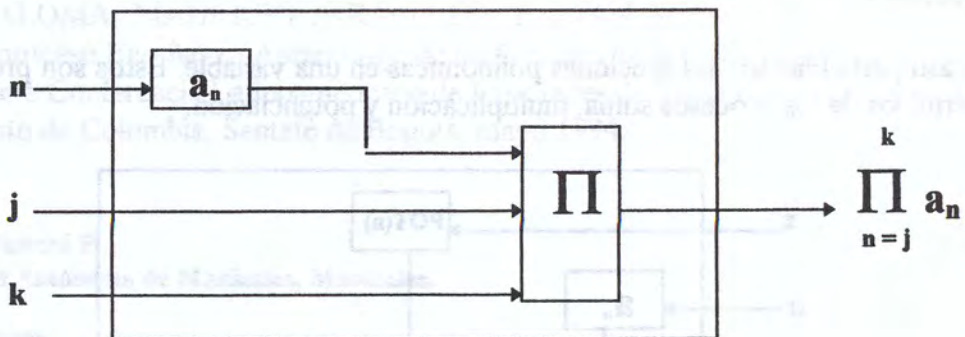
Mientras contador ≤ limite

 suma:=suma + a

 a:=a + 1

Fin_mientras

Fin_proceso



Gráfica 10

El proceso productoria también puede ser representado algorítmicamente.

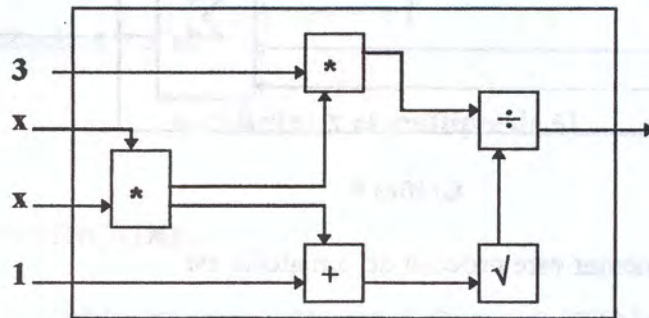
FUNCIONES

El concepto de función es claramente el que más podemos asociar con proceso, pues una función de tipo real en n variables de tipo real, no es más que un proceso con n flujos de entrada y un ÚNICO flujo de salida.

Por ejemplo la función:

$$f(x) = (3 * X^2) \div \sqrt{X^2 + 1}$$

es un proceso válido para variable de tipo real, con valor de tipo real, que a la vez está definida en términos de los procesos multiplicación, cociente, raíz cuadrada y suma, ver gráfica 14.



Gráfica 11

Un algoritmo que evalúa el proceso f en un valor determinado es:

Proceso división

Lea(x)

Potencia:=sqr(x)

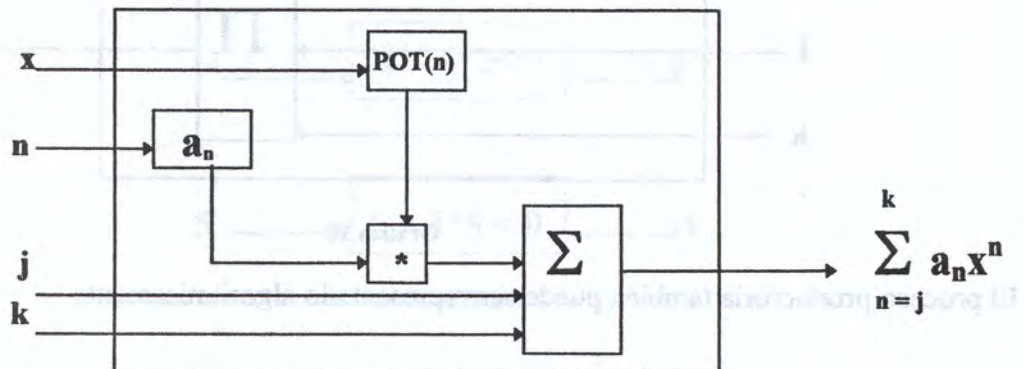
Numerador:=3*Potencia

Denominador:=sqrt(Potencia + 1)

Función:=Numerador / Denominador

Fin_proceso

Un caso particular son las funciones polinómicas en una variable. Estos son procesos definidos en términos de los procesos suma, multiplicación y potenciación.



Gráfica 12

Computacionalmente un polinomio puede ser representado por un arreglo de parejas ordenadas, donde la primera componente es el coeficiente y la segunda es el respectivo exponente de la variable.

Por ejemplo el polinomio $P(x) = 3 + 5X^2 - 3X^5 + X^8$ lo podemos representar como:

(3,0)	(5,2)	(-3,5)	(1,8)
-------	-------	--------	-------

Los procesos de suma y multiplicación de polinomios pueden ser implementados tanto de manera recursiva como iterativa, temas que se aprovechan para formalizar la parte de programación.

CONCLUSIÓN

La asociación de conocimientos de diferentes áreas afines con un solo propósito, en este caso la formación de Ingenieros de Sistemas, facilita el proceso enseñanza aprendizaje.

Esta integración hace que el estudiante este concentrado en un núcleo temático donde convergen varias áreas, lo que le permite un mayor rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

LEONEL L. PALOMÁ, FABIAN SERRANO. Proyecto "SISMATYCO Educación en Ingeniería, XVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. Cartagena, agosto 30 1996

LEONEL L. PALOMÁ, LUZ ADRIANA OSORIO. "SISMATYCO" Un aporte a la docencia Universitaria?. Revista ÁNFORA, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, segundo semestre 1994.

LEONEL L. PALOMÁ, MAURICIO JARAMILLO, FABIAN SERRANO. Una propuesta para mejorar el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Computación. Memorias. Primera Conferencia Latinoamericana de Facultades de Ingeniería de Sistemas. Universidad Piloto de Colombia, Santafé de Bogotá, mayo 1994.

* **Leonel L. Palomá P.**
Universidad Autónoma de Manizales, Manizales.
A.A. 441
Fax 968-810290
Email: leopa@server.uautomz.edu.co

FÍSICA MECÁNICA: UN LABORATORIO VIRTUAL

Rubén Darío Flórez Hurtado I.E.
Carlos Alberto Cortés Aguirre I.E. Esp. Automatización Industrial
Profesores: Universidad Autónoma de Manizales
Antigua Estación del Ferrocarril
Teléfono (968) 810339
A.A. 441. Manizales

Resumen: Se presenta una herramienta computacional en lenguaje gráfico, que a través de la captura de señales del mundo físico, permite a sus usuarios un contacto más directo con la teoría brindada en el aula de clase, acompañada de una metodología que se inicia con la percepción directa del fenómeno, continuando con la realización de cambios en los parámetros del modelo adecuado para cada práctica, permitiendo así, que el estudiante formule análisis cualitativos y cuantitativos del comportamiento del sistema, deduciendo y concluyendo intuitivamente la veracidad de las leyes y principios físicos.

Actualmente la Universidad Autónoma de Manizales, en sus programas de Ingeniería de Sistemas y Tecnología en Electrónica y Automatización Industrial, tiene implementadas como prácticas: movimiento uniforme, caída libre, movimiento parabólico, movimiento armónico simple, conservación de energía.

La herramienta computacional desarrollada es flexible y versátil, pudiendo ser utilizada con un mínimo de ajustes en la implementación de otros laboratorios, siendo un interesante aporte académico a disposición de las facultades y colegios interesados.

INTRODUCCIÓN

Nuestras entidades educativas, deben al momento de tomar la decisión de dotar, implementar y poner en funcionamiento con los elementos básicos, un laboratorio ya sea de física, electrónica, control automático u otro, solucionar dos interrogantes, uno al evaluar las diversas alternativas tecnológicas que se les presentan y otro, al analizar los pocos recursos disponibles para su inversión:

- 1.- ¿Cuáles equipos se adaptan mejor a nuestras necesidades y presupuesto?
- 2.- ¿Cuáles equipos nos sirven para un mayor número de prácticas, y por consiguiente son útiles para un mayor número de estudiantes?.

El presente proyecto surge a partir de estos cuestionamientos, y pretende convertirse en alternativa digna de tener en cuenta al momento de implementar un laboratorio orientado a la instrumentación en física mecánica, y de inmediata aplicación en los laboratorios de física electrodinámica, electrónica, robótica y control asistido por computador, actualmente al servicio de los estudiantes de la Universidad Autónoma de Manizales.

LABORATORIO CONVENCIONAL VS. LABORATORIO VIRTUAL.

Si bien, tener un laboratorio tradicional, tiene como atractivo el conocimiento de máquinas novedosas que en algunos casos nos transportan a los albores de la física, sus desventajas radican en:

- .- Costos excesivos: incrementados aún más por el carácter de exclusividad de los equipos.
- .- No permitir ser utilizados en otras prácticas (cero funcionalidad y flexibilidad)
- .- Los equipos son de manejo y tenencia exclusiva del ente educador: resultan costosos para posesión personal.
- .- Prácticas demostrativas: Los estudiantes asisten con una actitud pasiva y en algunos casos con apatía. Cobra vigencia la premisa "ver y no tocar" pues se corre el riesgo de dañar los equipos.
- .- Mantenimiento y reparación onerosa, ya que la mayoría de los equipos son importados.

Afortunadamente el veloz desarrollo de tecnologías en áreas como la electrónica y la informática, involucran y afectan de manera notable y positiva la educación, haciéndose posible, además de necesaria, la inclusión, en la formación de nuestros educandos, de ayudas educativas "inteligentes", que permitan abrir nuevas perspectivas metodológicas antes vedadas al común de los estudiantes. Se propone así, inyectarle a los laboratorios de física una alta dosis de creatividad e innovación de forma tal que, con el computador como soporte principal, sea posible rediseñar las prácticas tradicionales de los diversos laboratorios de física, y diseñar otras nuevas, ampliando y profundizando en sus objetivos.

El laboratorio virtual para física mecánica cumple con el objetivo principal de "controlar el mundo físico". Se dotó entonces al computador de los elementos necesarios para lograr que "sintiera y controlara" lo que sucedía a su alrededor. Entre sus principales ventajas tenemos:

- .- Económicas: Los costos directos son pequeños en comparación con los de un laboratorio de física tradicional. (varias veces menor)
- .- Tecnológicas y Académicas: Al emplear tecnologías de punta se realza el nivel académico y el estudiante se ve enfrentado a manejar un lenguaje y unos equipos que le permiten estudiar y comprender los fenómenos cotidianos con bastante claridad y profundidad.

- .- Sociales: Los directos beneficiados son los educandos quienes son los encargados de realizar su propia instrumentación, garantizando esto la originalidad de la práctica y un notorio incremento en su proyección académica y futura profesión.
- .- Funcionalidad y flexibilidad: Aunque el sistema de adquisición de datos está inicialmente concebido para ser aplicado en los laboratorios de física, puede utilizarse en aquellas áreas donde se requiera realizar instrumentación electrónica asistida por computador, como: laboratorios de electrónica - Instrumentación biomédica - Instrumentación en agrónoma - Instrumentación en química - Control de procesos - Robótica - Instrumentación Industrial.
- .- Fácil manipulación
- .- Fácil mantenimiento
- .- El número de prácticas posibles está limitado solo por la creatividad de sus usuarios.

DESCRIPCIÓN

Cada puesto de trabajo está compuesto por un computador personal (Macintosh ó compatible PC), una interfaz para instrumentación y captura de datos, un riel para la realización de prácticas sobre movimiento, una celda de carga para la detección de fuerzas estáticas y dinámicas, un conjunto de detectores de luz infrarroja para la detección del cruce de un móvil por determinado punto, y software de programación realizado en un lenguaje gráfico de alto nivel. En general, el sistema presenta las siguientes características:

Programación en lenguaje gráfico (G) que permite bastante facilidad en su manejo.

Comunicación serie a alta velocidad. Simplifica el cableado entre la interfaz y el microcomputador.

Capacidad de trabajo en tres plataformas: Macintosh, PC y SUN.

Fabricada con elementos de fácil consecución en los mercados locales.

Ocho (8) salidas digitales en el rango 0 .. 5Vdc

Ocho (8) entradas análogas en el rango 0 .. 5Vdc para graficar y cuantificar señales del mundo físico, tales como:

Fuerzas estáticas (báscula)

Fuerzas dinámicas (sistema masa-resorte)

Voltaje y corriente (carga /descarga de condensadores)

Temperatura

Luminosidad

Comunicación de datos por radiofrecuencia para posicionar servomotores.

Una (1) salida análoga en el rango 0..5v: Para la generación de algunos tipos de ondas de frecuencia variable: Pulso - Senoidal - Cuadrada - Triangular

Seis (6) entradas digitales en el rango 0 .. 5Vdc.

Un (1) contador de pulsos de alta velocidad.

Opciones de medida de tiempo: Se dispone de un reloj en tiempo real con varias aplicaciones:

Cáida libre: Se activa un relé con una salida digital y se mide el tiempo transcurrido entre la desactivación de éste y el cerrado de un interruptor indicando que el móvil ha llegado a su destino.

Movimiento continuo: Para monitorear el movimiento continuo de un objeto desde un mismo punto.

Compuerta: Para medir el intervalo de tiempo que permanece bloqueado cualquier canal de tiempo. (Útil para medir longitudes).

Pulso: Es una de las más importantes. Se mide el intervalo de tiempo que transcurre entre el bloqueo de un primer canal de tiempo y el bloqueo de un segundo canal, para determinar velocidades.

Armónico: Para medir el período de un movimiento armónico como el sistema pendular y el sistema masa-resorte.

Colisión: Para medir los intervalos de tiempo en que permanecen bloqueados dos canales de tiempo independientemente.

Aunque inicialmente, el objetivo fundamental del proyecto es facilitar la adquisición de conocimientos y realizar instrumentación en laboratorios de física, su aplicación puede extenderse a otras áreas como la robótica y el control de procesos, donde actualmente se han diseñado e implementado diversas prácticas:

Controladores de posición mediante 16 servomotores.

Control de temperatura, control de velocidad, control de nivel para tanque.

Aprendizaje de trayectorias.

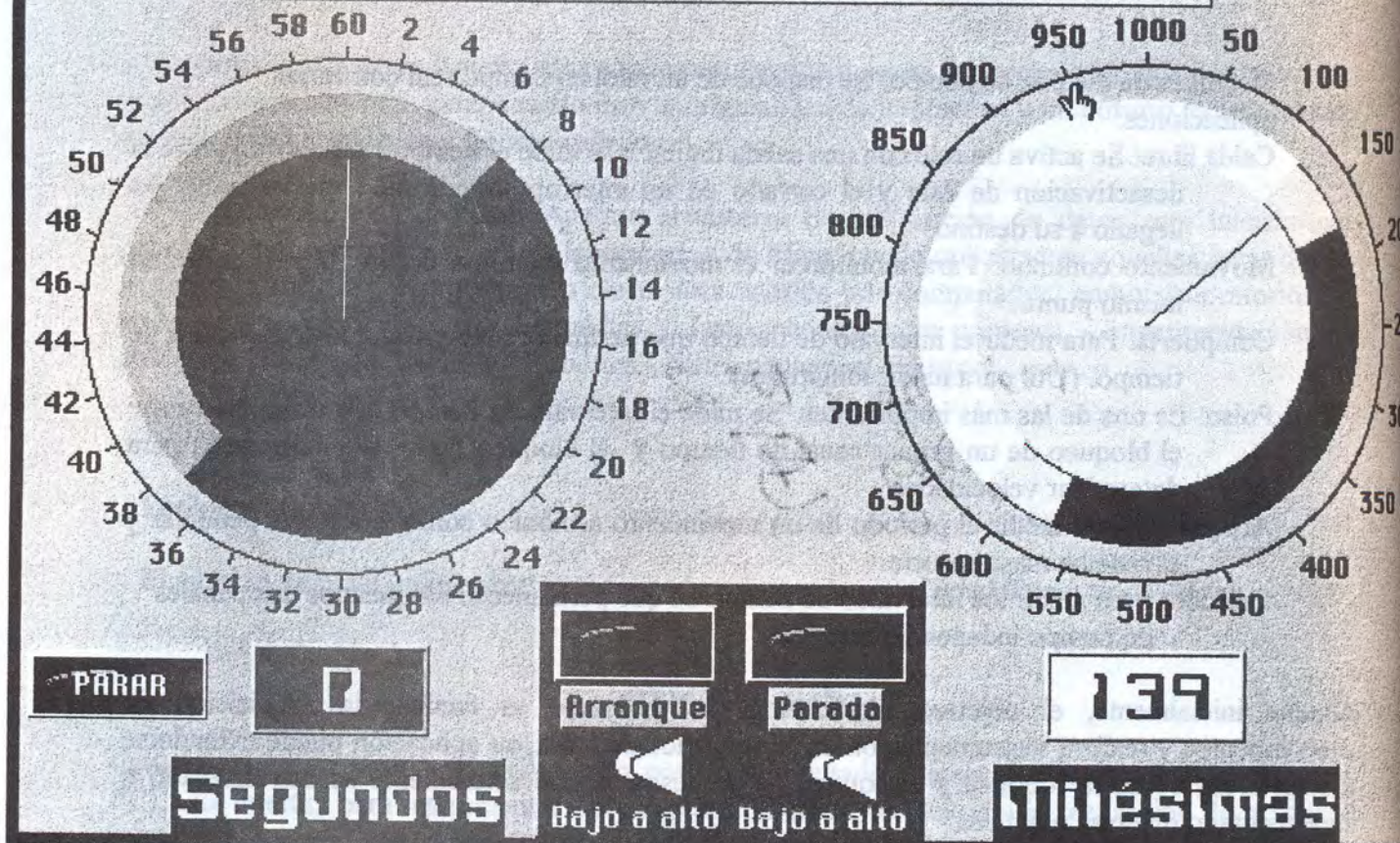
Radar fotoeléctrico.

Posicionamiento de servomotores por medio de radiofrecuencia.

Contador de piezas para líneas de producción, entre otras.

Fig. N° 1

Medición de tiempo para Caída Libre



Descripción de un laboratorio tipo

- Percepción del fenómeno
- Elección del modelo adecuado.
- Instrumentación necesaria para la captura de las señales.
- Implementación en LabVIEW
- Simulación, relación entre variables y planteamiento de conclusiones.

Instrumentos y medios: Se requiere de los siguientes recursos:

- Recursos humanos
- Recursos materiales
- Componentes e instrumentos electrónicos
- Computador personal
- Interfaz para adquisición de datos
- Software: LabVIEW ver.4.0 bajo Windows ó Macintosh
MS-Windows 3.1 o superior
- Recursos bibliográficos
- Recursos locativos

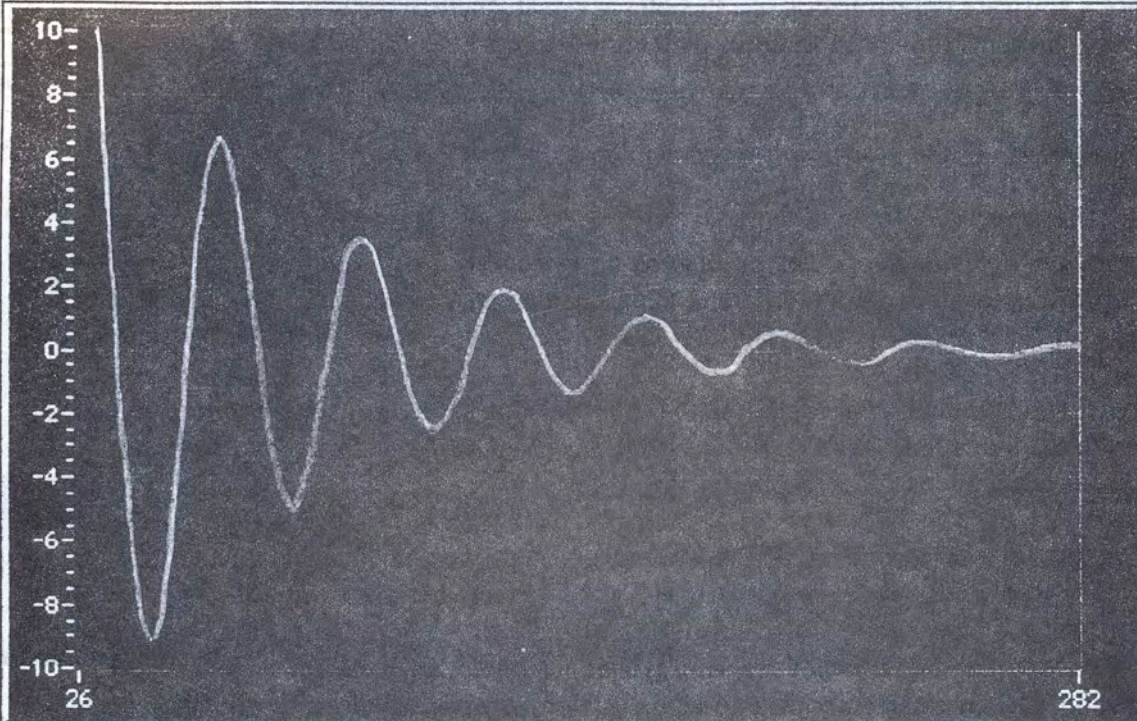
CONCLUSIONES

- * El hardware y software desarrollados son flexibles y versátiles, de inmediata aplicación con el mínimo de ajustes, en la instrumentación de otros laboratorios tanto de física como robótica y control.
- * A nivel regional, es un interesante aporte académico a disposición de entidades educativas y demás interesados.
- * Su uso aclara múltiples interrogantes originados en el aula de clase, dada la cantidad de formalismos teóricos que dejan poco tiempo para la experimentación y el contacto directo con el mundo físico real.
- * La importancia y necesidad de apropiar tecnología (fomentar la investigación aplicada), y propiciar la reconversión industrial, presentan un futuro prometedor para continuar investigando a partir de los resultados académicos del presente trabajo.
- * Debemos recordar, que los desarrollos tecnológicos cada vez nos llegan más rápido: Mientras para desarrollar la fotografía se emplearon 112 años, y para el teléfono 80 años, a partir del descubrimiento del transistor que solo tardó 5, el lapso de tiempo entre los grandes descubrimientos de nuestro tiempo es cada vez menor, y campos como la educación no pueden ser ajenos a esta situación. Deben estar en constante actualización. Aprovechando estos tiempos de mercados abiertos para apropiar y desarrollar nuestra propia tecnología, nuestros educandos serán competitivos si desde hoy les inculcamos y damos la oportunidad de trabajar con equipos modernos, para lo cual no se requieren exageradas inversiones. El punto de partida es aceptar el reto, confianza y voluntad para enfrentar con éxito la tarea de educadores de hombres que miran hacia el próximo milenio.

BIBLIOGRAFÍA

1. COOPER, WILLIAM D. Y HELPER, ALBERT D. Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, 1991, México: Prentice Hall Hispanoamericana.
2. JOHNSON W, GARY. LabVIEW graphical programming: Practical Applications in instrumentation and control, 1994 New York: Mc Graw Hill Inc.
3. MORRIS, ALAN S. Principles of measurement and instrumentation, 1993, UK: Prentice Hall International.
4. NATIONAL Instruments: LabVIEW 4.0 manuales de usuario.
5. PALLAS, ARENY RAMÓN. Transductores y acondicionadores de señal, 1989 Barcelona: Marcombo Boixareu.

Gráfica para un Sistema MASA - RESORTE



Control panel with various icons: a square with a plus sign, a square with a minus sign, a square with a left arrow, a square with a right arrow, a square with a double left arrow, a square with a double right arrow, a square with a left arrow and a plus sign, and a square with a left arrow and a minus sign.

Label:

Control panel with a square containing a plus sign and a square containing a right-pointing arrow.

Ultimos 4096 datos

PARAR

LAS CIENCIAS BASICAS: UNA DISCULPA PARA ENSEÑAR A PENSAR

Autores:

*** Yaneth Rocío Orellana**

**** Ligia Beleño Montagut**

* Licenciada en Matemáticas, Maestría en enseñanza de las matemáticas (en curso). Profesora de la facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

** Física, Maestría en Física (en curso). Profesora de la facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

RESUMEN

Hoy más que nunca es un hecho que el problema de la educación no es un problema de información, sino un problema de formación. Dado que la información está por todas partes y es posible acceder a ella desde cualquier sitio, lo importante es tener la capacidad para comprender esa información estructurándola y resignificándola; es por esta razón que en las ciencias básicas se debe enseñar a los alumnos básicamente a pensar, en otras palabras, herramientas intelectuales.

En los casi dos años que llevamos implementando el aprendizaje estratégico en nuestras clases en la universidad, hemos notado cómo nuestros estudiantes han desarrollado sus operaciones intelectuales y lo más significativo de esta experiencia, han adquirido habilidades para aprender a aprender por su propia cuenta, y para aprender a pensar con las consabidas ventajas que el saber pensar tiene tanto para el profesor como para el alumno.

1. CUAL ES EL PROBLEMA?

Gran parte de nuestro aprendizaje escolar fue información, muy poco operaciones Intelectuales. De las informaciones que aprendimos al transitar por la escuela tradicional, la mayoría abandonaron nuestra inteligencia, ya no habitan en ningún espacio mental. Fuimos solo instruidos, no formados intelectualmente^[1].

Durante mucho tiempo (hasta diez años atrás), se pensaba que los estudiantes que guardaban en su memoria la mayor cantidad de información por unidad de tiempo eran más inteligentes, debido a que el acceso a la información en ese entonces era dispendioso; la información se encontraba en

las bibliotecas, y en sitios muy puntuales. Hoy en día, gracias a los grandes desarrollos en las comunicaciones, puede tenerse acceso a cualquier tipo de información del mundo en cuestión de segundos, desde nuestra casa, nuestra oficina y prácticamente desde cualquier lugar; por esta razón, hoy es más importante la habilidad para plantear y para resolver problemas con el análisis adecuado y la habilidad para comunicar a los demás las soluciones planteadas.

“En el análisis presentado en el documento de los sabios se vió que Colombia acusa serios problemas en el campo de la educación reflejados en las altas tasas de repitencia, deserción, deficiencia docente y pedagógica, inadecuados materiales e infraestructuras, indisciplina y falta de educación para la democracia y la competencia. Se añade la inexistencia de un currículo integrador que estimule la creatividad y fomente las destrezas del aprendizaje, lo que actualmente contribuye al bajo nivel general de la educación, además de la falta de información actualizada y de materiales adecuados”^[2].

Todos los problemas mencionados en el párrafo anterior, evidencian que se están cometiendo errores en la educación escolar, pensamos que uno de los más importantes es el no enseñar procesos de pensamiento a los estudiantes como son: deducir, inducir, argumentar, derivar, ejemplificar, proposicionalizar, entre otros¹.

La ley general de educación propone que se cambie también la metodología de la enseñanza, puesto que lo importante ya no es que los alumnos vean ciertos temas, sino que éstos sirvan de puente para que el alumno se forme en su desarrollo mental, afectivo y psicomotor, consciente y voluntario, en donde el educador es asesor metodológico antes que expositor temático^[3].

Los docentes, a través de los temas de una determinada asignatura pretendemos desarrollar la inteligencia de nuestros alumnos, y resulta que la inteligencia humana es un conjunto binario con dos elementos: instrumentos y operaciones.

“Aquello que conoce una persona y le sirve para interpretar y comprender situaciones o ideas son sus instrumentos de conocimiento. Las habilidades cognoscitivas mediante las cuales pone a funcionar los instrumentos de conocimiento son sus operaciones intelectuales”^[1].

De nada vale que hagamos un gran esfuerzo para que los estudiantes se apropien de instrumentos de conocimiento si no nos esforzamos también por el desarrollo de sus operaciones intelectuales. Así pues, estamos frente a una gran verdad: un profesor que promueva la inteligencia debe fortalecer las operaciones intelectuales, es decir enseñar a pensar².

¹ Para complementar estas ideas, véase la revista Educación y Cultura de FECODE, mayo de 1.996. COLOMBIA AL FILO DE LA OPORTUNIDAD: Informe Conjunto, Misión Ciencia, Educación y Desarrollo, 1.994.

² Varias de las ideas que aparecen a través de esta reflexión son tomadas del seminario “¿Cómo potenciar la inteligencia?”, dictado por el Dr. Miguel de Zubiría Samper. 1.997.

2. COMO SOLUCIONARLO?

2.1 Enseñando a aprender y a pensar

Dentro de la formación de los estudiantes, el reto más importante para la escuela del siglo XXI es desarrollar la capacidad de pensar eficazmente en los alumnos.

En la edad media era relativamente sencillo “ser sabio”, actualmente la cantidad de conocimiento es tan grande que hay que especializarse y superespecializarse para alcanzar un modesto dominio en algún campo del conocimiento científico. El conocimiento asociado a una cultura crece a ritmo acelerado y es afortunado que el cerebro humano no necesite tener toda la información existente.

Así pues, lo interesante sería que cuando el estudiante acceda al pantallazo y se encuentre frente a la información, pueda entenderla, lo que la escuela debe hacer entonces es desarrollar los procesos de pensamiento.

Cuando se analiza la necesidad de enseñar y aprender a pensar dentro de un grupo de docentes universitarios, la preocupación crece, pues en nuestras manos se encuentra la última oportunidad para que esas personas que estamos ayudando a formar, aprendan a pensar y a aprender por su propia cuenta, y es que estamos ubicados en el escalón final de la pirámide de la educación formal, y aquí aún tenemos la posibilidad de formar las mentes de los estudiantes para lograr:

- Un aprendizaje autorresponsable para toda la vida: hoy en día un factor decisivo en el éxito profesional es la disponibilidad para aprender, para un profesional, el aprendizaje ya no puede ser predeterminado por segundos o terceros, y cada día más los títulos académicos y los diplomas que en la actualidad juegan un papel decisivo en las carreras profesionales van siendo desplazados por la capacidad para aprender a aprender.
- Un aprendizaje motivado: necesitamos que para nuestros alumnos el aprendizaje tenga un carácter de ocio, para lo cual la motivación debe estar dentro del proceso de aprendizaje.
- Un aprendizaje autónomo: debe ser el propio aprendiz, quien fije el tiempo, la velocidad y el camino del aprendizaje.
- Entrenamiento según la demanda: el aprendizaje viene hacia el aprendiz, a su puesto de trabajo, a la oficina donde labora o a su casa. Los alumnos deben prepararse para un aprendizaje individual, en el momento preciso, en el lugar preciso^[4].

Cuando hablamos acerca de las ventajas que tiene para los estudiantes el aprender a pensar eficazmente, concluimos que no solamente es importante considerar que pensar en forma correcta mejoraría considerablemente el rendimiento académico de los estudiantes, sino que lo verdaderamente importante es que hoy en día pensar eficazmente no es una habilidad deseable sino imprescindible para la supervivencia personal, laboral y social.

Estamos convencidas de que más importante que enseñar datos a nuestros estudiantes a través de las distintas asignaturas que impartimos, es desarrollar en las personas mentes críticas, que hayan desarrollado competencias para saber qué es o no aplicable y ventajoso en un sentido global y

ético de todo el cúmulo indiscriminado de datos que estamos recibiendo a cada momento en la era de la información.

En nuestro caso, y para lograr el objetivo de enseñar a pensar a nuestros estudiantes, hemos optado por el Aprendizaje estratégico, que implica una metodología donde el enseñar a los estudiantes la mejor forma de acceder al conocimiento específico que impartimos, se hace de forma planeada e intencional y no por casualidad como ocurre en las metodologías tradicionales.

2.2 Utilizando el aprendizaje estratégico

Una clasificación de los tipos de pensamiento muy conocida es la siguiente:

- **Pensamiento reactivo:** Caracterizado porque es pegado a los datos, trata de copiar exactamente el mensaje para poder reproducirlo y no controla su comprensión.
- **Pensamiento relacionante:** En el cual se hace un esfuerzo de conexión entre la información que se posee y la nueva información.
- **Pensamiento inquisitivo y extensivo:** Este tipo de pensamiento no solo activa los conocimientos adquiridos con anterioridad para tratar de comprender, sino que además se cuestiona acerca de la corrección del mensaje y se plantea los propósitos y la intencionalidad del emisor.

El ideal educativo sería formar estudiantes que posean un pensamiento inquisitivo y extensivo que no sea pegado a los datos como es el caso del pensamiento reactivo, ni que se quede en la tarea de relacionar los nuevos conocimientos con los conocimientos previos que posee el aprendiz, sino que además se produzca un pensamiento crítico y divergente. Una forma de desarrollar este tipo de pensamiento, es la aplicación de estrategias de aprendizaje, entendidas como:

“ Actos intencionales coordinados y contextualizados que consisten en aplicar una serie de métodos y procedimientos que median entre la información y el sistema cognitivo, con el fin de alcanzar un objetivo de aprendizaje”^[5].

Del párrafo anterior observamos que el papel del profesor es el de actuar como mediador entre el conocimiento (información) y el aprendiz, para lo cual el profesor tiene que proporcionar nuevos conocimientos que se puedan relacionar con los que el alumno ya tiene. Para facilitar este proceso, tanto el profesor como el estudiante deben conocer el “Punto de partida conceptual” si quieren avanzar de un modo más eficiente en el aprendizaje significativo.

En el epígrafe de su libro Psicología Educativa, David Ausubel afirma: “Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese en consecuencia”^[6].

2.3 Siendo mediadores en el proceso de aprendizaje.

Para el aprendizaje estratégico se necesita de un profesor estratégico, que diseñe las estrategias y actúe como mediador en los procesos de aprendizaje; además, se necesita de un alumno estratégico que planee conscientemente cada una de las acciones que va a realizar en la tarea de apropiarse de un conocimiento específico.

Somos conscientes de que en la formación integral de un ingeniero es imprescindible hacer énfasis en el desarrollo de habilidades de pensamiento del estudiante, las cuales les permitan enfrentar eficazmente los retos que la tecnología les presenta día a día. Para formar un estudiante que piense estratégicamente, que haga un aprendizaje significativo y que desarrolle habilidades para aprender a aprender, se requiere de un profesor estratégico que actúe como mediador en los procesos de aprendizaje.

Si bien es cierto que muchas veces utilizamos la frase “el alumno es responsable de su propio aprendizaje” en la cotidianidad de nuestra labor educativa, también es cierto que el profesor desempeña un papel primordial al actuar como agente activo que media entre el alumno (principal protagonista y agente activo del aprendizaje), y la cultura o información (concretada en los contenidos del currículo) y hace posible que estos dos elementos entren en contacto.

A la mayoría de las asignaturas, los estudiantes llegan con una marcada tendencia al aprendizaje memorístico, lo cual les impide desarrollar procesos de pensamiento que les permitan analizar, razonar lógicamente, deducir y en general realizar funciones psicológicas superiores. Aquí es donde el profesor debe intervenir para dar a los estudiantes estrategias de autorregulación.

Si deseamos que nuestros alumnos logren un aprendizaje significativo debemos enseñarles estrategias de control y autorregulación que permitan la retroalimentación en el proceso de aprendizaje y creen alumnos autosuficientes a la hora de aprender. Si no enseñamos estrategias de autorregulación, el proceso de aprendizaje se detiene cuando el alumno aprende el contenido y solo provocaremos un aprendizaje mecánico.

La autorregulación y el control pueden enseñarse, pero se requiere para ello que el docente sea él mismo un profesor estratégico, consciente de las relaciones que crea entre los conceptos que sabe y aprende, y los procedimientos que mejor le sirven para crear estas relaciones. El profesor no solo debe ser estratégico en su aprendizaje, sino también en su acción docente, lo cual implica la planificación, regulación y evaluación de su acción educativa.

Así pues, seremos profesores estratégicos cuando seamos capaces de enseñar a nuestros alumnos a ser aprendices expertos, enseñándoles estrategias de aprendizaje y siendo capaces de autorregular nuestra acción educativa por la utilización de estrategias de enseñanza.

3. RESULTADOS

Con el ánimo de verificar si las estrategias aplicadas en nuestras clases de matemáticas y física estaban surtiendo efectos positivos en los procesos de aprendizaje de nuestros alumnos, diseñamos una serie de preguntas abiertas, que permitieran a los estudiantes opinar de manera personal al respecto. Las respuestas de los estudiantes a las preguntas realizadas fueron las siguientes:

De 16 formas de estudiar expuestas por los estudiantes encuestados (107), se destacan las siguientes: El 86% de ellos considera que su método de estudio fundamental son las consultas y ejercicios en otros textos; el 57.9% realiza los talleres en grupo diseñados previamente por el profesor y el 31.8% estudia por los apuntes tomados en clase.

De 13 actividades desarrolladas por el profesor durante la clase, planteadas por los estudiantes: el 42.9% de los alumnos opina que los puntos positivos asignados por su participación han contribuido para su aprendizaje, el 30.4% dice que los talleres han contribuido, el 25% está a favor de las exposiciones con retroalimentación y el 19.6% opina que los trabajos en grupo y los trabajos dirigidos son los que más han contribuido.

De 11 cambios percibidos por los estudiantes respecto a su forma de pensar, al finalizar las clases, sobresalen los siguientes: el 39.2% ha desarrollado su capacidad de análisis, el 27.5% ha desarrollado habilidades lógicas y el 21.6% ha cambiado su forma de estudiar y de ver la materia.

4. CONCLUSIONES

- Actualmente podemos afirmar que es posible enseñar a pensar de manera eficaz.
- Al analizar el por qué es deseable enseñar a pensar con eficacia, encontramos que son muchas las ventajas que se obtienen, no solo para el alumno, sino también para el profesor.
- Para lograr el éxito profesional en el futuro, será indispensable pensar eficazmente.
- El tipo de pensamiento flexible, adaptativo y estratégico que deseamos posean nuestros estudiantes, debe construirse y desarrollarse durante la enseñanza de cada una de las asignaturas que conforman el currículo de la carrera.
- Para que un alumno llegue a ser un aprendiz experto y estratégico, debe tener como herramientas:
 - Piezas fundamentales que lo conduzcan a ideas sólidas.
 - Una buena metodología de estudio.
 - Un profesor que planifique, regule y evalúe su acción docente de acuerdo con el contenido, el lugar y el estudiante.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DE ZUBIRIA SAMPER, Miguel, Instrumentos y Operaciones Intelectuales, Módulo 4, 1.996, Santafé de Bogotá, Pág. 3-9.
- [2] FIALLO, Jorge Enrique, Reflexión sobre la ley general de educación en Colombia, 1.997, Bucaramanga, Pág. 1-4.
- [3] CAJAMARCA Rey, Carlos Enrique, Aprender a educarse ser y obrar, 1.995.
- [4] HAGMANN, Volker, Revista Contact 97/I, "Nuevos rumbos en la enseñanza de la electrotecnia y electrónica con multimedia, Ed. Leybold Didactic GmbH, Pág. 26-27.
- [5] CASTRO DE PICO, Aura Luz, y REINAUD, Adelia, Seminario estrategias de enseñanza y aprendizaje, 1.996, Bucaramanga, Pág. Módulos 6, 8 y 9.
- [6] AUSUBEL, David, Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo, 1.978, México.

EL CONCEPTO DE CONEXION EN EL ANALISIS CINEMATICO DE MECANISMOS

Ingeniero Jaime Sánchez Rodríguez, Facultad de Ingeniería - Universidad del Valle

RESUMEN:

Al efectuar una revisión de diferentes textos de Dinámica (1) a (12), se encuentra que los autores de estos nunca tratan el problema de análisis cinemático de los mecanismo como el análisis de un sistema de cuerpos que están conectados y para el cual las relaciones cinemáticas que se pueden establecer entre los puntos coincidentes de los cuerpos conectados o en contacto dependen del tipo de conexión o contacto entre estos cuerpos.

En este trabajo se propone analizar los mecanismos como un sistema de cuerpos conectados, cuyas relaciones cinemáticas se pueden plantear en función del tipo de conexión o contacto existente entre los cuerpos del sistema. Esto facilita la solución de problemas de cinemática de cuerpos rígidos.

1. INTRODUCCION

Los mecanismos son sistemas de cuerpos rígidos en contacto o conectados de tal manera que existe movimiento relativo entre ellos. En mecanismos planos el contacto o conexión entre los cuerpos puede ser:

- a) Conexión por pasador.
- b) Contacto por rodadura, la cual puede ser pura (sin deslizamiento) o con deslizamiento.
- c) Contacto deslizante, el cual puede efectuarse sobre un cuerpo fijo o sobre uno móvil.

2. RELACIONES CINEMATICAS ENTRE PUNTOS DE LOS CUERPOS DE UN MECANISMO.

En el análisis cinemático de los mecanismos se debe tener claro que solo se pueden establecer relaciones cinemáticas entre:

- I Puntos pertenecientes al mismo cuerpo rígido.
- II Puntos coincidentes de cuerpos que están conectados o están en contacto.

En el caso I, de acuerdo a la figura 1, las relaciones cinemáticas entre las velocidades y aceleración de A y B pertenecientes al mismo cuerpo rígido son:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{\omega} \times \vec{r}_{AB} \quad (1)$$

$$\vec{A}_B = \vec{A}_A + \vec{\alpha} \times \vec{r}_{AB} + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}_{AB}) \quad (2)$$

Donde los vectores $\vec{\omega}$ y $\vec{\alpha}$ son los vectores velocidad angular y aceleración angular del cuerpo, respectivamente.

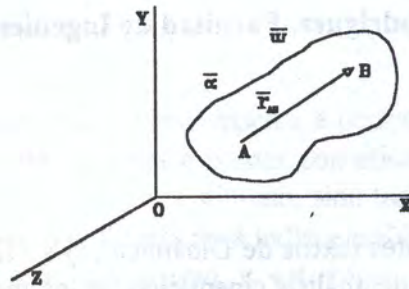


Fig. 1 Puntos del mismo cuerpo rígido

En el caso II, las relaciones cinemáticas a plantear dependen del tipo de conexión o contacto entre los cuerpos.

Cuando los cuerpos están conectados por pasador, como se muestra en la figura 2, los vectores velocidad y aceleración del punto coincidente (el pasador) son los mismos si este punto se considera perteneciente a uno u otro de los cuerpos conectados.

En este caso las relaciones entre vectores velocidad y aceleración de los puntos B_2 del cuerpo (2) y B_3 del cuerpo (3) son:

$$\vec{V}_{B_2} = \vec{V}_{B_3} \quad (3)$$

$$\vec{A}_{B_2} = \vec{A}_{B_3} \quad (4)$$

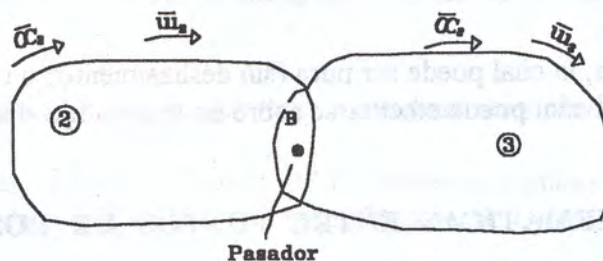


Fig. 2 Cuerpos conectados por pasador

Cuando el contacto es de rodadura pura, figura 3, los puntos coincidentes de los cuerpos en contacto tienen el mismo vector velocidad, pero solo la componente tangencial (a las superficies en contacto) de la aceleración será igual; mientras que la componente normal de la aceleración será diferente. O sea,

$$\vec{V}_{P2} = \vec{V}_{P1} \quad (5)$$

$$\vec{A}_{P2}^t = \vec{A}_{P1}^t \quad (6)$$

$$\vec{A}_{P2}^n \neq \vec{A}_{P1}^n$$

En cuerpos que ruedan siempre va a ser posible calcular la componente normal de la aceleración del centro del cuerpo que rueda, pues se conoce su trayectoria.

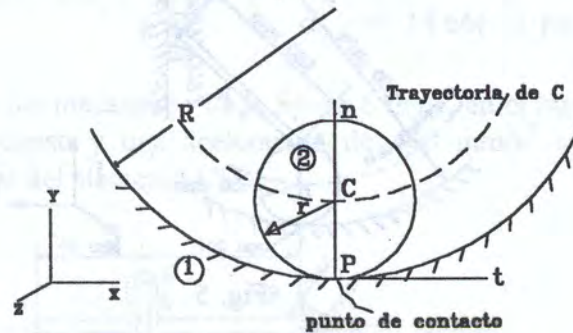


Fig. 3 Cuerpos en contacto por rodadura

En aquellas situaciones en las cuales el contacto es deslizante, figura 4, los puntos coincidentes de los dos cuerpos en contacto no tienen igual velocidad ni igual aceleración; sino que existe una velocidad relativa y una aceleración relativa entre los puntos coincidentes. Las relaciones cinemáticas entre el punto B₂ perteneciente al cuerpo (2) y el punto B₄ perteneciente al cuerpo (4) son;

$$\vec{V}_{P4} = \vec{V}_{P2} + \vec{V}_{P4/P2} \quad (7)$$

$$\vec{A}_{P4} = \vec{A}_{P2} + \vec{A}_{P4/P2} + 2\vec{\omega}_2 \times \vec{V}_{P4/P2} \quad (8)$$

Para plantear las ecuaciones correctamente es importante reconocer el movimiento relativo conocido.

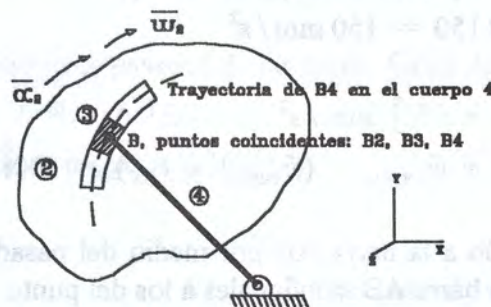


Fig. 4 Cuerpos en contacto deslizante

Cuando el deslizamiento es sobre un cuerpo fijo, la velocidad angular del cuerpo sobre el cual se desliza es cero lo mismo que la velocidad y la aceleración del punto coincidente de este cuerpo. Las relaciones se reducirán.

$$\vec{V}_{P4} = \vec{V}_{P4/P2} \quad (9)$$

$$\vec{A}_{P4} = \vec{A}_{P4/P2} \quad (10)$$

3. EJEMPLOS:

3.1. Ejemplo 1: El disco de la figura 5 rueda sin deslizar sobre una superficie curva fija. En la posición mostrada su velocidad y aceleración angular tienen sentido horario y sus magnitudes son 3 rad./s. y 5 rad./s², respectivamente. Determine la aceleración angular de la barra AB.

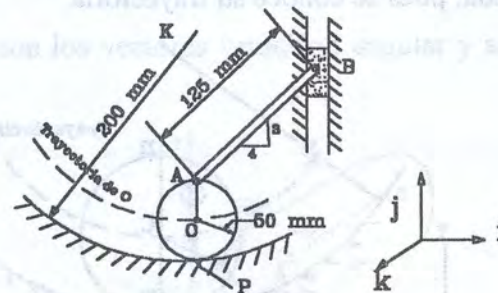


Fig. 5

Solución

El contacto en P entre el disco y la superficie curva es por rodadura pura. Por lo tanto se cumplirá que el vector velocidad y la componente tangencial de la aceleración del punto P del disco y del punto P de la superficie curva fija son iguales. Por lo tanto, en el disco

$$\vec{V}_P = 0$$

$$\vec{A}'_P = 0$$

$$\vec{V}_O = \vec{V}_P + \vec{\omega}_{\text{DISCO}} \times \vec{r}_{PO} = 0 + 3(-\hat{k}) \times 50\hat{j} = 150\hat{i} \text{ mm/s}$$

$$\vec{V}_A = \vec{V}_P + \vec{\omega}_{\text{DISCO}} \times \vec{r}_{PA} = 0 + 3(-\hat{k}) \times 100\hat{j} = 300\hat{i} \text{ mm/s}$$

$$\vec{A}'_O = \vec{A}'_P + \vec{\alpha}_{\text{DISCO}} \times \vec{r}_{PO} = 0 + 5(-\hat{k}) \times 50\hat{j} = 250\hat{i} \text{ mm/s}^2$$

Además, como se conoce la trayectoria de O, se tendrá que

$$A^n_O = (V_O)^2 / \rho = (150)^2 / 150 = 150 \text{ mm/s}^2$$

Obteniéndose,

$$\vec{A}_O = \vec{A}'_O + \vec{A}^n_O = 250\hat{i} + 150\hat{j} \text{ mm/s}^2$$

$$\vec{A}_A = \vec{A}_O + \vec{\alpha}_{\text{DISCO}} \times \vec{r}_{OA} + \vec{\omega}_{\text{DISCO}} \times (\vec{\omega}_{\text{DISCO}} \times \vec{r}_{OA}) = 500\hat{i} - 300\hat{j} \text{ mm/s}^2$$

Como el disco está conectado a la barra AB por medio del pasador A, los vectores velocidad y aceleración del punto A de la barra AB son iguales a los del punto A del disco.

La barra AB está conectada por pasador al bloque deslizante, el cual desliza sobre una superficie rectilínea fija. De acuerdo a esto, el punto B tendrá movimiento rectilíneo a lo largo de la dirección de deslizamiento y entonces la velocidad y la aceleración del punto B de la barra AB tendrán dirección vertical.

En la barra AB se tendrá las siguientes relaciones,

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{AB} = 300\hat{i} + \omega_{AB}\hat{k} \times (100\hat{i} + 75\hat{j}) = 300\hat{i} + 100\omega_{AB}\hat{j} - 75\omega_{AB}\hat{i}$$

$$\vec{a}_B = \vec{A}_A + \vec{\alpha}_{AB} \times \vec{r}_{AB} + \vec{\omega}_{AB} \times (\vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{AB}) = 500\hat{i} - 300\hat{j} + \alpha_{AB}\hat{k} \times (100\hat{i} + 75\hat{j}) + \omega_{AB}\hat{k} \times [\omega_{AB}\hat{k} \times (100\hat{i} + 75\hat{j})]$$

Al resolver las dos ecuaciones escalares en i y en j se obtiene, los valores de ω_{AB} , V_B , α_{AB} y a_B

$$\vec{A}_B = -2966\hat{j} \text{ mm/s}^2 \qquad \vec{\alpha}_{AB} = 14.66(-\hat{k}) \text{ rad/s}$$

3.2. Ejemplo 2: El bloque B del mecanismo de la figura 6 tiene, en el instante una velocidad de 200 mm/s² en sentido de descenso y una aceleración de 400 mm/s² en sentido de ascenso. Determine la aceleración angular del elemento CD.

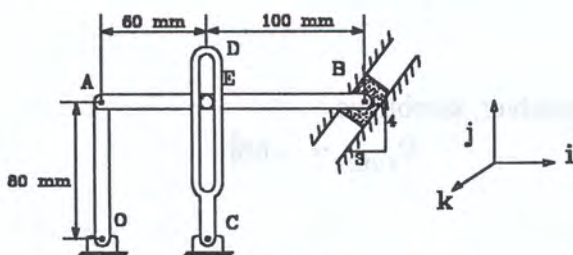


Fig. 6

Solución.

La barra AB está conectada por pasador al bloque deslizante el cual desliza sobre una superficie rectilínea fija. Por lo tanto el punto B de la barra AB tiene.

$$\vec{V}_B = 200(-0.6\hat{i} - 0.8\hat{j}) = 120\hat{i} - 160\hat{j} \text{ mm/s}$$

$$\vec{A}_B = 400(0.6\hat{i} + 0.8\hat{j}) = 240\hat{i} + 320\hat{j} \text{ mm/s}^2$$

$$\vec{V}_A = \vec{V}_B + \vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{AB}$$

El punto A es el punto de conexión por pasador de las barras OA y AB, por lo tanto.

$$\vec{V}_A = \vec{V}_O + \vec{\omega}_{OA} \times \vec{r}_{OA} = \vec{V}_B + \vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{BA}$$

$$\omega_{OA}\hat{k} \times (80\hat{j}) = -120\hat{i} - 160\hat{j} + \omega_{AB}\hat{k} \times (-160\hat{i})$$

Al resolver se obtiene.

$$\vec{\alpha}_{OA} = 5\hat{k} \text{ rad/s}^2$$

$$\vec{\alpha}_{AB} = 3,12\hat{k} \text{ rad/s}^2$$

De igual manera.

$$\vec{A}_A = \vec{A}_O + \vec{\alpha}_{OA} \times \vec{r}_{OA} + \vec{\omega}_{OA} \times (\vec{\omega}_{OA} \times \vec{r}_{OA}) = \vec{A}_B + \vec{\alpha}_{AB} \times \vec{r}_{AB} + \vec{\omega}_{AB} \times (\vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{BA})$$

$$\alpha_{OA}\hat{k} \times (80\hat{j}) + 1,5\hat{k} \times [1,5\hat{k} \times (80\hat{j})] = 240\hat{i} + 320\hat{j} + \alpha_{AB}\hat{k} \times (-160\hat{i}) + [(-\hat{k}) \times (-\hat{k}) \times (-160\hat{i})]$$

Al resolver se obtendrá.

$$\vec{\alpha}_{OA} = 5\hat{k} \text{ rad/s}^2$$

$$\vec{\alpha}_{AB} = 3,12\hat{k} \text{ rad/s}^2$$

La barra AB desliza a través del pasador E en la ranura de la barra móvil CD. Si se considera como E₁ el punto E perteneciente a la barra AB y E₂ el punto E perteneciente a la barra CD, se conoce el movimiento del punto E₁ en el cuerpo CD, por lo tanto las relaciones cinemáticas entre este par de puntos son de la forma,

$$\vec{V}_{E_1} = \vec{V}_{E_2} + \vec{V}_{E_1/E_2}$$

$$\vec{A}_{E_1} = \vec{A}_{E_2} + \vec{A}_{E_1/E_2} + 2\vec{\omega}_{CD} \times \vec{V}_{E_1/E_2}$$

Donde.

$$\vec{V}_{E_1} = \vec{V}_B + \vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{BE_1} = -120\hat{i} - 160\hat{j} + (-\hat{k}) \times (-100\hat{i}) = -120\hat{i} - 60\hat{j} \text{ mm/s}$$

$$\vec{V}_{E_2} = \vec{V}_C + \vec{\omega}_{CD} \times \vec{r}_{CE_2} = 0 + \omega_{CD}\hat{k} \times 80\hat{j} = -80\omega_{CD}\hat{i} \text{ mm/s}$$

$$\vec{V}_{E_1/E_2} = V_{E_1/E_2}\hat{j}$$

Al remplazar los valores y resolver, se obtiene.

$$\vec{\omega}_{CD} = 1,5\hat{k} \quad \vec{V}_{E_1/E_2} = -60\hat{j}$$

Las aceleraciones son.

$$\vec{A}_{E_1} = \vec{A}_B + \vec{\alpha}_{AB} \times \vec{r}_{BE_1} + \vec{\omega}_{AB} \times (\vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{BE_1})$$

$$\vec{A}_{E_1} = 240\hat{i} + 320\hat{j} + 3,12\hat{k} \times (-100\hat{i}) + (-\hat{k}) \times (-\hat{k} \times (-100\hat{i})) = 340\hat{i} - 8\hat{j} \text{ mm/s}^2$$

$$\vec{A}_{E_2} = \vec{A}_C + \vec{\alpha}_{CD} \times \vec{r}_{CE_2} + \vec{\omega}_{CD} \times (\vec{\omega}_{CD} \times \vec{r}_{CE_2})$$

$$\vec{A}_{E_2} = 0 + \alpha_{CD}\hat{k} \times 80\hat{j} + 1,5\hat{k} \times (1,5\hat{k} \times 80\hat{j}) = -80\alpha_{CD} - 180\hat{j} \text{ mm/s}^2$$

$$\vec{A}_{E_1/E_2} = A_{E_1/E_2}\hat{j}$$

Al remplazar estos valores y resolver se obtiene.

$$\vec{\alpha}_{CD} = -2\hat{k}$$

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Higdon, A. Eta, Ingeniería Mecánica. Tomo II : Dinámica Vectorial. Editorial Prentice-Hall Internacional 1982.
2. Shames, I. Engineering Mechanics, Dynamics. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 1987.
3. Beer, F. P. y Johnston, E. R. Jr. Mecánica vectorial para ingenieros Dinámica Editorial McGraw-Hill Latinoamericana, S.A. 1990.
4. Huang, T. C. Mecánica para Ingenieros, Dinámica. Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1993.
5. Singer, F. L. Mecánica para Ingenieros, Dinámica Harla, S. A DF C: V: 1982.
6. Bedford, A. Fowler, W. Mecánica para Ingeniería, Dinámica. Addison-Wesley Iberoamericana 1996.
7. Braun, E. Mecánica. Editorial Trillas 1988.

8. McGill, D. J. King, W. W. Mecánica para Ingeniería y sus aplicaciones, Dinámica Grupo Editorial Iberoamericana 1991.
9. Ginsberg, J. H. Genin, J. Dinámica. Interamericana 1980.
10. Meriam, J. L. Engineering Mechanics, Dynamics. John Wiley & Sons 1980.
11. Hibbeler, R. C. Mecánica para Ingenieros: Dinámica. Compañía Editorial Continental, S.A., de C.V., México 1985.
12. Sandor, B.I. Ingeniería Mecánica, Dinámica. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1990.



Figura 1

UTILIZACION DE MARCOS DE REFERENCIA EN DINAMICA COMPUTACIONAL, UNA INTRODUCCION A LA ROBOTICA

Ingeniero Jaime Sánchez Rodríguez, Facultad de Ingenierías - Universidad del Valle

RESUMEN:

En la solución de problemas de cinemática de cuerpos rígidos rotatorios que se mueven sobre otros cuerpos que están rotando, y que por lo tanto son afectados en su movimiento por el movimiento de estos, la utilización de marcos de referencia móviles, facilita desarrollar un programa de computador que nos permite resolver de una manera simple este tipo de problema e introducirnos en la robótica. En este trabajo se presentan las ecuaciones cinemáticas en las cuales se sustenta el programa y algunos ejemplos de problemas resueltos mediante su uso.

1. ANÁLISIS CINEMÁTICO:

Consideremos inicialmente la partícula P que se mueve sobre un cuerpo rígido con una velocidad \bar{v}' y una aceleración \bar{a}' con respecto a este, como se muestra en la figura 1. La velocidad angular y la aceleración angular del cuerpo son $\bar{\omega}$ y $\bar{\alpha}$, respectivamente.

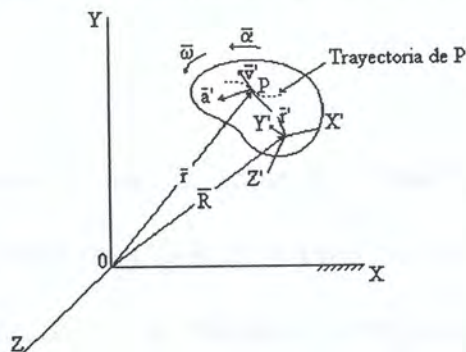


Figura 1

Se tiene un sistema de coordenadas X Y Z fijo, con origen en 0, y un sistema de coordenadas móvil X' Y' Z', con origen en 0', adherido al cuerpo rígido.

La velocidad de la partícula P es,

$$\bar{v} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \frac{d\bar{R}}{dt} + \frac{d\bar{r}'}{dt} = \bar{v}_o + \bar{\omega} \times \bar{r}' + \bar{v}' \quad (1)$$

y la aceleración es:

$$\bar{A} = \frac{d\bar{v}}{dt} = \frac{d(\bar{v}_o + \bar{v}' + \bar{\omega} \times \bar{r}')}{dt}$$

$$\bar{A} = \bar{A}_o + \bar{\alpha} \times \bar{r}' + \bar{\omega} \times (\bar{\omega} \times \bar{r}') + \bar{a}' + 2\bar{\omega} \times \bar{v}' \quad (2)$$

En las ecuaciones anteriores los términos \bar{v}_o y \bar{A}_o representan la velocidad y la aceleración, respectivamente, del sistema de coordenadas $X' Y' Z'$ con respecto al sistema fijo $X Y Z$. Los términos \bar{r}' , \bar{v}' y \bar{a}' representan los vectores posición, velocidad y aceleración, respectivamente, de la partícula P con respecto al sistema $X' Y' Z'$.

- Tomemos ahora un sistema de n cuerpos conectados, como se muestra en la figura 2, y sea,
- $X_n Y_n Z_n$: sistema de coordenadas adherido al cuerpo n.
 - $\bar{\omega}_n$: velocidad angular del cuerpo n con respecto al cuerpo n-1.
 - \bar{r}_n : vector posición de una partícula, que se mueve sobre el cuerpo n, con respecto al origen del sistema de coordenadas $X_n Y_n Z_n$.
 - \bar{v}_n : velocidad de la partícula con respecto al cuerpo n sobre el cual se mueve.
 - \bar{a}_n : aceleración de la partícula con respecto al cuerpo n sobre el cual se mueve.
 - \bar{R}_n : vector posición del origen del sistema de coordenadas $X_n Y_n Z_n$ con respecto al origen del sistema de coordenadas $X_{n-1} Y_{n-1} Z_{n-1}$.

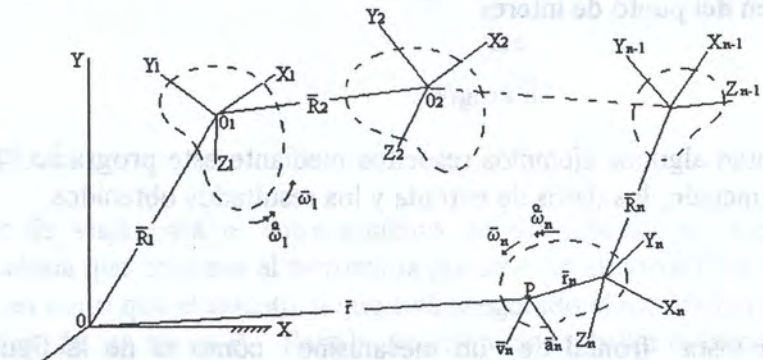


Figura 2

En este caso, los vectores posición, velocidad y aceleración de la partícula P son,

$$\bar{r} = \bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \bar{R}_3 + \dots + \bar{R}_n + \bar{r}_n \quad (3)$$

$$\vec{v} = \dot{\vec{R}}_1 + \dot{\vec{R}}_2 + \vec{\omega}_1 \times \vec{R}_2 + \dot{\vec{R}}_3 + (\vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2) \times \vec{R}_3 + \dots + \dot{\vec{R}}_n + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \vec{\omega}_i \right) \times \vec{R}_n + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \vec{\omega}_i \right) \times \vec{r}_n + \vec{v}_n \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \vec{A} = & \ddot{\vec{R}}_1 + \ddot{\vec{R}}_2 + \dot{\vec{\omega}}_1 \times \vec{R}_2 + \vec{\omega}_1 \times (\vec{\omega}_1 \times \vec{R}_2) + 2\vec{\omega}_1 \times \dot{\vec{R}}_2 + \ddot{\vec{R}}_3 + \\ & + [(\dot{\vec{\omega}}_1 + \dot{\vec{\omega}}_2) + \vec{\omega}_1 \times \vec{\omega}_2] \times \vec{R}_3 + (\vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2) \times [(\vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2) \times \vec{R}_3] + \\ & + 2(\vec{\omega}_1 + \vec{\omega}_2) \times \dot{\vec{R}}_3 + \dots + \ddot{\vec{R}}_n + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\dot{\vec{\omega}}_i + \left(\sum_{j=1}^i \vec{\omega}_j \right) \times \vec{\omega}_i \right] \times \vec{R}_n + \\ & + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \vec{\omega}_i \right) \times \left[\left(\sum_{i=1}^{n-1} \vec{\omega}_i \right) \times \vec{R}_n \right] + 2 \left(\sum_{i=1}^{n-1} \vec{\omega}_i \right) \times \dot{\vec{R}}_n + \sum_{i=1}^n \left[\dot{\vec{\omega}}_i + \left(\sum_{j=1}^i \vec{\omega}_j \right) \times \vec{\omega}_i \right] \times \vec{r}_n + \\ & + \left(\sum_{i=1}^n \vec{\omega}_i \right) \times \left[\left(\sum_{i=1}^n \vec{\omega}_i \right) \times \vec{r}_n \right] + \vec{a}_n + 2 \left(\sum_{i=1}^n \vec{\omega}_i \right) \times \vec{v}_n \quad (5) \end{aligned}$$

Para resolver las ecuaciones (4) y (5) se ha desarrollado un programa de computador, el cual requiere como datos de entrada:

- Número de marcos de referencia (elementos).
- Coordenadas, velocidad y aceleración del origen de cada uno de los marcos de referencia.
- Velocidad angular y aceleración angular de cada uno de los cuerpos a los cuales están adheridos los marcos de referencia.
- Velocidad y aceleración del punto de interés.

2. EJEMPLOS:

A continuación se presentan algunos ejemplos resueltos mediante este programa. Para cada uno de ellos se presenta el enunciado, los datos de entrada y los resultados obtenidos.

2.1. Ejemplo 1;

La figura representa la vista frontal de un mecanismo como el de la figura 3 con las dimensiones respectivas. En el instante dado, cuando $\text{tg } \theta = \frac{3}{4}$, la barra AB de 1.5 m gira alrededor de un eje en A con $\omega_2 = 2 \text{ rad/seg}$ y $\dot{\omega}_2 = -3 \text{ rad/seg}^2$. Simultáneamente, la plataforma a la cual está adherido este eje, gira alrededor de AC con $\omega_1 = 3 \text{ rad/seg}$ y $\dot{\omega}_1 = 1 \text{ rad/seg}^2$, mientras la barra ACD que sostiene la plataforma está girando alrededor del eje fijo DC con $\omega_3 = -4 \text{ rad/seg}$ y $\dot{\omega}_3 = -2 \text{ rad/seg}^2$. Determinar la velocidad y aceleración del extremo B de la barra AB.

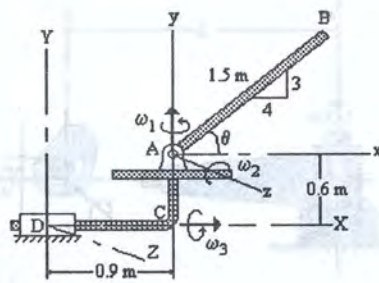


Figura 3

2.2. Ejemplo 2:

En la configuración mostrada en la figura 4, el sistema conectado de cuerpos A y B se está moviendo con $v = 3.9 \text{ m/seg}$ y $a = 1.95 \text{ m/seg}^2$ respecto al pescante CD. Simultáneamente el brazo se levanta por rotación alrededor de C con la velocidad constante de $\omega_2 = 0.4 \text{ rad/seg}$ mientras la plataforma que sostiene el pescante gira respecto al eje fijo Y a la rapidez constante $\omega_1 = 0.5 \text{ rad/seg}$. Determinar la velocidad y aceleración absolutas del cuerpo A en el instante dado cuando $\text{tg } \theta = \frac{5}{12}$.

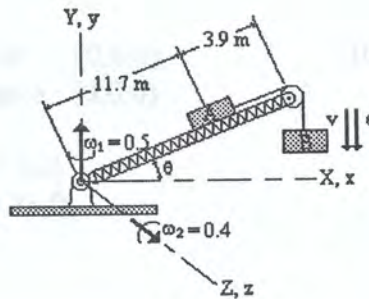


Figura 4

2.3. Ejemplo 3:

Un simulador de viaje para el entrenamiento de astronautas se ve esquemáticamente en la figura 5. La cabina que contiene al astronauta puede girar alrededor del eje horizontal del brazo principal OB, en tanto que el asiento al que está asegurado el astronauta puede girar dentro de la cabina alrededor de un eje en B. Para la posición dada, hallar la velocidad y la aceleración de la cabeza del astronauta en C, si el brazo principal, la cabina y el asiento giran con las siguientes velocidades constantes: el brazo principal $\omega_1 = 8 \text{ rad/seg}$; cabina $\omega_2 = 5 \text{ rad/seg}$ respecto al brazo principal; asiento $\omega_3 = 3 \text{ rad/seg}$ respecto a la cabina.

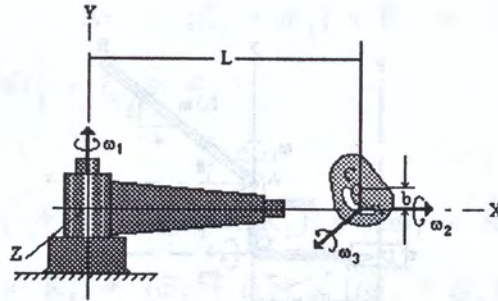


Figura 5

3. ENTRADA DE DATOS PARA LOS EJEMPLOS:

3.1. Ejemplo 1:

Número de elementos?.....4

Elemento 1

Coordenadas	(0,0,0)
Vel angular	(0,0,0)
acel angular	(0,0,0)

Elemento 2

Coordenadas	(0.9,0.6,0)
Vel angular	(-4,0,0)
acel angular	(-2,0,0)

Elemento 3

Coordenadas	(0,0,0)
vel angular	(0,3,0)
acel angular	(0,1,0)

Elemento 4

Coordenadas	(1.2,0.9,0)
Vel angular	(0,0,2)
acel angular	(0,0,-3)

Velocidad del punto de referencia (0,0,0)

Aceleración del punto de referencia (0,0,0)

Velocidad del punto P (0,0,0)

Aceleración del punto P (0,0,0)

RESULTADOS:

$$v_B = (-1.8\hat{i} + 2.4\hat{j} - 9.6\hat{k}) \text{ m/seg}$$

$$a_B = (-12.9 \hat{i} - 60 \hat{j} - 12.6 \hat{k}) \text{ m/seg}^2$$

3.2. Ejemplo 2:

Número de elementos?.....3

Elemento 1

Coordenadas	(0,0,0)
Vel angular	(0,0,5,0)
acel angular	(0,0,0)

Elemento 2

Coordenadas	(14.4,6,0)
Vel angular	(0,0,0,4)
acel angular	(0,0,0)

Elemento 3

Coordenadas	(-3.6,-1.5,0)
vel angular	(0,0,0)
acel angular	(0,0,0)

Velocidad del punto de referencia (0,0,0)

Aceleración del punto de referencia (0,0,0)

Velocidad del punto P (3.6,1.5,0)

Aceleración del punto P (1.8,0.75,0)

RESULTADOS:

$$v_A = 1.8 \hat{i} + 5.82 \hat{j} - 5.4 \hat{k} \text{ m/seg}$$

$$a_A = -3.82 \hat{i} + 2.91 \hat{j} - 1.8 \hat{k} \text{ m/seg}^2$$

3.3. Ejemplo 3:

Número de elementos?.....4

Elemento 1

Coordenadas	(0,0,0)
Vel angular	(0,0,0)
acel angular	(0,0,0)

Elemento 2

Coordenadas	(5,0,0)
-------------	---------

Vel angular (0,0,8,0)
 acel angular (0,0,0)

Elemento 3

Coordenadas (0,0,0)
 Vel angular (0,5,0,0)
 acel angular (0,0,0)

Elemento 4

Coordenadas (0,0,9,0)
 Vel angular (0,0,-0.3)
 acel angular (0,0,0)

Velocidad del punto de referencia (0,0,0)
 Aceleración del punto de referencia (0,0,0)

Velocidad del punto P (0,0,0)
 Aceleración del punto P (0,0,0)

LA INTERFEROMETRIA HOLOGRAFICA, UNA ALTERNATIVA DE NUEVAS TECNOLOGIAS

Jairo Enrique Lalinde
Físico especializado
Universidad de Rusia, Moscú
Profesor titular Universidad Santo Tomas,
Santafé de Bogotá

RESUMEN

El siguiente trabajo comprende una reseña sobre la aplicabilidad de la Interferometría Holográfica en la ingeniería.

La interferometría holográfica (I.H.), es un método de la óptica no lineal aplicada, que permite hacer estudios más profundos y evaluaciones más exactas (en el orden de la longitud de onda visible), en el análisis de deformaciones mecánicas, de fisuras o grietas en todo tipo de estructuras , en la detección de corrosiones prematuras, en el estudio de vibraciones , en el análisis de superficies y otros.

Su utilización en el control de calidad, es más seguro y de mayor información con respecto a otros métodos , como la radiografía de RX, la microscopia, el ultrasonido, procesos químicos y otros; que además de tener costos más elevados, tienen ciertas limitaciones. La I.H. presenta, además de otras, las siguientes ventajas:

1. Los cuadros de interferencia holográfica permiten analizar no sólo las intensidades de las franjas, sino también su frecuencia, forma y localización.
2. La I.H. , es diferencial, es decir, las ondas viajan por el mismo camino óptico, pero en tiempos diferentes.
3. La I.H. se logra incluso en objetos difusos y de formas irregulares.
4. El experimentador cuenta con una dimensión más : el tiempo.
5. En el análisis de vibraciones , se pueden hacer estudios en tiempo real y en forma no destructiva.
6. Permite la obtención de cuadros de interferencia dinámicos.

1. INTRODUCCION

La holografía, es una palabra que día a día está adquiriendo mas popularidad y sin embargo su significado no está muy claro. Del griego holos- graphos, que significa, completo- grabado, la holografía, a diferencia de la fotografía ,que sólo registra tonalidades de intensidad,registra toda la información óptica reflejada de cualquier objeto, por lo que cuando observamos un holograma (en fotografía - una foto) nos parece estar viendo el objeto con todos sus paralajes, como el objeto mismo.

La holografía que mas se conoce es la aplicada para display, es decir , el registro artistico de objetos, para su exposicòen en galerías y/o propagandas; sin embargo, la holografía tiene un gran número de aplicaciones en todos los campos del saber: espectroscopia, microscopia, interferometria, fotometria, rectificaciòn de imàgenes, topografia, industria, medicina,computaciòn , biología y otros .

Siendo màs estrictos, la holografía es el fenòmeno o proceso de inscripciòn y restauraciòn de un campo ondular, basado en el registro del cuadro de interferencia de una onda reflejada sobre una superficie y una onda directa, provenientes de una fuente coherente. Este cuadro de interferencia registrado en una placa fotosensible o pelicula, se le llama : holograama (en fotografia- foto). Este holograma al ser iluminado por la misma fuente , crea una distribuciòn espacial de amplitud y fase del campo de onda formado anteriormente en el registro. De esta forama, en corcondancia con el principio de Hiuggens y Fresnel, el holograma transforma la onda de la fuente , en una copia del frente de onda reflejado del objeto, es decir, su imàgen.

2.IMPORTANCIA DE LA INTERFEROMETRIA HOLOGRAFICA

La interferometría holográfica (I.H.),está basada en el proceso óptico de la intrerferencia entre dos frentes de onda coherentes, obtenidos de la siguiente manera : un frente de la imàgen reflejada del objeto "libre" y otra de la imàgen del objeto interactuado.

La interacción que puede realizarse sobre el objeto puede ser , tensiones en diferentes direcciones, deformaciones elásticas e inelásticas , desplazamientos, vibraciones , corrosión , gradientes de temperatura , impulsos, etc.

Tanto en la interferometría clásica como en la holográfica, se comparan los relieves de fase de dos o más ondas. En la interferomtría clásica , los frentes de onda a comparar, se forman al mismo tiempo pero viajan por diferentes caminos. El tiempo de retardo entre los frentes de onda, debido a los diferentes caminos ópticos, no debe sobrepasar el tiempo de coherencia , y los canales ópticos, por los que viajan los rayos , deben ser idénticos , de lo contrario, el cuadro de interferencia, tendría información no sólo del objeto a estudiar, sino también de los elementos ópticos usados. En cambio , en la I.H. , el proceso de interferencia se realiza por un sólo canal, pero en diferentes tiempos, por ello, se registran solo los cambios hechos sobre el objeto ; además permite menor calidad en los componentes ópticos, ya que los rayos vianjan por el mismo canal óptico.

De tal forma, la I.H. es un método diferencial. Por eso, con la I.H. se pueden estudiar estados consecutivos del objeto, sometido a determinada interacción. El holograma registrado y restablecido caracteriza los más mínimos detalles del objeto, gracias a ello, la I.H. permite el estudio de objetos de formas irregulares, de superficies corrugadas, difusos y no difusos.

La poca sensibilidad de la I.H. a los defectos de los elementos ópticos, permite el estudio de objetos de cualquier tamaño práctico, mientras que en la clásica, se exigiría la construcción de lentes y espejos de gran tamaño.

La I.H. permite la obtención de cuadros de interferencia formados por frentes de onda de diferentes frecuencias; con este método se pueden analizar relieves de superficies.

La mayoría de los diferentes métodos de interferometría, estudian sólo las formas de las franjas de los cuadros de interferencia, mientras que en la I.H. se pueden y analizar, el contraste, la posición y la frecuencia; así por ejemplo, por el contraste se pueden hacer estudios de corrosión y desgaste, por la localización, se pueden analizar desplazamientos y deformaciones, que además, a diferencia de los demás métodos de interferometría, dan información completa de los vectores de deformación de todos los puntos de la superficie de un cuerpo.

En el estudio de vibraciones, que se realiza por el método de modulación en el tiempo, se expone un holograma del objeto, en intervalos de tiempo de por lo menos varios periodos de oscilación, de esta forma, se pueden estudiar frecuencias de resonancia y de la distribución de amplitudes de oscilación en las superficies de los cuerpos. (ver gráficas).

Gran interés presenta la I.H. para defectoscopia, basada en las irregularidades presentada en los cuadros de interferencia en las zonas de defecto (grietas, poros, despliegues), por efectos de calor, frío golpes, tensiones, torsiones. { ver gráficas }.

El uso de la I.H. se ha visto, en cierta forma, poco difundido; esto debido a la dificultad de interpretación de los cuadros de interferencia, ya que estos últimos contienen gran cantidad de información de los vectores de desplazamiento de los puntos de la superficie de los cuerpos. Como se dijo anteriormente, los métodos para decifrar interferogramas utilizan diferentes características de las franjas- su frecuencia, orientación, forma y localización. De aquí la necesidad de la creación de software para la automatización del análisis de cuadros de interferencia.

No todos los métodos para decifrar interferogramas han tenido gran utilización, sin embargo, la gran variedad de problemas que han venido surgiendo en diferentes áreas de la ingeniería, debe, tarde o temprano, conllevar a su utilización.

3.OBTENCION DE INTERFEROGRAMAS HOLOGRAFICOS

3.1.Método de dos Exposiciones

Este método es el más difundido, y se utiliza para la definición cuantitativa del desplazamiento de los puntos de la superficie de un cuerpo en deformación. Consiste en el registro de dos hologramas consecutivos, en una misma placa holográfica, correspondientes a dos estados diferentes del objeto (por ejemplo, antes y después de ser tensionado). Al restablecer la imagen del holograma, los frentes de onda de los dos estados del objeto, interfieren, formando las franjas correspondientes, que llevan toda la información de los cambios ocurridos en el objeto por la tensión aplicada. (ver gráfica).

3.2.Método del Sandwich

Este método registra diferentes estados del cuerpo, en diferentes placas holográficas que luego se superponen para su restablecimiento. La ventaja de este método, es que permite la posibilidad de registrar varios estados del objeto y luego poder comparar cualquier par de ellos.

3.3.Método de Tiempo Real

En este método, interfieren los frentes de onda del cuerpo deformandose directamente, y la imagen del cuerpo obtenida de un holograma de el, en estado "libre". Con este método, como su nombre lo indica, se puede observar los cuadros de interferencia directamente, a medida que se está interactuando con el objeto, es decir, se observa la dinámica de desplazamiento de los puntos de la superficie del objeto. Una de las dificultades de este método, consiste en la colocación exacta del holograma del objeto después de ser revelado, en el sitio donde fue grabado. Para superar esta dificultad, se han diseñado diferentes tipos de bases esféricas, o se trata de revelar en el mismo sitio de grabado.

3.4. Método de Varias Exposiciones

Este método consiste en registrar varios estados de un objeto en un mismo holograma. Con el aumento de exposiciones las franjas se estrechan, lo que permite un estudio más detallado de la deformación, a medida que vamos aumentando la interacción (ver gráficas).

3.5. Método de Mediación en el Tiempo

Los anteriores métodos se obtienen cuando se registran los estados del objeto en estado estacionario. Este método es utilizado, cuando se registra el interferograma en el momento de la deformación, o del movimiento o de la vibración. Este método recibe este nombre, porque la amplitud del frente de onda del holograma que se restablece, es proporcional a la amplitud del frente de onda del objeto en deformación, mediada en el tiempo. Este método es muy utilizado para estudiar frecuencias de resonancia de estructura y piezas mecánicas {er gráficas}.

4. SISTEMA DE MEDICION INTERFEROMETRICA

Actualmente, para el estudio de resistencia vibracional de piezas en estructuras, se utiliza mucho el método de I.H. con mediación en el tiempo, permitiendo definir con exactitud, la posición de las líneas nodales, utilizando la emisión láser continua. Este método exige una estabilidad óptica, que limita la amplitud de oscilación de 2 a 3 mkm; además el tamaño de los cuerpos a estudiar también está limitada por la potencia del láser. Estas dificultades se superan con ayuda de los láseres de impulso, los cuales pueden ser modulados de acuerdo a las frecuencias de vibración, o bien, que generen impulsos del orden de 40 a 50 ns, en intervalos de tiempo del orden del milisegundo, lo que permite trabajar sin bases antivibratorias, en el mismo sitio de explotación, en tamaños relativamente grandes, etc.(ver graficas).

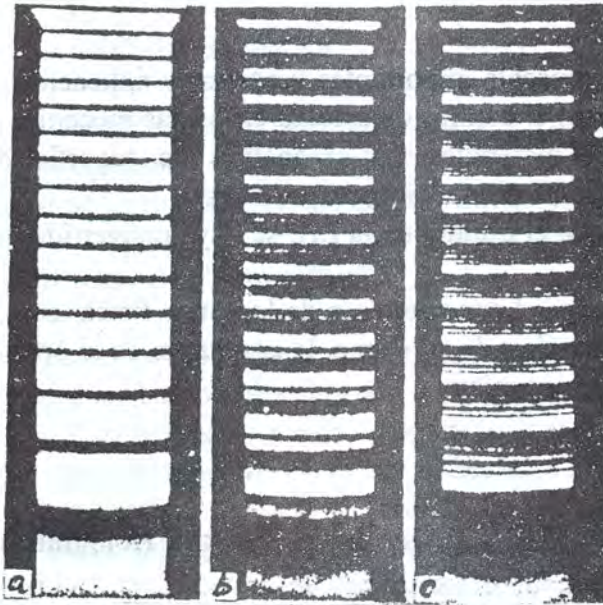
5.CONCLUSIONES

- 1.De acuerdo a lo anteriormente expuesto, la I.H. presenta importantes ventajas y aplicaciones en la solución de problemas industriales, tales como: el control de calidad en piezas mecánicas, detección de defectos, estudio de resistencia de materiales, en el análisis de superficies, fenómenos de resonancia, optimización de diseños, corrosión, deformaciones , etc.
- 2.El tratamiento de estos fenómenos ha llevado a que el estudio de la I.H. se haya convertido en una herramienta no sólo de interés sino necesaria.
- 3.La I.H., por ser un tema de la óptica aplicada, exige el conocimiento de la óptica física, como parte de los cursos de ciencias básicas para las ingenierías; de tal forma, la enseñanza de la óptica adquiere importancia en la formación profesional del ingeniero.

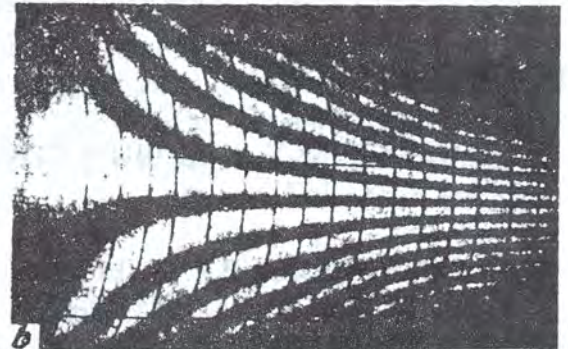
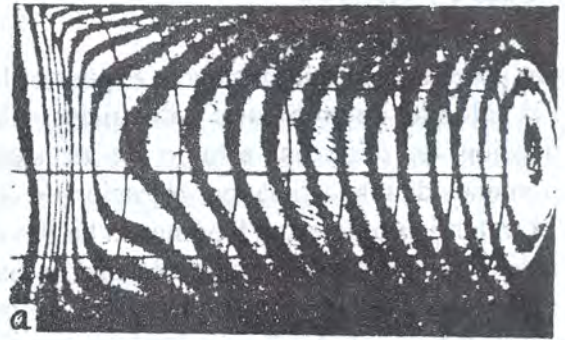
BIBLIOGRAFIA

- 1.I.V. I. OSTROVSKY, M.M. BUTUCOV, G.B.OSTRVCKAIA, Interferometría Holográfica, 1977, Moscú. 78 - 147.
- 2.IV. I. OSTROVSKY, B.P. SHEPINOV, Métodos de Mediciones de Deformaciones por Interferometría Holográfica, 1988, Moscú.
- 3.H.J. CAULFIELD , Holografía Optica, 1982, Moscú.
- 4.I.V. DENISIUK, Holografía Optica con Registro en Medios Tridimensionales,1986, Leningrado.
- 5.B.G.KOMAR,O.B.SEROV, Holografía Representativa y Cinematografía, 1987, Moscú.

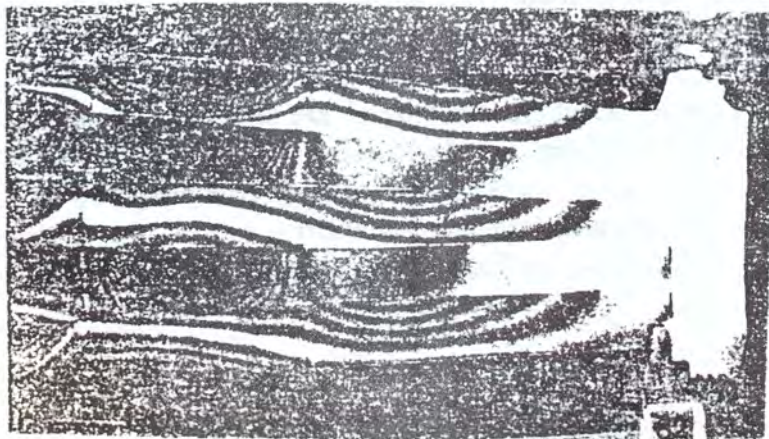
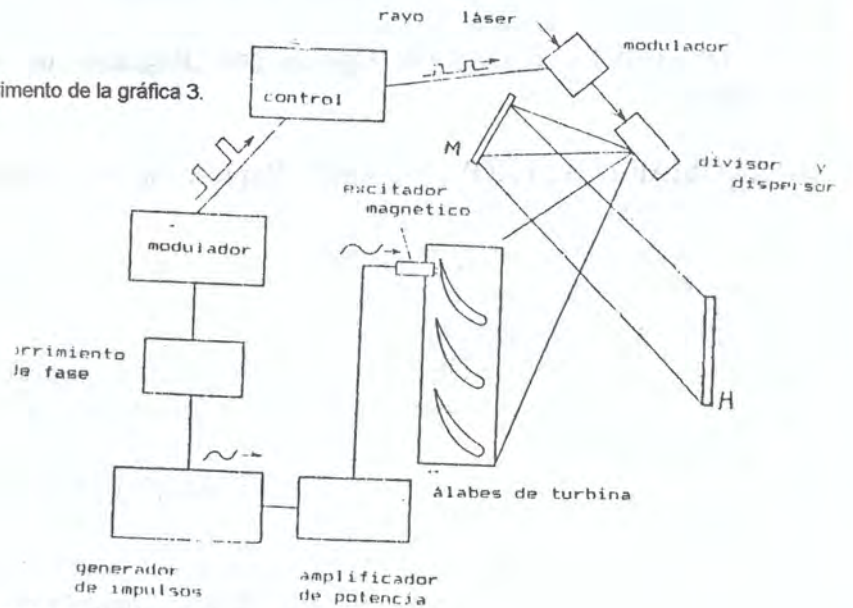
Gráfica 2 - Cuadro de interferencia de una camisa.
 a. Bajo tensión {3.2 kN.}, b. bajo torsión {8 Nm}
 Diámetro 60 mm. Longitud 100 mm. Espesor 1.5 mm



Gráfica 1 - Interferograma H. de la flexión de una lámina.
 La lámina está sujeta en la parte inferior
 a. dos exposiciones b. cuatro exposiciones. c. siete exposiciones
 La parte superior de la lámina está expuesta
 a una interacción de 0.2 N. para cada exposición.



Gráfica 4 - Esquema para la obtención del experimento de la gráfica 3.



Gráfica 3 - Interferograma H. obtenido por el método de mediación en el tiempo.
 Alabe de turbina de aprox. 79 cm., vibrando a 653 Hz.

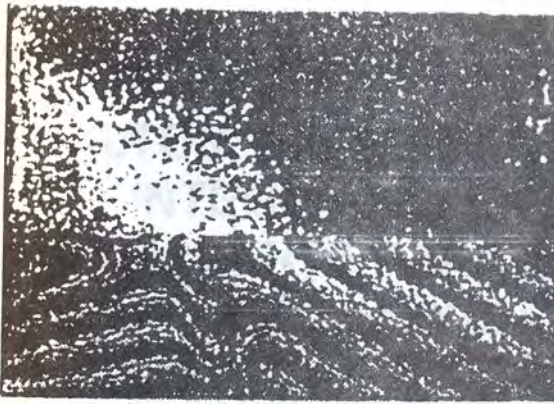


Fig. 1: Concrete beam: crack detected by static mechanical loading (three-point bend test, load 800 gr, span 400 mm).

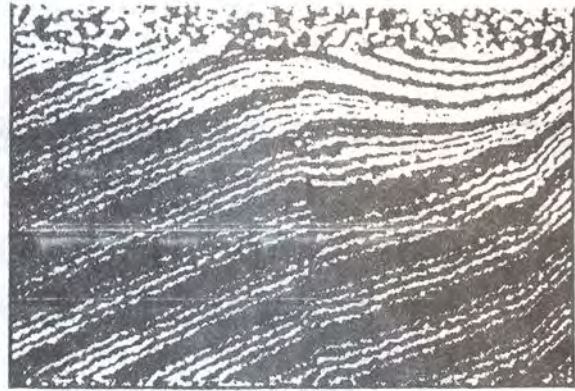


Fig. 2: Crack detected by local heating (soldering iron 20W, 320°C at the back face of the beam for 140 secs).

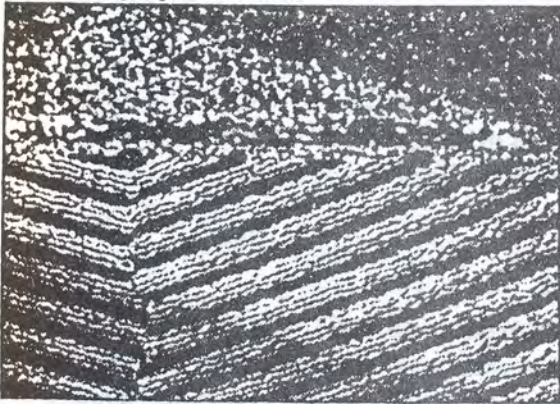
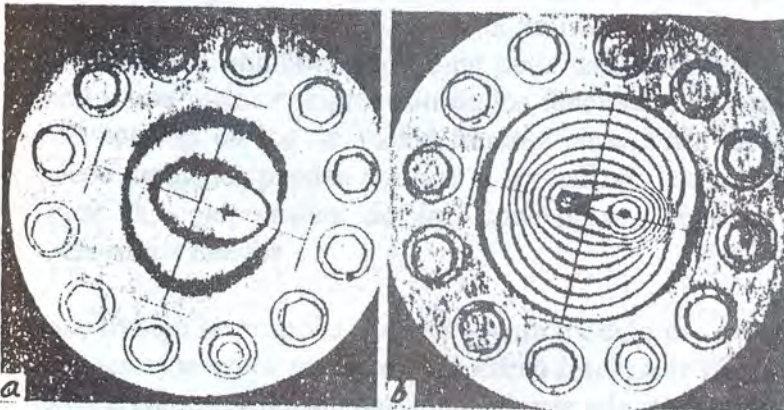


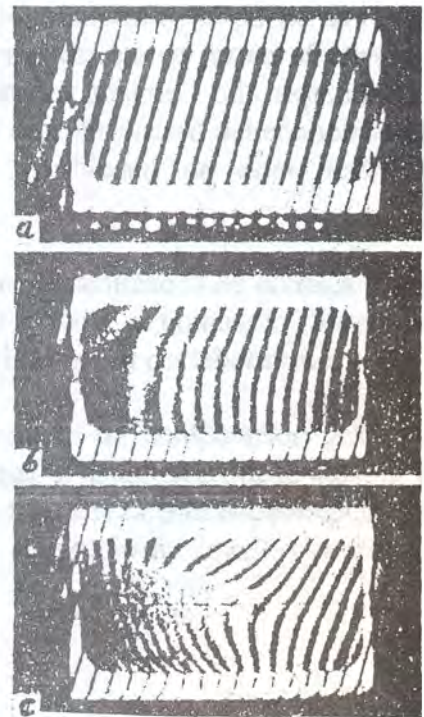
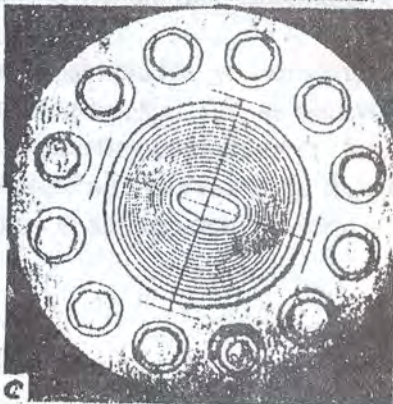
Fig. 3: Crack detected by gently tapping the beam with a 200 gr wood hammer from a height of 80 mm (three-point "bend" test).



Fig. 4: Crack detected by putting an ice filled bag on top of the beam (room t° 23°C, second exposure after 40 secs).



Gráfica 6.
Interferograma H.
de la deformación
de una tapa de brida
a. Aparición de la primera
flexión permanente
b. Progreso de la deformación
c. Deformación elástica



Gráfica 7
Interferograma H. para el estudio de la erosión
por cavitación

DALTON. EXPERIMENTOS QUIMICOS SIMULADOS INTEGRADOS EN UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE QUIMICA

Rubén D. Osorio G., Ing. Químico, M. Sc.
Universidad de Antioquia, Facultad de Ingenierías
Demetrio Arturo Ovalle, Ph. D.
Universidad Nacional (Sede Medellín),
Posgrado en Ingeniería de Sistemas
e-mail : rdosorio@carios.udea.edu.co

Resumen: Con el alto nivel de desarrollo que ha alcanzado la tecnología informática en esta última década, se hace cada vez más necesaria la utilización del computador como medio educacional que represente una alternativa de cambio positivo de los actuales modelos pedagógicos y una mejora significativa en el proceso de aprendizaje.

En el caso particular del aprendizaje del laboratorio de química, reviste especial importancia la preparación previa del estudiante a la actividad experimental. En este sentido, la *simulación* como *modelo* o simplificación de un determinado fenómeno de laboratorio, le puede ayudar al alumno a una mejor comprensión de los fenómenos, a cómo controlarlos en forma efectiva o a decidir posibles cursos de acción frente a situaciones de inminente peligro. Los experimentos químicos simulados pueden *motivar* al aprendizaje, *estimular* al descubrimiento del conocimiento, *reforzar* la comprensión de los conceptos y ofrecer la posibilidad de *adquisición* de conocimientos nuevos.

En este trabajo se propone el diseño de un módulo de experimentos simulados de química básica y su integración en un Sistema Tutorial Inteligente (*STI*). El sistema, denominado *Dalton*, se utilizará como tutor del alumno, previamente a la realización de la práctica del laboratorio.

Los experimentos simulados se construyeron con base en técnicas de computación gráfica y después de ser integrados al *STI*, se obtuvo un sistema con el que el estudiante puede mejorar el aprendizaje de la práctica experimental. Además, *Dalton* evalúa formativamente el desempeño del estudiante y sugiere alternativas en la dirección de replanificar el estudio de aquellos conceptos cuya comprensión el alumno debe mejorar.

La validación de *Dalton* como software educativo, mostró la coherencia de su funcionamiento como herramienta para la adquisición de conocimientos durante la preparación previa al trabajo de laboratorio. Además, el proyecto se constituye en una propuesta para la modernización de la enseñanza de la química al proveer un ambiente que estimula la libre exploración y el desarrollo cognitivo.

1. DALTON. EXPERIMENTOS QUIMICOS SIMULADOS INTEGRADOS EN UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DEL LABORATORIO DE QUIMICA

1.1 INTRODUCCION

La educación básica en nuestras universidades ha mantenido una estructura fundamentalmente orientada hacia la enseñanza, más que hacia el aprendizaje, y que no estimula la incorporación de las nuevas tecnologías como elemento de apoyo al desarrollo de los procesos cognitivos. Se requiere entonces de una urgente búsqueda de nuevos modelos pedagógicos que aprovechen las oportunidades que brinda la tecnología para construir ambientes de aprendizaje activos, en los cuales "el profesor será un guía y un orientador, desaparecerán las clases y se estimulará el trabajo en las bibliotecas, en las redes y en talleres diseñados para la solución de problemas. Esto implica que el profesor aprenda cómo elaborar esos nuevos modelos, seleccione la información, estimule la actividad del estudiante, participe en la investigación y en la extensión, vincule a ellas al estudiante y se capacite en el uso de las nuevas tecnologías" (1).

En lo que respecta a la práctica tradicional del Laboratorio de Química, el estudiante muchas veces enfrenta la experimentación como una actividad en la que solamente se trata de repetir una receta y no como un ambiente ideal para probar la validez y aplicabilidad de los conceptos. Con un adecuado modelo pedagógico, combinado con la gran potencialidad de las nuevas tecnologías, sería posible lograr un notable mejoramiento en la calidad del aprendizaje de las ciencias básicas y generar en el alumno una actitud más crítica hacia el conocimiento. Con esta visión se desarrolló el proyecto *Dalton*.

1.2 EXPERIMENTOS SIMULADOS COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LA QUIMICA

Una de las ventajas de la simulación es que sirve para apoyar el aprendizaje de tipo experiencial y conjetural, base para lograr aprendizaje por descubrimiento. La fuente del conocimiento es un *micromundo* de forma similar al que el alumno enfrentaría en la situación real (2). El experimento simulado no pretende reemplazar la práctica de laboratorio, fuente indiscutible de nuevos conocimientos y destrezas, sino que busca ayudar al estudiante durante la fase de preparación previa a la experimentación: (a) Como elemento motivante para descubrir las características más importantes de un determinado fenómeno, (b) Para ayudar a una mejor comprensión del montaje

de un experimento, (c) Para estimular la interiorización del procedimiento enfatizando la necesidad de una observación crítica durante el transcurso de los procesos, (d) Para apoyar al Profesor durante las sesiones de laboratorio, posibilitando nuevos elementos para una discusión más activa con sus estudiantes, (e) Para familiarizar al alumno con el equipo y métodos utilizados en la experimentación química, basándose en la riqueza visual de las imágenes animadas, etc.

Para el diseño de *Dalton* se seleccionaron 20 experimentos químicos, típicos del curso de Laboratorio de Química General que se dicta a los estudiantes de Ingeniería en los dos primeros semestres. Aplicando técnicas de computación gráfica y animación, se realizó la simulación de dichos experimentos y se construyó un *módulo de laboratorio* el cual se integró en un *Sistema Tutorial Inteligente (STI)*, para obtener un sistema con las adecuadas características pedagógicas que posibiliten su utilización como material educativo para ayudar a mejorar el aprendizaje de los conceptos químicos.

1.3 SISTEMAS TUTORIALES INTELIGENTES (STI)

Este tipo de sistemas, construido con herramientas de *Inteligencia Artificial (IA)*, trata de asemejarse lo más posible a un buen Profesor especialmente capacitado "*para impartir instrucción y evaluar los procesos de Enseñanza/Aprendizaje mediante la interacción con el estudiante*" (3). Para lograr un sistema de tales características, el proceso de diseño debe considerar una arquitectura basada en una serie de módulos (fig. 1), cada uno de los cuales cumple un propósito dentro del *STI* (4).

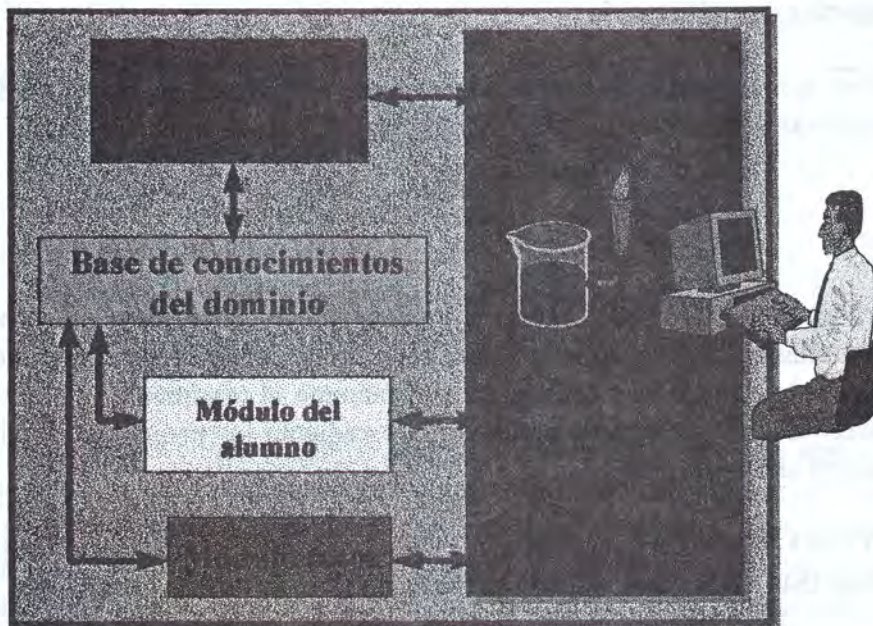


Figura 1. Arquitectura simplificada del *STI* en *Dalton*

1.3.1 Módulo de experimentos químicos simulados

Formado por un grupo de experimentos especialmente seleccionados para reproducir un *micromundo* del laboratorio con el cual el estudiante pueda interactuar para entender las características de los fenómenos químicos y aprender las diferentes técnicas procedimentales.

1.3.2 Base de conocimientos del dominio

Contiene todos los conocimientos relacionados con el dominio y cubre en lo posible todos los razonamientos para las respuestas del estudiante. El conocimiento se organiza en una *Base de Conocimientos*, la cual se compone de una *Base de Hechos* o conceptos conocidos y la *Base de Reglas* o conocimientos del experto aprendidos de la experiencia. El módulo experto también ofrece una variedad de problemas a resolver o de tópicos a discutir. Este módulo debe reconocer cuándo presenta el estudiante una solución incorrecta a un problema y debe tener la capacidad para proponer ejercicios diferentes aunque tengan una estrategia de solución común.

1.3.3 Módulo modelo del estudiante

Almacena información sobre cada alumno. Sirve para evaluar el desempeño del estudiante y para predecir y reconocer su estilo de aprendizaje. Genera una variedad de preguntas cuyo objetivo es detectar e identificar fallas durante el aprendizaje y establecer con claridad los conceptos que el estudiante ya conoce a fin de evitar repeticiones durante una sesión.

1.3.4 Módulo interfaz con el usuario

Tiene por objetivo comunicarse interactivamente con el estudiante, generar las preguntas adecuadas e interpretar las respuestas del alumno e interactuar con los demás módulos del sistema.

1.3.5 Módulo tutor

Contiene las estrategias pedagógicas, reglas y procesos que gobiernan las interacciones del sistema con el estudiante. Sus propósitos son seleccionar el tipo de experimentos que se presentarán al estudiante, controlar y criticar formativamente el rendimiento del alumno, ofrecer las ayudas necesarias en caso de errores y cuando el estudiante lo requiera y establecer límites a las equivocaciones del alumno.

1.4 DALTON COMO MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO PARA AYUDAR A LA ADQUISICION DE CONOCIMIENTOS EN EL LABORATORIO DE QUIMICA

Los experimentos químicos simulados se integraron en un *STI* con el fin de aprovechar sus excepcionales ventajas para ajustar la estrategia de instrucción y los contenidos de ésta a las necesidades y expectativas particulares de cada estudiante. La metodología de diseño de *Dalton*, el cual también tiene características hipermediales (5), se compone de un proceso en 6 etapas

(fig). El sistema, para ser utilizado como material educativo previo a la práctica de laboratorio real, tiene como una de sus fortalezas su alto carácter visual. A través de una escena animada, el estudiante no sólo debe descubrir los aspectos esenciales del procedimiento, sino también lograr una mejor comprensión de los conceptos del dominio con la ayuda del profesor, cuya acción no puede suprimirse al utilizar este tipo de dispositivos de computación.

1.4.1 Descripción general de Dalton (6)

Siguiendo cada uno de los pasos de la metodología que se muestra en la fig. 2, el sistema tiene la arquitectura básica de un STI especialmente construido para tomar la *simulación* como aspecto clave del proceso instruccional. Dalton presenta dos posibilidades al estudiante: (a) Opción de libre navegación, mediante la cual se puede acceder cualquier experimento sin que haya evaluación, ó (b) Opción de navegación controlada, bajo la cual el estudiante debe ajustarse a una plan instruccional que demanda cierto orden en la realización de los experimentos y donde hay evaluación después de finalizada cada sesión experimental.



Fig 2. Metodología de diseño de Software Educativo Hipermedial Inteligente, propuesta para Dalton

El aspecto de la interfaz cuando el alumno ingresa al sistema y selecciona algún experimento, se muestra en la figura 3 con explicaciones sobre los elementos más importantes en su diseño. Además de la escena simulada, el estudiante dispone del *Manual de Laboratorio* para consultar los aspectos más esenciales relacionados con cada experimento y de un *Glosario* de términos químicos con definiciones cortas sobre los conceptos básicos que se manejan en el laboratorio.

Para cada experimento se combinan dos enfoques pedagógicos: *algorítmico* y *Heurístico*. A través del primero, el alumno tiene la oportunidad de aprender observando las explicaciones y los componentes del montaje en una navegación secuencial controlada por el sistema. En el segundo caso, existe la posibilidad de un aprendizaje por descubrimiento mediante la interpretación de los movimientos claves en la escena animada. El plan instruccional se define según unos *Objetivos de*

Aprendizaje (OA's) o habilidades cognitivas a lograr en el alumno. También se especifican las Unidades Básicas de Aprendizaje (UBA's) o conceptos del dominio que pueden inferirse en cada simulación.

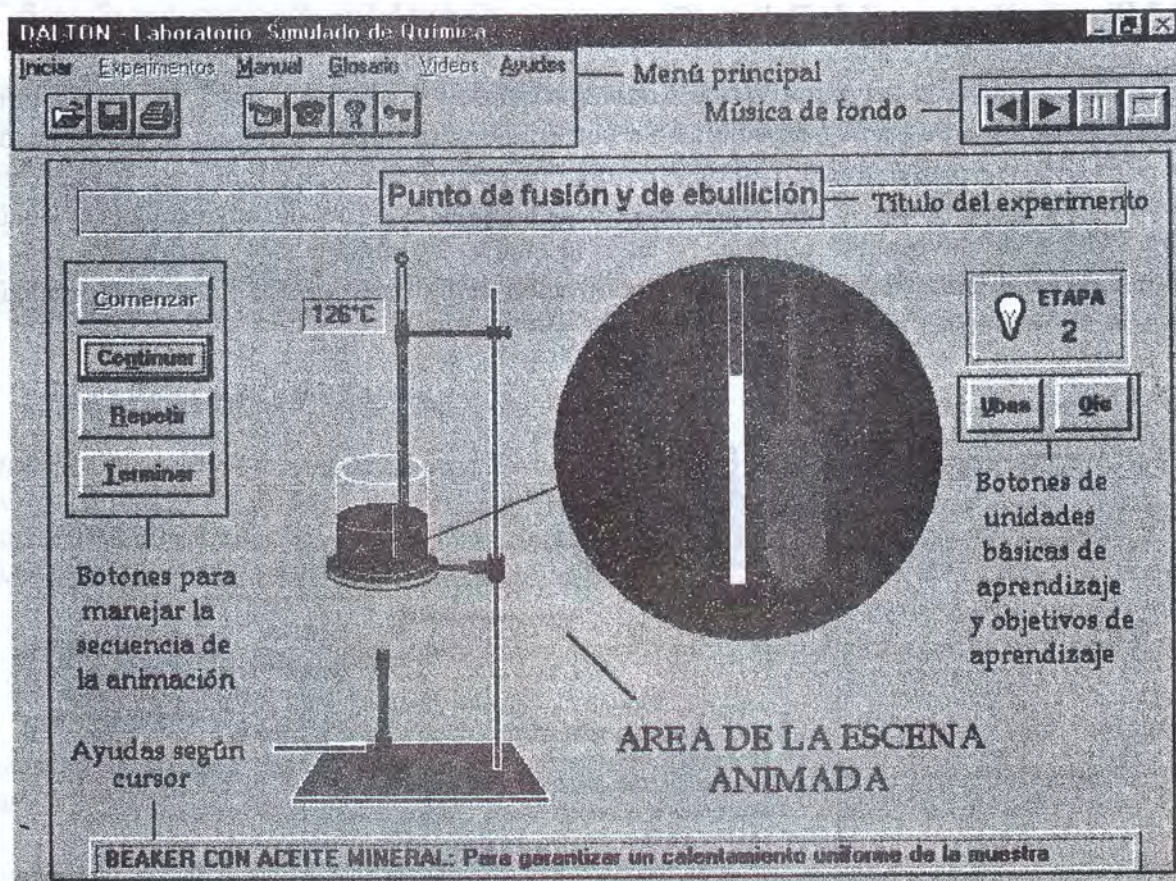


Figura 3. Aspecto de la interfaz en *Dalton*

1.4.2 Evaluación del estudiante

El sistema realiza la evaluación del alumno con el propósito de hacer una *replanificación* del aprendizaje. A este respecto, *Dalton* presenta 5 tipos diferentes de preguntas, seleccionadas al azar de un banco de 50 preguntas por tipo y por experimento. Con base en las respuestas acertadas, el sistema determina cuáles UBA's han sido apropiadamente captadas por el alumno y enseguida realiza un diagnóstico sobre el estado actual de los conocimientos del estudiante y sugiere cuáles conceptos deben revisarse de nuevo. Además, *Dalton* realiza una actualización permanente de la base de conocimientos del alumno para tener información disponible de primera mano sobre la historia de su aprendizaje.

2. REFERENCIAS

- (1) RESTREPO CUARTAS, JAIME. Cartas del Rector. Universidad de Antioquia, abril de 1997, Medellín. pp. 5-16.
- (2) GALVIS PANQUEVA, ALVARO. Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje Enriquecidos con Computador. Boletín de Informática Educativa, Vol. 1, No. 2, 1988. Bogotá. pp. 117-139.
- (3) OVALLE, DEMETRIO ARTURO ET AL. Diseño y Desarrollo Metodológico de SBC's (Sistemas Basados en Conocimientos) Distribuidos y Cooperantes Aplicados a la Ingeniería. Informe del Proyecto de Investigación 1118-14-091-94, Colciencias, 1995. Bogotá.
- (4) CORREDOR M., MARTHA VITALIA. Sistemas Tutoriales Inteligentes. Boletín de Informática Educativa, Vol. 2, No. 1, 1989. Bogotá. pp. 41-49.
- (5) OVALLE, DEMETRIO ARTURO ET AL. Una Metodología para la Construcción de Sistemas Tutoriales Hipermediales Aplicados a la Educación Superior. Revista Colombiana de Informática Educativa. 1997. (Publicación pendiente).
- (6) OSORIO GIRALDO, RUBEN D. Dalton. Módulo de Integración de Experimentos Simulados de Química Básica en un Sistema Tutorial Inteligente. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), Posgrado en Ingeniería de Sistemas, 1997. Medellín.

El papel de la industria y del ingeniero mismo en su desempeño son temas de por sí extensos y en estas reflexiones apenas sí hay espacio para analizar el tema general y el rol que juega la universidad en la señalada ruptura. En el caso de la Universidad de Antioquia este problema es evidente, sin embargo para explicarlo es necesario situar la discusión en el marco mucho más amplio del concepto de cultura y su debate. Además hay que precisar algunas distinciones entre ciencia y tecnología, que nos permitan comprender las divergencias entre ellas.

LA DISTINCION ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGIA

A pesar de su cercanía, la ingeniería no puede confundirse con la tecnología. Una definición colombiana de aquélla es la siguiente: "Ingeniería es el conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas, que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica ad hoc - particularmente en física, ciencias naturales y economía -, especial y notoriamente superior al del común de los ciudadanos"^[2]. Así la misma definición de ingeniería lleva implícitas las relaciones entre ciencia, tecnología y técnica, las cuales deben considerarse brevemente.

La tecnología es la convergencia de la técnica y la ciencia que, durante siglos, evolucionaron independientemente: la ciencia, concentrada en el saber especulativo, que buscaba penetrar la realidad hasta sus principios mismos, pero ajena a las consecuencias prácticas del conocimiento; la técnica, basada en un saber enteramente práctico, que no carecía de racionalidad, sin verdadera justificación teórica. Pero mientras que la ciencia antigua es ante todo contemplación, o sea visión puramente intelectual de las realidades que están más allá del mundo sensible, la ciencia, que se impone a partir de Galileo, Decartes y Newton, se fundamenta en el intercambio entre la experiencia y la razón y no en el descubrimiento que hace la razón de los principios y verdades que no pueden alcanzarse por la experiencia. Precisamente, lo que distingue a la ciencia moderna de la ciencia antigua es, la pretensión de conectar la teoría y la práctica mediante la acción del conocimiento. Uno de los resultados de ello fue la tecnología, que está ligada a la práctica científica en sus más hondas raíces. La ciencia, es, para emplear una expresión de raigambre kantiana, la condición de la posibilidad tecnológica.

La ciencia y la tecnología se distinguen por su actitud frente a la bibliografía, por sus respectivos procesos de investigación y, sobre todo, por sus mismas definiciones, la finalidad de la ciencia consiste en alcanzar un conocimiento científico fundamental y general, unas teorías cognoscitivas que deben juzgarse por su veracidad y no por su utilidad^[3]

Ahora bien, el conocimiento tecnológico propiamente dicho sólo surte efectos marginales sobre la humanidad, en el mejor de los casos. La incorporación de esos conocimientos en forma de innovaciones, nuevas prácticas industriales, la fabricación de nuevos productos, la reorganización de las instituciones, y la creación de nuevos servicios es lo que afecta fundamentalmente a todo individuo y ahí está el principal campo de acción del ingeniero.

Pero además de la diferencia entre el que hacer de los científicos y de los ingenieros, éstos tienen ahora el problema del todo. La crisis de nuestro tiempo y la crítica a la ciencia y la tecnología, que se hace actualmente desde distintos flancos (desde los fundamentalistas ecológicos, los partidos

verdes, los filósofos de la ciencia hasta los posmodernos) a menudo dejan a los ingenieros sin argumentos, pues acostumbrados a la estimación que en la edad del progreso y la tecnología se les ha tenido, se ven criticados en campos que ellos no han estudiado, y la sociedad, cuyo bienestar se basa en la tecnología, se encuentra ahora enfrentada a estos problemas tecnológicamente generados. Algunos ingenieros llegan a aceptar que el estudio apropiado de la humanidad consiste en conocer al hombre, y vinculan esa percepción con su labor, pero son muchos los que no siguen ese camino. No es necesario que todos sean especialistas en cuestiones humanas, pero quienes no lo sean deben aceptar la restricción y la opinión de los que saben, algunos de los cuales deberán tener, a su vez, un apropiado conocimiento de la tecnología^[4]. Bajo estos presupuestos se hace aún más evidente el problema de las dos culturas.

LAS DOS CULTURAS

De la empresa occidental que estableció las reglas de la comunicación han salido dos tipos de discurso: el dialéctico y el especializado. Este último no es solamente el producto de ciertas reglas de la comunicación; procede de la división del trabajo y la clasificación de las actividades, y posiciones de los hombres en la sociedad. Si uno se pregunta cual es la diferencia entre pensamiento científico y pensamiento sobre la totalidad (pensamiento dialéctico, socrático) hay que decir que el primero se dirige a un público de especialistas. La creación de comunidades fraccionales, de ontologías regionales, es la condición necesaria de la ciencia, de su eficacia, una eficacia siempre parcial pero también siempre renovada. Pero de aquí procede también la negativa a discurrir, a hablar de la totalidad. Y lo que se diga sobre la ciencia es todavía más acentuado en el caso de la tecnología y aún más en la ingeniería. Hay aquí una fractura de más de dos mil años, la cual se renueva sin cesar y que se trata de conciliar pero que es precisamente la fractura que nos impide saber a quién hablamos cuando hablamos de la totalidad^[5].

A partir de los griegos podemos hablar de una **cultura espiritual** y de una **cultura material**. Algunos pensadores modernos han creído que el término cultura debe aplicarse con exclusividad a la susodicha "cultura espiritual" y que a la "cultura material" debería llamársele civilización. La técnica por ejemplo, sería "civilización" y no "cultura", y lo contrario debería suceder con el arte.

Cultura viene del verbo latino "colere" que significó, en un comienzo, "trabajar la tierra", "cultivar". Este verbo después significó "rendir culto a", "honrar". Pero quienes le dieron al término "cultura" el sentido que hoy tiene, fueron los alemanes con su connotación "Die Kultur". En este caso la cultura no diferencia las manifestaciones simbólicas o formales como la ciencia, la moralidad, la religión, la filosofía (cultura espiritual) de las realizaciones técnicas o materiales, o sea, la suma de instrumentos, herramientas, máquinas, artefactos electro - mecánicos, etc. (cultura material) sino que las abarca en una totalidad sintética como reacciones del hombre y para el hombre. Cualquier obra es la materialización de algo espiritual (automóvil, pintura o sinfonía).

El aserto de C. P. Snow

Ahora bien, si el ingeniero es excesivamente técnico, lo que los "intelectuales" llaman "cultura" a su vez quiere dejar por fuera a la ciencia y la tecnología, es como si la ingeniería no formara parte de la cultura. Por una extraña evolución las expresiones "ser culto", "tener cultura", se aplican sólo a la cultura literaria. Se dice que un médico, un ingeniero son cultos porque han leído a Dostoyevski y a Proust, pero no se dice jamás de un escritor que sea culto porque conozca la segunda ley de la

termodinámica o los síntomas de la esclerosis en placas. Es culto porque es él mismo. Su cultura será excepcional si es, además filosófica, artística o histórica. Pero nadie la considerará dudosa si resulta incapaz de responder a la siguiente pregunta " Tiene Ud. idea del papel del ADN en la biología molecular?", lo que mudándolo, viene a ser como preguntar: "Ha leído usted, al menos, una tragedia de Shakespeare?"

Este fue el tipo de reflexiones que se hizo en 1959, en la conferencia REDE en la Universidad Cambridge, C. P. Snow, físico, servidor del estado y novelista, quien hizo algunas afirmaciones. La primera es que el termino "intelectual" se reserva casi exclusivamente a los intelectuales literarios. La segunda es que la comunicación está casi cortada entre el mundo de los científicos y el mundo de los literatos^[6] No se trata en este divorcio de "las dos culturas" de la simple distancia que existe, por la división del trabajo, entre medios socio-profesionales muy diferentes, como entre los vaqueros y los sicólogos. Tampoco se trata de la dificultad clásica, de unir hoy una cultura científica a una cultura filosófica, literaria y artística. En primer lugar, esto se da más en un sentido: el literato tiene más dificultad para conocer lo que sabe el científico. Este, con frecuencia, ha leído tantos libros, ha visto tanta obras de teatro, películas o cuadros como el literato: en todo caso, puede hacerlo.

Tal el aserto de Snow: en la cultura no hay ciencia, hay dos culturas o, si se prefiere, una sola cultura, que no reconoce, que no incluye a la ciencia. Y esta situación paradójica se da precisamente en el momento en que la ciencia, que llevó a la tecnología, comenzaba a revolucionar las condiciones de existencia de la humanidad. Explicar la separación de las dos culturas sería largo, es comprobar un fenómeno de civilización y plantear un problema real: " ¿ por qué sigue medio renegado por lo "cultural"?, precisamente el sector de la cultura, gracias al cual el hombre ha "transformado" el mundo en lugar de "interpretarlo".^[7]

Pero una cultura es el "modo de vida de un pueblo", y se distingue así de la sociedad, que es "el agregado organizado de individuos que siguen un mismo modo de vida". La cultura se refiere a pautas de conducta estandarizadas, transmitidas socialmente a través de la interacción simbólica, a los modos de adaptación, las normas de asociación y las explicaciones y los valores, por ello contrasta el concepto de Kultur germánica, profundo y rebosante de energía y la civilización occidental, asunto pernicioso en cuanto que se trata de una excrecencia superficial del artilugio y el materialismo. En una significación hueca, púsose de moda en expresiones del tipo de "cultura de la clase obrera" o incluso en la de las "dos culturas" de C. P. Snow que tantas críticas recibió por lo unidimensional de su punto de vista.

EL INGENIERO COMO PROFESIONAL

Un profesional, en sentido lato, es todo aquel que tiene encomendada, de manera habitual, una misión que cumplir en beneficio de los demás, con la contrapartida a su favor del derecho a la justa compensación de su trabajo^[8]. De ello se desprende que ".. el gran pecado del hombre profesional es su ignorancia. El desconocimiento de su misión servicial en la vida, o la amputación de su cometido, suplantándolo por otras finalidades de tipo egoísta. Cuando el profesional no se percató de su función irradiante en el entorno ¿qué ética puede tener? Quien ignora las metas que sus potencialidades y el país le señalan, quien no toma conciencia ni crea entusiasmo en ellas ¿ cómo satisfará sus responsabilidades?..."^[9]

Un profesional de cualquier clase debe ser idóneo en su campo y debe ser un hombre ético en el que son fundamentales las virtudes sociales. Además de las calidades como ser humano y como profesional - en esta sociedad permisiva y corrupta -, el ingeniero debe desplegar sus calidades técnicas, las que lo distinguen como ingeniero, aquellas sobre las cuales puede incidir más decisivamente la universidad.

En el ánimo de todo hombre vinculado con la comunidad industrial debe existir la idea de que no trabaja para el exclusivo beneficio del patrón, individuo o empresa, sino también para la sociedad y para sí mismo. Así la educación no debe tender simplemente a ilustrar e informar a quien habrá de cumplir un papel en la industria; debe ser, por el contrario, formativa. "... No se pueden diseñar programas de acuerdo con las necesidades actuales o con la realidad nacional, como se dice con cierto eufemismo. El estudiante de hoy será ingeniero en un mundo científico y cambiante donde será más importante la tecnología que él desarrollará y que cambiará el país, que la actual, que se le enseñe, porque mañana mismo será obsoleta, inadecuada y antieconómica.." [10].

Lo anterior indica que básicamente el ingeniero debe aprender a pensar - con todo lo que eso significa -, que su formación debe ser fuerte en ciencias básicas, con la habilidad de aplicar principios fundamentales, conceptos o leyes, incluyendo el uso adecuado de las matemáticas y los computadores. Además la base ingenieril debe ser lo suficientemente amplia como para interactuar con otras disciplinas sin olvidar que no toda la ingeniería está basada en la ciencia, los ejemplos del arte y la práctica ilustran la aplicación de los principios científicos. Es por eso que el ingeniero debe ser un hombre pragmático y aterrizado, capaz de utilizar los limitados recursos disponibles en la solución de los problemas de una sociedad como la que le toca vivir. [11].

EL PROBLEMA DE LA UNIVERSIDAD

Todo este problema cultural, tan acentuado entre los ingenieros, tiene en este caso muchas razones, una de ellas el aprestamiento que reciben en la universidad y que se considerará brevemente.

Cada año la industria contrata miles de ingenieros con escasamente su grado, quienes no tienen ni conocimientos ni interés en la cultura general, la mayoría de los cuales no desean estudiar más, ni unirse a asociaciones profesionales y apenas llegan a ser técnicos que se llaman a sí mismos profesionales. "

Respecto a las universidades, piensan que la industria es su cliente y se pliegan a sus necesidades, es decir comparten su responsabilidad de la subprofesionalización de los ingenieros jóvenes. Las universidades deben reconocer que sus clientes no son las empresas sino los estudiantes.

Pero aunque las universidades sean conscientes y deseen sinceramente ver a sus ingenieros educados de una manera amplia, están muy mal equipadas estructuralmente para acometer esa tarea. Una razón primera es la fragmentación de saberes que ocurre en ella. Casi todo en las universidades está contra cualquier propósito interdisciplinario. En la sociedad existen problemas cuya solución requiere el concurso de muchas profesiones y en las universidades hay departamentos unidimensionales, y esto se refleja en la formación de los ingenieros. Un profesor de primera categoría en Física, en Lingüística o en Historia no progresa en su carrera creando inquietudes en los estudiantes de ingeniería. Tal profesor quiere publicar sobre su propia disciplina,

cubrir las necesidades de su propio departamento y trabajar con los mejores estudiantes de su especialidad. Así es como se hace a un nombre, así avanza en el escalafón y así asciende en su profesión. Si se digna enseñar a estudiantes de ingeniería lo hará en sus propios términos, generalmente a grupos introductorios numerosos, que espantan más que atraen a los estudiantes.

En las universidades donde predomina la ingeniería y los departamentos socio - humanísticos son sólo apéndices, es muy posible que el profesorado no sea de lo mejor, y tales departamentos se mirarán con cierta condescendencia. Por su parte la mayoría de los profesores de ingeniería de casi todo tipo de universidades, tienden a ser menos que entusiastas sobre el curriculum no técnico. Después de todo la mayoría de ellos nunca recibió una formación humanística adecuada y encaran el asunto con escepticismo

EL PROBLEMA DE LA FACULTAD

Los ingenieros egresados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia adolecen de los problemas señalados, lo cierto es que en general no les falta capacidad técnica, pero están escasos de otros talentos desarrollables. Carecen de agresividad industrial y de facilidad para relacionarse. Por su excesivo tecnicismo son obreros supercalificados y excelentes supervisores, pero no los ingenieros cabales que el país necesita^[12]. Ante esta realidad la universidad ha emprendido varios tipos de acciones tendientes a superar esta situación, entre ellos una vasta reforma curricular.

En la actualidad, en nuestra facultad, se observa que los programas tratan de tener una fundamentación básica adecuada, pero este propósito no produce los resultados necesarios por el divorcio que existe entre los cursos de los primeros semestres, que son en la mayoría de los casos de fundamentación, y los cursos profesionales que tienden a ser informativos. En muchos casos se podría asegurar que estos últimos no requieren de la fundamentación científica previa. Para corroborar esto algunos es posible observar como algunos cursos profesionales que requieren conceptos básicos de las matemáticas, la física y la química, no los dan por sentados, sino que se gastan buena parte de su contenido en proveer de nuevo a los estudiantes con dichas bases, acomodadas a cada curso particular. En resumen los cursos básicos no se incorporan conscientemente al bagaje de los estudiantes, al punto de que muchos de ellos los toman como simples obstáculos que deben superar. Es común encontrar estudiantes de los últimos años repitiendo o validando cursos fundamentales, en un contrasentido indecible.

Surge de bulto uno de los principales problemas que tiene la pretendida fundamentación básica: ésta no es para los estudiantes una conceptualización generalizada de la realidad. No son algoritmos generales, que sean en cualquier momento aplicables a un caso particular y por eso todas las carreras empiezan especialización tan pronto pueden. Un caso extremo de esta tendencia centrífuga es la ingeniería de sistemas, en cuyo currículo existen cursos especiales de matemáticas desde el primer semestre, Esto va en sentido contrario a lo que se observa en los países donde la ingeniería es fuerte, en ellos la fundamentación básica para la ingeniería es similar y la práctica se obtiene en pequeños trabajos para la industria y las actividades de laboratorio. En estos programas los cursos específicos son pocos y no son informativos en la mayoría de los casos.

En vista de lo anterior se coordinan acciones con la facultad de ciencias, se plantea un currículo donde la fundamentación básica no sea solamente en los primeros semestres sino que se extienda durante toda la carrera y que así mismo la formación técnica se inicie desde los primeros semestres. Se hacen acercamientos entre los profesores de ingeniería, ciencias exactas y naturales y socio-humanísticas buscando un lenguaje común que lleve a la posibilidad de educar mejor nuestros ingenieros.

REFERENCIAS

- [1]. Florman, S. C., "The irrational search for scapegoats", *ASM News*, vol. 13, no 7, July 1982, p. 4.
- [2]. Poveda Ramos, Gabriel, *Ingeniería e historia de las técnicas*, vol. I, Colciencias, Bogotá, 1993, p. 13
- [3]. Díaz, J., "Un aporte a la discusión sobre " la enseñanza de la ingeniería en Colombia", *Informetal*, No 8, Julio - Sept. 1982, p. 3.
- [4].García, Guadalupe y Carlos Sabino, *Dictadura de la tecnocracia*, Proyección, Buenos Aires, 1974, p. 89.
- [5]. Pizzorno, Alessandro, "Conflictos y legitimidad", *El mito del desarrollo*, Cándido Mendes (ed.), Kairós, Barcelona, 1980, p. 67.
- [6]. Snow, C. P. *The two cultures*, Cambridge University Press, 1964.
- [7]. Trilling, Lionel, "La controversia Leavis_Snow", *Más allá de la cultura*, Lumen, Barcelona, 1968, p. 179.
- [8]. Peinador N.,A. *Moral Profesional*, U. de Salamanca, Madrid, 1962.
- [9]. Sánchez G.,M. *Deontología de Ingenieros*, Aguilar, Madrid, 1960.
- [10] Díaz, J:Y. " Un aporte a la discusión sobre 'la enseñanza de la ingeniería en Colombia'" *Informetal*, No 8, 1982.
- [11] Hull, D.M. "Challenges and Changes in Engineering Techonoly" *Engineering Education*. May 1986, p.726.
- [12] Valencia, Asdrúbal, "Los nuevos ingenieros", *Informetal*, No 29, 1991.

PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMATICAS

María Teresa Vargas Moreno

Escuela de Administración de Negocios E.A.N.

RESUMEN

El problema de la enseñanza de las matemáticas en muchas de las carreras de formación profesional, es que no se ha enfocado hacia la apropiación de conceptos. Cambiar este enfoque requiere replantear contenidos y cambiar la metodología.

La matemática debe enseñarse como disciplina intelectual para que pueda ser usada como herramienta. Ella debe inducir el desarrollo de las estructuras elementales del pensamiento matemático y contribuir a la formación de hábitos de razonamiento y claridad mental para afrontar problemas con agilidad, creatividad y hábitos de autoestudio.

El presente artículo muestra la metodología que se ha diseñado en el Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela de Administración de Negocios, E.A.N., con el fin de desarrollar las habilidades propias del profesional, que corresponden al área de las matemáticas.

Esta propuesta se comenzó a implementar hace un año en dos cursos de primer semestre de Ingeniería y seis de Administración de Empresas y actualmente se implementa también en segundo semestre de ambas carreras: participan 12 profesores, se hacen evaluaciones permanentes para controlar sus resultados y hacer los ajustes necesarios. El próximo semestre se implementará en tercer semestre y así hasta cubrir todas las asignaturas del área de matemáticas.

PRESENTACIÓN

Entre las características distintivas del ingeniero está su sólida formación en ciencias básicas, razón por la cual ésta constituye una de las mayores preocupaciones de la Facultad de Ingeniería.

Dentro del área de ciencias básicas se destaca como parte fundamental el campo de las matemáticas, el cual dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje presenta diversos inconvenientes. Se ha observado que los estudiantes tienen dificultad para analizar, abstraer, generalizar, sintetizar, aplicar conceptos a otras áreas o situaciones de la vida cotidiana y en la forma de resolver problemas. Su rendimiento académico no es alto; son pocos los que participan activamente en clase y muchos no muestran interés por el tema.

Por lo general, se considera que la principal causa de estos problemas es la deficiente formación durante la Educación Básica Primaria, Secundaria y Media Vocacional. Pero la forma en que se desarrolla el proceso de aprendizaje contribuye en igual o mayor medida a que se presenten dificultades. Esto hace necesario revisar la metodología que se está empleando, analizar sus bondades y deficiencias, como uno de los factores determinantes de dicha situación, para entrar a proponer estrategias de trabajo que mejoren el quehacer docente.

Durante 3 años aproximadamente, se han estado planteando y poniendo a prueba diversos métodos y técnicas, evaluándolas y replanteándolas. Éste proceso se ha ido decantando y es así como hace un año se comenzó la aplicación sistemática de la propuesta con los estudiantes de primer semestre, luego con los de segundo y así sucesivamente hasta cubrir toda el área de matemáticas. Es un proceso abierto y flexible que se evalúa constantemente para hacer los ajustes necesarios y lograr mejores resultados.

OBJETIVO

Proponer, implementar y verificar una propuesta didáctica que responda a las necesidades y requerimientos para una formación básica en matemáticas y que contribuya a la solución de las dificultades que se han encontrado en dicha formación.

CONTENIDOS

Para definir el QUÉ en la enseñanza de la matemática en ingeniería, compartimos el criterio del Dr. Carlos Ruíz cuando plantea que : “ Las matemáticas se deben aprender como una disciplina intelectual para que puedan servir como una herramienta para solucionar problemas de ingeniería”¹.

El conocimiento es construido por el estudiante por medio de la actividad que lo pone en contacto con el medio que lo rodea. Que se logre una adecuación entre las estructuras operatorias espontáneas del pensamiento y la actividad del individuo, permite que el proceso cognoscitivo

¹ RUIZ, Carlos. La enseñanza de las matemáticas en la ingeniería. En Revista Escuela Colombiana de Ingeniería. Julio- Septiembre 1996.

alcance cada vez mayores grados de complejidad, lo cual le va a permitir maximizar los resultados de sus procesos de equilibración.

Las matemáticas están organizadas en estructuras que se engendran unas a partir de otras elementales y éstas corresponden a las estructuras operatorias del pensamiento.

Desde las consideraciones anteriores, se hace énfasis en el desarrollo de las operaciones del pensamiento matemático y en sus procesos: especializar, conjeturar, generalizar y convencer. Para ajustar recíprocamente las estructuras operatorias espontáneas propias de la inteligencia con los contenidos, se tienen en cuenta las estructuras elementales del pensamiento y de acuerdo a ellas se seleccionan las asignaturas y los contenidos así:

ESTRUCTURAS ALGEBRAICAS: Álgebra y Álgebra Moderna.

ESTRUCTURAS DE ORDEN: Matemática Estructural, Cálculos, Ecuaciones Diferenciales y Matemáticas Discretas.

ESTRUCTURAS TOPOLÓGICAS: Geometría.

Como herramienta para solucionar problemas, se tiene en cuenta, que un problema es una situación nueva que requiere de interpretación, originalidad y creatividad por parte del estudiante y que le permite aplicar los conocimientos adquiridos a su trabajo y en general a su cotidianidad.

Los contenidos de estas asignaturas están clasificados en Contenidos Conceptuales, Contenidos Procedimentales y Contenidos Actitudinales., con el propósito de hacer un planteamiento integral que comprenda las diferentes dimensiones del estudiante.

METODOLOGÍA

Las tres clases de contenidos mencionadas anteriormente, se trabajan en forma inter-relacionada y simultánea, basándose en la concepción de APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, pero sin olvidar otras clases de aprendizaje que resultan útiles para alcanzar determinados logros.

El aprendizaje significativo se da a través de ACTIVIDADES POR DESCUBRIMIENTO y ACTIVIDADES POR EXPOSICIÓN, partiendo de SISTEMAS CONCRETOS, pasando por los SISTEMAS CONCEPTUALES, para finalmente abordar los SISTEMAS SIMBÓLICOS.

Las actividades por descubrimiento, se desarrollan por medio de talleres. Para su elaboración es necesario:

1. Tener en cuenta las ideas previas o preconceptos de los estudiantes. Para identificarlos, al inicio del curso, el departamento diseña y aplica una prueba de entrada y antes de abordar cada uno de los temas claves también hace una rápida exploración que puede ser oral o escrita que diseña y aplica cada profesor.
2. Conducir al alumno a formar las nociones y descubrir por sí mismo las relaciones y las propiedades matemáticas. Para esto se desarrollan talleres que incluyen actividades acordes con los procesos del pensamiento matemático, a saber:
 - a) Un concepto se presenta en diferentes situaciones. Cada una de ellas provee la oportunidad de manipular elementos que son concretos en el pensamiento del estudiante y que pueden darse como manifestaciones físicas o ideas. Se parte de **sistemas concretos**.
 - b) Una vez examinados estas situaciones, el estudiante entra a conjeturar acerca de las relaciones que son comunes a todas ellas y a proponer un patrón.
 - c) Este reconocimiento de patrones le permite enunciar generalidades (hipótesis) y diseñar ejemplos que sirvan como ilustración.
 - d) Después de plantear las hipótesis y convencerse a sí mismo, el estudiante las pone a prueba ante sus compañeros, intentando convencerlos. Es una oportunidad para revisar sus planteamientos y, si es necesario, entrar a replantearlos.

Para mayor efectividad en este proceso se trabajan talleres individuales de exploración y planteamiento individual, luego talleres en binas para que los estudiantes compartan sus planteamientos. Después se reúnen dos o tres binas y se desarrollan talleres en grupo para la socialización y el replanteamiento de conceptos. En ésta parte se trabaja con **sistemas conceptuales**.

3. Proporcionar elementos para que el estudiante pueda formalizar los conceptos contruidos. Para esto el profesor realiza una plenaria y complementa el tema. Se ha pasado a trabajar con **sistemas simbólicos**.

Las actividades por exposición deben ser planeadas rigurosamente por cada docente, teniendo en cuenta también las ideas previas de los estudiantes y estableciendo un puente entre ellas y el nuevo conocimiento para facilitar su comprensión.

Para el aprendizaje de los contenidos procedimentales se desarrollan talleres de aplicación, en los que se hace más énfasis en el como van haciendo los alumnos las cosas que en los resultados finales.

El aprendizaje de los contenidos actitudinales es progresivo y dinámico dependiendo del profesor, del grupo y de los rasgos de personalidad del alumno. Es importante conocer las

actitudes que traen los estudiantes hacia la matemática y partir de ellas para modificarlas, afianzarlas o propender por la construcción de otras nuevas.

SISTEMAS DE EVALUACION

Todo el proceso se basa en intercambios comunicativos entre profesores y alumnos, unos responden a los otros de acuerdo con lo que se haya dicho o hecho, la evaluación es la parte del proceso en la que se intenta comprender qué significado le asignan los estudiantes a las ideas que tratan estos intercambios.

La evaluación es periódica para que el profesor pueda decidir que preguntas habrá de hacer y qué ejemplos habrá de usar en adelante. También es un proceso continuo, dinámico y en ocasiones es informal.

Para hacer perceptible el grado de conocimiento alcanzado por los estudiantes, se definen los logros y los indicadores de logros, basándose en los "Estándares curriculares y de evaluación para la Educación Matemática" planteados por "National Council of Teachers of Mathematics (NTCM)".

Estos estándares son: Potencia matemática, Resolución de problemas, Comunicación, Razonamiento, Conceptos matemáticos, Procedimientos matemáticos, Actitud matemática

Los tres últimos indicadores de logro corresponden a las clases en que se han organizado los contenidos: Conceptuales, Procedimentales y Actitudinales, respectivamente. Pero es necesario tener en cuenta que con los cuatro primeros, también se están evaluando estos contenidos.

Algunas de las evaluaciones son diseñadas por el Departamento de Matemáticas, especialmente, las que tienen que ver con la aplicación de los conceptos a situaciones de trabajo o de la vida cotidiana. Para entregar estas evaluaciones se da un plazo de una semana a los estudiantes. Otras evaluaciones son diseñadas por cada docente y se deben entregar inmediatamente, principalmente las que tienen que ver con los contenidos procedimentales y que necesitan de un acompañamiento del profesor.

La evaluación de los contenidos actitudinales se realiza principalmente a partir de la observación de las acciones del estudiante, rescatando el componente cognitivo, afectivo y conducta que hay detrás de cada actitud. Se tienen en cuenta los cambios de actitud del alumno y el momento en que éstos se originan.

El diseño de las evaluaciones se hace de tal forma que constituyan los primeros pasos para lograr implementar en el futuro un sistema de autoevaluación por parte de los estudiantes.

EVALUACION DE LA PROPUESTA

El proceso de aplicación de la propuesta, se evalúa constantemente para controlar sus resultados y hacer los cambios necesarios, para ello se realizan reuniones periódicas con los docentes involucrados en el proceso y también se confrontan los resultados de las pruebas de entrada con los resultados finales del semestre para saber el nivel que han logrado los estudiantes.

Esta metodología se ha aplicado en los últimos tres semestres a los estudiantes de primero, segundo y tercer semestre de la Carrera de Ingeniería de Sistemas, cubriendo una población total de 200 estudiantes y en la carrera de Administración de Empresas a los estudiantes de primero y segundo semestre, para un total de 500 estudiantes. Como resultado de lo anterior se pueden resaltar algunos cambios significativos:

1. Un descenso en la tasa de mortalidad académica en las asignaturas del área de matemáticas, medido como reducción en el número de repitentes, número de cursos vacacionales y número de habilitaciones. Esto debido a la bondad de la metodología, que destaca un trabajo más personalizado.
2. Un cambio de actitud de los estudiantes, hacia el estudio de las matemáticas
3. Gestación de la Escuela de Docentes del área de matemáticas con miras a fortalecer la metodología y buscar nuevas alternativas.

La principal dificultad que se ha presentado para la adopción de esta metodología, ha sido la resistencia al cambio por parte de algunos estudiantes, principalmente los de primer semestre, debido a que deben pasar del tradicional papel pasivo a uno totalmente activo y participativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. VASCO, Carlos Eduardo. *El Enfoque de Sistemas en la Enseñanza de la Matemática*. Editorial Norma, 1986, Bogotá, páginas 23 - 31.
2. PIAGET, Jean. *Psicología y Pedagogía*. Editorial Ariel S.A., 1987, Barcelona, páginas 53 - 61.
3. RUIZ, Carlos. *La Enseñanza de las matemáticas en la Ingeniería*. en Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, Julio - Septiembre 1996, páginas 24 -45.
4. GUTIERREZ, Angel. JAIME, Adela. *Geometría y algunos aspectos de la educación matemática*. Grupo Editorial Iberoamérica. 1995, Bogotá.

TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA DEL DIFERENCIAL

Erminsul Palomino Bejarano, Laureano Valencia
Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.
Cali - Colombia

En el contexto de la didáctica de la Matemática, juega un papel importante la Transposición didáctica, es decir la acción de transponer un saber hacia un sitio didáctico. Es en este contexto de la transposición didáctica desde donde miraremos el proceso seguido por el concepto de diferencial desde el Cálculo de Leibniz hasta el Cálculo escolar.

Se pretende hacer una descripción de la naturaleza del conocimiento donde se inscribe el concepto de diferencial, tanto en sus orígenes (Cálculo Leibniziano) como en el concepto del cálculo escolar, es decir, se hace una comparación entre estos cálculos y además se muestra, entre otras cosas como el concepto de diferencial tienen significados distintos en el contexto escolar y el contexto Leibniziano. Así mismo señalaremos el papel que juega el concepto de diferencial en esos ambientes, su posición relativa con otros conceptos y las características de la notación del diferencial en ambos esquemas.

Nos preocupa también el uso que se da al diferencial en los libros de texto, que radica fundamentalmente en su empleo en cálculo de aproximaciones.

Se ha identificado que un manejo adecuado del concepto de diferencial, como tal, proporciona facilidades para posteriores estudios acerca de las derivadas, propiedades y sus consecuencias.

El objeto de estudio de la didáctica de las matemáticas, lo constituye el juego que se desarrolla entre un profesor, los alumnos y un saber matemáticos transpuesto. Los tres elementos mencionados, configuran el llamado sistema didáctico. La relación ternaria definida entre los tres elementos mencionados es lo que se denomina relación didáctica.

El sistema didáctico no es el efecto de nuestra voluntad, su funcionamiento supone que cada uno de los tres componentes (Alumnos, profesor, saber transpuesto), mantienen su posición al satisfacer unos contratos didácticos específicos.

Es necesario tener presente que en el concepto de sistema didáctico, el aprendizaje no está referido solo al alumno, sino que se extiende a todos los elementos del sistema.

La Transposición didáctica comprende dos subcategorías : Aquella utilizada por el investigador para describir la transformación de un contenido de saber existente en un saber a enseñar. Es lo que se designa con el nombre de transposición didáctica en el " Estrictu sensu".

La otra subcategoría incluye adicionalmente con respecto a la anterior el paso de lo implícito a lo explícito, de la práctica a la teoría. Se designa con el nombre de transposición didáctica en el sentido amplio.

La existencia de una transposición didáctica está referida a un proceso completo, que involucra la creación de situaciones didácticas referidas a objetos de saber y enseñanza a la vez, necesarias para las condiciones del funcionamiento didáctico.

Para el didacta la transposición didáctica es una herramienta que le permite tomar distancia, interrogar sobre lo evidente, debilitar las ideas simples, alejarse de la familiaridad engañosa de su objeto de estudio. Constituyéndose así en breve ejercicio de vigilancia epistemológica.

Como categoría de análisis, la transposición didáctica exige una mirada retrospectiva, por parte del investigador. Por lo cual la historia es una de las herramientas utilizadas en este tipo de estudios.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL CONOCIMIENTO DONDE SE INSCRIBE EL DIFERENCIAL

El Cálculo Leibniziano nace en el seno de la geometría del siglo XVII. El siguiente pasaje de Leibniz revela el centro de interés del trabajo de los geómetras y la incorporación del Álgebra por los mismos como elemento de análisis.

" Desde siempre, los geómetras, se han dedicado a establecer las proporciones entre las líneas curvas y las líneas rectas, sin embargo aun en la actualidad, en que disponemos de la ayuda del álgebra, todavía no manejamos bien esta cuestión, por lo menos aplicando los métodos en uso actualmente " (Leibniz, 1682; p 71).

Así, pues el objeto de estudio en el Cálculo Leibniziano son las curvas. Más precisamente, el interés está puesto en el estudio de las relaciones entre las distintas cantidades geométricas variables asociables a las curvas, el título del primer libro del Cálculo, escrito por L' Hospital en 1796 revela también, dicha preocupación: " Análisis de lo infinitamente pequeño para la comprensión de las líneas curvas".

Tal vez la frase que mejor describe en forma sucinta, los rasgos principales del Cálculo Escolar es la que caracteriza a esta matemática como una especie de " Análisis diluido" El objeto de estudio son las funciones reales de variable (o variable) real, funciones de R^n a R^m con $1 \leq n, m \leq 3$. Es entonces una constante encontrar conceptos asociados a ellas: límite de una función, continuidad de una función derivada de una función, integral de una función, máximo y mínimo de una función etc. El adjetivo de " diluido" es un cuanto a que el Cálculo Escolar no es propiamente Análisis (no se hace una construcción de los Números Reales, no se demuestra el Teorema del Valor (Intermedio, apoyándose por ejemplo, en la caracterización de que los

subconjuntos acotados superiormente de números reales, tienen un "Sup") pero conserva el estilo de la construcción ascendente, lógica de conceptos, a partir de los Números Reales.

Pero nuestro interés en señalar el contraste entre la especificidad del conocimiento donde se inscribe el diferencial, puntualizamos que en el Cálculo Escolar, las variables reales representan cantidades adimensionales, las funciones en el contexto de relaciones entre variables, determinan la elección de una (o más) variable como la independiente; no existe por supuesto, la restricción de la homogeneidad de los términos que aparecen en una ecuación algebraica.

En el Cálculo Leibniziano la variable se concibe como una secuencia de valores infinitamente próximos. Cuando Leibniz habla de crecimiento y movimiento, lo hace utilizando términos como "creciendo por mínimos", crecimiento continuo por insignificables" (BOS, 1974 ; p.16) o bien "términos continuamente crecientes, elemento por elemento" como se muestra en el siguiente extracto de un escrito de Leibniz, donde otra parte, identifica como problemática común la suma de series de figuras, dentro de una ciencia de infinito.

" Así como para el Álgebra, ciencia general de la cantidad finita, el objetivo principal es extraer las raíces de las expresiones, es para sumas de series; o cuando ellas son compuestas de términos continuamente crecientes, elemento por elemento sus sumas no son otras que las cuadraturas, o dicho de otra manera, las áreas de figuras"
(LEIBNIZ, 1702 p. 387)

En el Cálculo Escolar las variables " corren" sobre los Números Reales. Más Propiamente, " Variable" se concibe como " algo que puede ser cualquier número dentro de algún conjunto de números. Podemos confirmar, esto, simplemente recordando expresiones como $x \in \mathbb{R}$; $x \in D$

Las curvas son gráficas de funciones, cuando se tiene funciones de \mathbb{R} en \mathbb{R} ; o bien son las imagen de funciones de \mathbb{R} en \mathbb{R}^2 , llamadas también curvas paramétricas : $(x(t), y(t))$.

A) El Concepto de Diferencial

Precisamente, al iniciar una variable con una secuencia de valores infinitamente próximos, **el diferencial de una variable** es de nuevo, una variable que se obtiene de tomar la diferencia (infinitamente pequeña) que existe entre cada dos valores sucesivos de la variable. El diferencial de la variable y se denota por dy .

" Aquí dx significa el elemento, esto, es el incremento (instantáneo o decremento de la cantidad creciente (continuamente) x . Es también llamada **diferencia**, a saber la diferencia entre dos x ' s que difieren por un elemento (o por un insignificante), una organizándose de la otra, cuando se crece o decrece (momentáneamente)". (LEIBNIZ, tomado de BOS, p 18).

En cuanto a la consideración por parte de Leibniz de las cantidades infinitamente pequeñas, tenemos el siguiente apunte:

" Si unimos a una línea de otra línea, o una línea a una superficie no incrementamos su magnitud. Sucede lo mismo si adjuntamos a una línea con otra línea, pero siendo incomparable más pequeña. Tales incrementos no pueden ser exhibidos por construcción alguna. Así como en el ejemplo del Libro V de Eclides en la Definición 5, considero que solo son comparables las magnitudes homogéneas, para las que el producto de una de ellas por un número, un número finito se entiende, puede separar a las otras. Establezco entonces, cantidades de diferencia, son iguales, como lo admite Arquímedes y todos los que le siguieron. Este es precisamente el caso en el que se dice que una diferencia es más pequeña magnitud dada. (LEBNIZ, 1965, p 327).

Conviene puntualizar que El diferencial opera sobre variables (Ya vimos como se conciben y son magnitudes infinitamente pequeñas).

Dentro del Cálculo Escolar, el diferencial se define para funciones (de valores reales, de una o varias variables) así:

Sea $y = f(x)$ una función, el diferencial se define como:

$$dy = f'(x) dx, \text{ siendo } dx = \Delta x, \text{ un valor cualquiera.}$$

Si se tiene $f(x, y) = z$, se define el diferencial de z como:

$$dz = \frac{J_f}{J_x} dx + \frac{J_f}{J_y} dy, \text{ con } dx = \Delta x, dy = \Delta y$$

Notemos que el diferencial, aquí opera sobre funciones, sus valores son números reales (cantidades finitas), y esta definiéndose con base en la derivada. Obvia decir que las cantidades infinitamente pequeñas no aparecen en ninguna parte de esta Matemática Escolar.

B) El Papel de Diferencial

Dentro del Cálculo Leibniziano, el concepto del Diferencial, junto con el de Suma (a la postre la integral) juega un papel de primordial importancia central.

Veamos un ejemplo de como se emplea el diferencial en el tratamiento de problemáticas comunes en esa época (y que aparecen como aplicaciones importantes en nuestros libros de Cálculo).

Construcción de Tangente a una curva.

"..... Encontrar la tangente consiste en trazar una recta uniendo dos polígonos infinitamente próximos en la curva, es decir trazar el lado de un polígono infinitoangular, que a mis ojos equivale a la curva". (LEIBNIZ, 1684, p 111).

CE: En el Cálculo Escolar, el empleo que se hace del diferencial es francamente absurdo y contradictorio.

Dada la función, el diferencial se usa para aproximar ya sea el valor de la función en algún punto cercano a otro donde la función se conoce, o bien para aproximar el incremento de la función cuando se pasa de un punto a otro cercano, en el dominio.

Como ilustración del último punto tenemos el siguiente ejemplo en (ZILL; 1987, página 167).

"EJEMPLO 1"

Utilizar $f(x + \Delta x) = f(x) + f'(x) \Delta x$ para encontrar una aproximación a $(25.4)^{1/2}$

En el capítulo 16 correspondiente el Cálculo Diferencial de Funciones de Varias Variables encontramos en la sección 4, página 762 (del mismo libro) el siguiente:

" EJEMPLO 2"

Evaluar Δz para $z = x^2 - xy$. ¿ Cual es el cambio en la función de (1.1) a (1.2,0.7)? "

Los conceptos centrales en el Cálculo Escolar son la derivada y la integral (De Riemann). El diferencial en este Cálculo, tiene un papel irrelevante, se define después de la derivada; de hecho se define en términos de estas.

C) La Notación Diferencial

Se sabe que las ideas principales para la creación del Cálculo por parte de Leibniz, fueron las relativas a sus trabajos con sucesiones y series (por ejemplo Grattan- Guinness, Capítulo 2). Brevemente podemos apuntar que el concepto de sucesión infinita de valores infinitamente próximos); la sucesión de diferencias de una sucesión infinita dada (cuyos términos son las diferencias de cada dos términos sucesivos de la sucesión dada) corresponde al diferencial de una sucesión de sumas.

Para la variable y , dy representa su diferencial, es decir la variable cuyos valores son las diferencias de valores infinitamente próximos de y . $\int f(y)$ representa la suma (que casi inmediatamente después fue llamada integral por los Bernoulli), es decir la suma de todos los valores, de y desde un valor fijos hasta y .

Aunque la notación que se utiliza en este contexto es la misma: dy algo que llama poderosamente la atención es que a pesar que el diferencial en si tiene un papel relativamente muy pobre, su notación aparece constantemente a lo largo de todo el texto utilizan para la derivada que se define antes que el diferencial la notación de diferenciales: dy / dx

BIBLIOGRAFIA

RICARDO CANTORAL, Transposición Didáctica del Diferencial, 1994. Méjico

Y VES CHEVALLARD et Marie Alberte Juhsua, La Transposition Didactique, 1991, París.

NUEVAS METODOLOGIAS DE ENSEÑANZA EN INGENIERIA DE SISTEMAS

José Rafael Capacho P.
Universidad del Norte

Resumen: La didáctica de apoyo al proceso aprendizaje-enseñanza a nivel universitario en la mayoría de los casos se reduce a clases magistrales, las cuales no permiten al estudiante una participación activa en el proceso, al igual que los convierten en un simple receptor de información. Dentro del marco conceptual de la universidad proactiva, la ciencia, la cultura y las naciones avanzan gracias a los nuevos conocimientos resultados de la investigación, la cual debe iniciarse en el aula de clase. La investigación en el aula de clase, se asume como un proceso de exploración, planificación, análisis, desarrollo, prueba y verificación de conceptos teórico-prácticos que sirven de bases fundamentales para la resolución de problemas en las ciencias básicas o aplicadas de la Ingeniería.

Por tanto, se hace necesario en la enseñanza de las ciencias exactas, aplicar nuevas metodologías de enseñanza de corte constructivista que conviertan al aula de clase en un verdadero laboratorio de producción de conocimiento tanto del alumno como del profesor.

Texto: El proyecto educativo del Programa de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad del Norte, está conformado por las instancias: ideal, integradora, real y experiencial. La instancia ideal, está constituida por la visión y la misión del Programa. La misión del Programa propende por la formación integral en el plano de la educación de un Ingeniero de Sistemas con énfasis en la fundamentación **investigativa** en Ciencias de la Computación.

El Currículum del Programa de Sistemas, en cumplimiento de su misión y acorde los lineamientos internacionales la ACM/IEEE-CS (Association for Computing Machinery and the Computer Society of the IEEE), y los lineamientos nacionales de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, para la formación de personas en el campo de Ciencias de la Computación tiene en su área Algorítmica la Asignatura de Técnicas de Análisis de Algoritmos (TAA), cuyo objetivo es el análisis de la eficiencia de los algoritmos y el estudio de estrategias para la solución de problemas factibles de ser tratados computacionalmente; la

asignatura TAA, tiene un denso contenido matemático, por lo tanto forma parte de las ciencias básicas de la Ingeniería de Sistemas.

Partiendo del hecho de que la misión del Programa es la fundamentación investigativa en Ciencias de la Computación y teniendo en cuenta el denso contenido matemático de soporte formal a la asignatura de TAA, después de un proceso de análisis e investigación pedagógica, se llegó a la conclusión de que la metodología tradicional de clase magistral, no era la más adecuada para el cumplimiento de la misión del Programa; por tanto, era necesario la exploración, aplicación y evaluación de nuevas metodologías de enseñanza para la asignatura de TAA y consecuentemente para la Ingeniería de Sistemas.

Teniendo en cuenta la óptica curricular de un modelo de investigación y fundamentándose en la teoría general de los sistemas y en la teoría del seminario alemán, el espacio aula de clase es entendida bajo la óptica de un laboratorio en el cual el proceso aprendizaje-enseñanza es administrado bajo nuevas metodologías de enseñanza.

El objetivo fundamental de la presente conferencia es mostrar las nuevas metodologías de enseñanza aplicadas en Ingeniería de Sistemas constituidas por: aplicación de mapas conceptuales y la V heurística, propuesta de investigación y desarrollo en el aula de clase, modelo de seminario creativo para la enseñanza de las ciencias exactas, aplicación de la teoría de juegos de clase, teorización y racionalización de la práctica e internacionalización de la asignatura.

Teniendo en cuenta el constructivismo humano de J.D. Novak, los mapas conceptuales (Figura 1), son estructuras jerárquicas en forma de árbol invertido, constituidas por nodos y arcos donde se refleja la organización conceptual de una disciplina, generando así un aprendizaje significativo; por su parte la V heurística (Figura 2), desarrollada por Gowin es una herramienta que unida a los mapas conceptuales permite profundizar en la estructura y significado del conocimiento asociado a una disciplina, permitiendo resolver problemas, comprender procesos, comprobar teorías o teorizar prácticas.

La elaboración de mapas conceptuales es guiada por los siguientes pasos (no considerados absolutos): Exploración conceptual sobre temática propuesta, construcción del mapa conceptual por el alumno, socialización de mapas conceptuales por grupos de alumnos, rediseño del mapa conceptual de la clase y consulta intencionada.

La V heurística, es la interacción activa entre una parte teórica conceptual (izquierda) y una parte metodológica (derecha), a través de preguntas centrales sobre acontecimientos y objetos relacionados con una disciplina.

La propuesta de Investigación y Desarrollo (I&D) es el aula de clase, se fundamenta en el principio de que el alumno puede aprender a través de investigación, cumpliendo las fases de aprender, desarrollar e investigar sobre determinada disciplina guiado bajo la óptica de un modelo sistémico e investigativo. Dentro del modelo sistémico, los principios didácticos que guían la propuesta son: Autonomía, pues el alumno obtiene mejores resultados trabajando en sus áreas de interés. Comunicación, por cuanto se debe manejar una red compleja de

comunicaciones entre grupos de investigación-alumnos-profesor y Enfoque pertinente al contexto, por cuanto la propuesta aboga por la solución de problemas relacionados con el entorno. Los métodos didácticos sugeridos dentro de la propuesta son: formulación y solución de problemas teóricos y prácticos, estructuración de proyectos de I&D ligados a líneas de investigación del Programa, planteamiento de proyectos de I&D trabajo-estudio, lectura y análisis de artículos sobre áreas temáticas, catalogación y difusión de resultados de líneas de investigación.

El modelo de seminario creativo para la enseñanza de las ciencias exactas, se fundamenta en el seminario de la Universidad Alemana y se establece como método de formación e investigación. El seminario está compuesto por: El texto o punto de inicio del seminario. La reflexión individual, la cual consiste en exploración, análisis, apropiación y conceptualización del texto. La interacción grupal, con el fin de exponer, analizar y validar las elaboraciones conceptuales del texto y finalmente la generación, validación y valoración del nuevo conocimiento individual y grupal derivado del seminario.

La aplicación de la teoría de juegos en clase, se fundamenta en el principio que el juego privilegia la curiosidad y creatividad del alumno, generando un aprendizaje a expansión. Las recomendaciones didácticas para la aplicación de la teoría de juegos en el proceso de aprendizaje-enseñanza son: Exploración y priorización de temáticas a ser desarrollados con la didáctica de teoría de juegos, diseño, operación y evaluación del juego en el aula de clase, diseño y programación, ejecución y evaluación de simuladores (juegos por computador) empleando software educativo. Articulación y extrapolación de las temáticas desarrolladas en la clase con Simuladores de otras asignaturas.

La teorización y racionalización de la práctica rompe con el esquema tradicional de la enseñanza con énfasis en la teorización y la conceptualización excesiva. Esta metodología tiene como fin presentar primero al estudiante los procedimientos y los procesos de manera práctica, con el fin de que el alumno llegue a una conceptualización formal de la práctica mediante la construcción de conceptos y categorías. La didáctica en la presente metodología se fundamenta en diseñar secuencias de aprendizaje tales como: Observaciones de campo, demostraciones, simulaciones mediante software educativo, ensayos y observaciones pertinentes al contenido desarrollado en la asignatura.

La internacionalización de la asignatura, es la ubicación curricular de la clase a escala internacional y se fundamenta en la comparación de la clase con sus paralelas extranjeras, teniendo en cuenta: descripción sintética, objetivos, metodologías de enseñanza, recursos de laboratorios, recursos bibliográficos, recursos docentes y métodos de evaluación. Se logra una comparación objetiva, cuando se caracteriza la asignatura con otra de su especie, para diseñar y ejecutar un plan de mejoramiento continuo, que si se hace mediante Internet, derive una asignatura no consumidora de información dada por otras universidades, sino generadora de información de alta calidad para ser servida a la sociedad nacional e internacional.

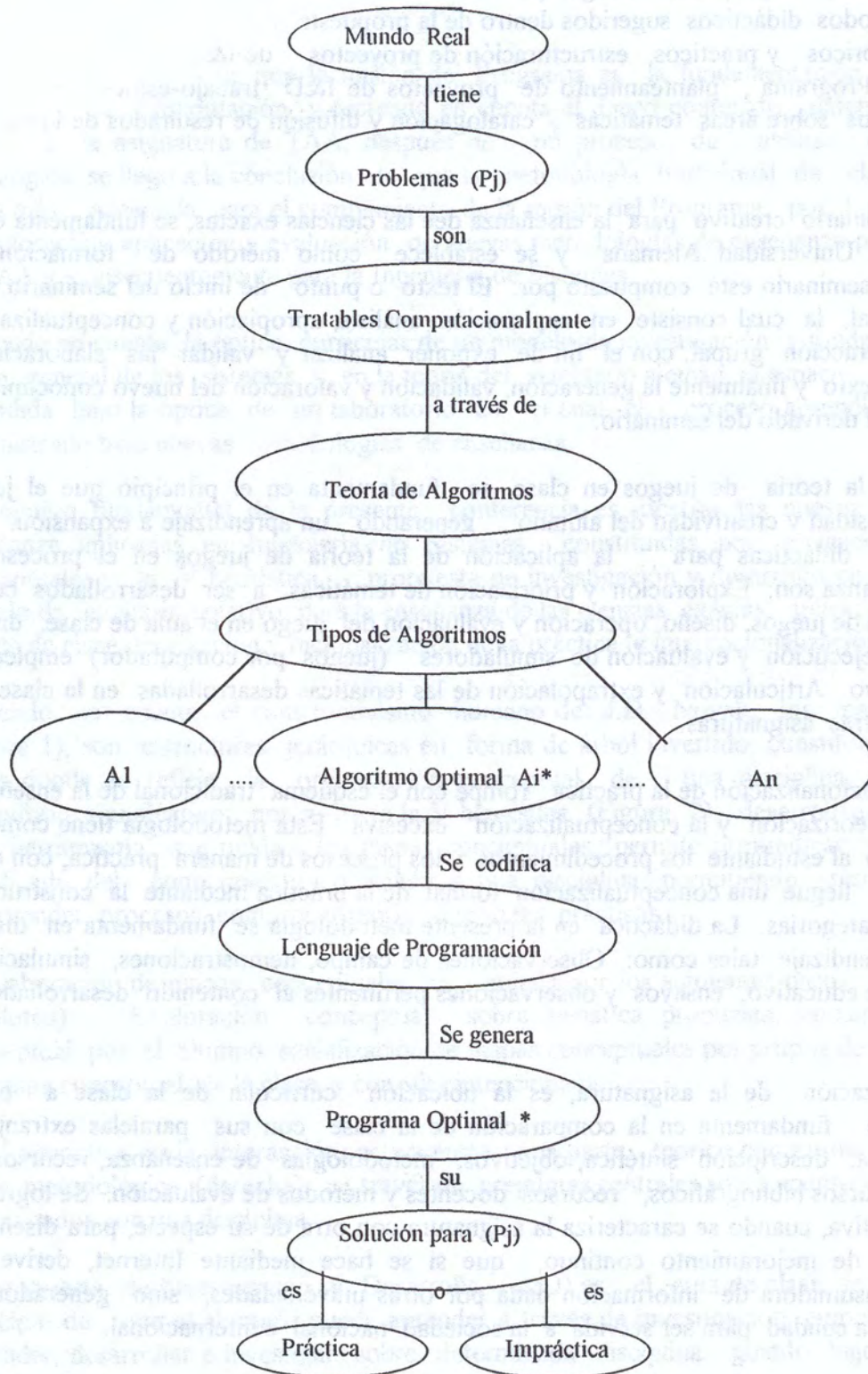


Figura 1. Solución de problemas, aplicando Algorítmica

En conclusión, las metodologías de enseñanzas expuestas anteriormente permiten: la formación de un Ingeniero de Sistemas con fundamento de iniciación para ser investigador en sistemas; el desarrollo profesional del docente con enfoque investigativo (profesional con capacidad de autodesarrollo, innovador, creativo, comprobador de ideas mediante la investigación), y la interrelación clase-contexto mediante el empleo de nuevas tecnologías de información como Internet



Figura 2. V Heurística ¹

¹ GALLEGU-BADILLO, Rómulo y PEREZ, Royman. Corrientes Constructivistas. Editorial Presencia Ltda, 1994. p.20.

BIBLIOGRAFIA

- AHO, Alfred V, HPCROFT Jhon E. y ULLMAN Jeffrey D. Estructuras de Datos y Algoritmos. Addison - Wesley Iberoamericana, S.A.. 1988. 438 p.
- BOHORQUEZ Jaime. Análisis de Algoritmos. Universidad de los Andes. 1992. 212 p.
- BUSTOS COBOS, Félix. Aprendizaje Humano: Una alternativa piagetiana. Calderón y Gutiérrez impresores: Bogotá. 1987. p.120.
- GALLEGO-BADILLO, Rómulo y PEREZ, Royman. Corrientes Constructivistas . Editorial Presencia Ltda, 1994. p. 154.
- LOBROT, Michael. La pedagogía institucional: La escuela hacia la autogestión. Buenos Aires, 1977.
- NOVACK, J. Constructivismo humano: Un consenso emergente . En: Enseñanza de las ciencias. Vol. 3, (1988); p. 213-222.

EL METODO DEDUCTIVO APLICADO A LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN ALGUNAS CARRERAS DE INGENIERIA, UNA OPCION PROBABLE.

Ing. Raúl Guerrero Torres
Especialista en Ciencias Físicas, U.N. de Colombia

Lic. Jorge Luis Muñiz Olite
Especialista en Enseñanza de la Física, I.S.P. Felix Varela de Cuba

Universidad de Cartagena

Resumen : Según expertos, el conocimiento científico en el mundo se duplica cada cinco años. Por ende, es inminente establecer criterios , más generales y más permanentes, para actualizar los programas de física en las carreras de ingeniería que lo requieran. De otra suerte, es muy probable que en los primeros años del próximo milenio estemos formando ingenieros con fundamentos científicos insuficientes para afrontar, exitosamente, sus compromisos profesionales con un mundo, real, que cambia vertiginosamente cada día.

El desarrollo tecnológico actual plantea, a la ingeniería, el establecimiento de modelos más representativos de la realidad que los actuales, que hagan eficaz la aplicación del conocimiento teórico en la solución de los problemas propios de esta actividad profesional. Este requerimiento induce a pensar en la necesidad de elevar el nivel de los cursos de física impartidos en algunas carreras de ingeniería.

Lo anterior nos motiva a presentar la idea de aplicar el método deductivo a la enseñanza de la física en algunas carreras de ingeniería orientados por los objetivos siguientes :

1. Generales :

- Actualizar los programas de física, en las carreras de ingeniería que lo requieran. La actualización consistiría en la aplicación de una metodología basada, fundamentalmente, en la deducción de las leyes, estudiadas muchas de ellas en el bachillerato, con niveles que varían de una a otra institución, a partir de los principios, formulaciones y relaciones mas generales. Esta metodología se complementaría con el estudio de tópicos de física moderna, punta de lanza de la tecnología y soporte de nuestro confort cotidiano.

2. Específicos :

- Disminuir el tiempo que se dedica, en las carreras de ingeniería a la enseñanza de la física clásica, ya estudiada en bachillerato, con niveles que varían de una a otra institución.

- Establecer, a través de las relaciones y formulaciones generales (relaciones tensoriales, formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana, ecuaciones de Maxwell por ejemplo) y los principios, contactos directos con la física moderna y con campos mas avanzados de la física.
- Incorporar los tópicos de física moderna que se requieran en cada caso.
- Estudiar los fenómenos y principios físicos sin idealizaciones excesivas. Considerando anisotropía, no linealidad, carácter reológico, por ejemplo, cuando esto sea necesario.

La aplicación del método deductivo, para actualizar los programas de física en algunas carreras de ingeniería, implica la articulación de los programas de física del bachillerato con los de la universidad y además, integrar de manera efectiva la enseñanza de la matemática y la física, a nivel de las carreras de ingeniería en cuestión.

Introducción

Antes de plantear la aplicación del método deductivo a la enseñanza de la física en algunas carreras de ingeniería, consideramos pertinente hacer referencia a algunos antecedentes, en nuestro país, sobre la aplicación del método en cuestión.

Michel Valero señala, en la página 12 de la sección 1 (Conceptos fundamentales : La ciencia y el mundo físico) de su libro Física Fundamental 1, lo siguiente : “ Es de notar que si partimos de los principios, todas las leyes se demuestran y deberían denominarse teoremas. Si en la enseñanza no se efectúa este camino, es debido únicamente a asuntos pedagógicos”.

La anterior observación aplicable a nuestro país, posiblemente, hasta el final de la década de los años setenta, hoy en día puede tomarse como base para iniciar un cambio sustancial en la enseñanza de la física fundamental.

Podemos aplicar el método deductivo muy poco usado en el ámbito de pregrado en las carreras de ingeniería, según el profesor Valero; es decir, deduciendo las leyes a partir de los principios. Por lo menos se puede empezar ensayando con la física clásica, cuyas leyes y principios es posible deducir de formulaciones mas generales, usualmente sin mayor complicación.

Planteamiento General

La idea de utilizar el método deductivo en la enseñanza de la física fundamental está motivada por la necesidad de evitar pérdidas de tiempo causadas al repetir en la universidad a un mismo nivel, en muchas carreras técnicas, prácticamente lo mismo que se enseñó en el bachillerato. En la universidad se utiliza como herramienta matemática fundamental el cálculo infinitesimal, por ende los contenidos de física teórica y las prácticas de laboratorio deben impartirse con un mayor nivel y grado de generalización, sin embargo, el tratamiento matemático generalmente no es el más adecuado y por ende el resultado, muchas veces, es el mismo que el del bachillerato ; una comprensión deficiente de los conceptos de la física.

Las pérdidas de tiempo traen como consecuencia que temas de vital importancia relacionados con la física clásica y moderna, se tengan que tratar a la carrera y en algunos casos ni siquiera sean estudiados, por insistir tanto en los conceptos de la física de los siglos pasados. Estos son muy importantes, pero pueden abordarse a través de un camino más corto, más directo y seguro; el método deductivo.

Cuando éramos pequeños nos enseñaron, en el colegio, a aplicar muchos conceptos y reglas sin que se estudiara sus deducciones, para realizar operaciones y resolver problemas. En esta etapa hubiera sido inútil tratar de deducirlas, por ser incapaces de comprenderlas, aún cuando se aplicaran correctamente. Solo años más tarde estaríamos en condiciones de deducirlas. Imaginemos lo que hubiera pasado al tener que estudiar la teoría de los números para realizar las operaciones fundamentales de la aritmética. ¿No podría hacerse algo similar con la enseñanza de la física fundamental partiendo de los principios? Creemos que sí. La clave está en hacer comprender al estudiante que la física es una ciencia experimental, constituida por principios ligados coherentemente para explicar las leyes del universo en que vivimos, y la mejor manera de hacerlo es enseñando bien las ideas fundamentales que, además de mostrar a la física como una unidad estructurada, van a aumentar considerablemente el rendimiento docente y el interés por la asignatura, sobrando tiempo para enseñar la física moderna, razón de ser de la tecnología actual.

La enseñanza debe ser complementada con la lectura ordenada de libros que muestran la física como una unidad, haciendo el énfasis necesario en su historia, por ejemplo: La evolución de los conceptos de la física de Aarons, La evolución de la física de Albert Einstein y Leopold Infeld, La historia del tiempo de Stephen Hawking, etc. Además preparando al estudiante con sistemas de preguntas y tareas que lo lleven a realizar un estudio individual sistemático de los temas a abordar, apoyando en lo posible los fundamentos teóricos con estudios experimentales en laboratorios y vinculando los temas tratados con aplicaciones concretas en el sector industrial.

Mostraremos de manera muy general como se aplicaría esta idea de la utilización del método deductivo, en la enseñanza de la física fundamental teórica para el caso de la mecánica y el electromagnetismo clásicos, a nivel de algunas carreras de ingeniería.

El método deductivo en la enseñanza de la mecánica clásica

La formulación newtoniana o, como la llaman otros, las leyes del movimiento de Newton, no son el único camino para abordar el tratamiento de la mecánica clásica. Es posible estudiar la mecánica a partir de puntos de vista más generales, en particular las formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana que toman como concepto básico la energía y no la fuerza, como la formulación newtoniana.

Aún cuando tales tratamientos se deducen de las leyes de Newton, se caracterizan no sólo por la relativa facilidad con la cual pueden formularse y resolverse muchos problemas sino por su relación tanto en la teoría como en las aplicaciones con campos avanzados, como la mecánica cuántica, la física estadística, la mecánica celeste y la electrodinámica.

La idea fundamental es proceder a la inversa ; es decir, partiendo de las formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana , complementadas con los conceptos básicos de la mecánica, deducir , como casos particulares, las expresiones correspondientes a la formulación Newtoniana. (ver deducciones en El Método Deductivo en la enseñanza de la Física Fundamental de Guerrero y Muñiz)

Es de importancia fundamental anotar que en las formulaciones a considerar se asumirán las mismas propiedades para el espacio y el tiempo, como en la formulación newtoniana, un espacio euclidiano homogéneo e isótropo. Al cual se asocia el concepto de simetría y el tiempo como una variable escalar, continua e independiente.

El método deductivo en la enseñanza del electromagnetismo clásico.

De la misma manera como planteamos abordar el estudio completo de la mecánica clásica, a partir de un número pequeño y compacto de ecuaciones como las que proporcionan las formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana trataremos de hacerlo con el electromagnetismo clásico, utilizando las ecuaciones de Maxwell.

La forma diferencial de estas, así como el grupo de ecuaciones auxiliares o complementarias, permiten abordar directamente una mayor cobertura de fenómenos electromagnéticos de cualquier profundidad y tratar estos como un sistema estrechamente concatenado al estudiar temas como el de ondas electromagnéticas y óptica ondulatoria, temas de vital importancia en el mundo contemporáneo.

El curso de electromagnetismo clásico aborda en la mayoría de las carreras técnicas los temas siguientes :

- Carga y materia.
- Campo eléctrico.
- Ley de Gauss.
- Potencial eléctrico.
- Capacitores y dieléctricos.
- Corriente eléctrica y resistencia.
- Fuerza electromotriz y circuitos.
- Campo magnético.
- Ley de Ampere.
- Ley de la inducción electromagnética de Faraday.
- Inductancia.
- Propiedades magnéticas de la materia.
- Oscilaciones electromagnéticas.
- Corriente alterna.
- Ecuaciones de Maxwell.
- Ondas electromagnéticas.

Todos estos temas pueden estudiarse a partir de las ecuaciones de Maxwell complementadas naturalmente con los conceptos fenomenológicos básicos como: carga, campo eléctrico, potencial, capacitancia, corriente eléctrica, conductividad, resistividad, campo magnético, inducción, etc. (ver deducciones en El Método Deductivo en la enseñanza de la Física Fundamental de Guerrero y Muñiz)

Conclusiones

El enfoque del método planteado permite observar que las ecuaciones de la física mencionadas correlacionan experimentos en un área extensa y predicen nuevos resultados, tienen cierta belleza que puede ser apreciada solo por aquellos que las entienden en un nivel estético. Así mismo podría demostrarse como con la ayuda de este método se puede alcanzar la correlación óptima y armónica de la mecánica y el electromagnetismo clásico con otras ramas de la física como son la termodinámica, la mecánica cuántica, la física estadística, la teoría especial de la relatividad, la física moderna, etc.

Este trabajo no es una propuesta de generalizar la aplicación de este método sin que antes se someta al escrutinio y valoración de expertos nacionales e internacionales en la materia que puedan determinar en que carreras y en que momentos puede ser aplicado.

Con el presente trabajo hemos querido abrir una nueva discusión sobre un tema bastante debatido como lo es el uso de un determinado método de enseñanza en el aprendizaje de la física. Hemos intentado mostrar, de manera general, las bondades y potencialidades del método deductivo, aún, cuando reconocemos que no se propone su aplicación de una manera única, sino que sus bondades se revelan realmente cuando se utiliza con una preparación previa de los estudiantes, por docentes de experiencia en la profesión y cuando se vincula con otros métodos de enseñanza productivos.

Por último queremos ser enfáticos en que las bondades de este método se obtendrán en la medida que se lleven a la práctica las recomendaciones y legislaciones tendientes a integrar la educación media con la superior, como también la integración efectiva entre la física y la matemática a nivel de las carreras de ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

KLEPPNER Daniel y KOLENKOW Robert J. An introduction to Mechanics, 1973, Tokyo, pág. 52

SPIEGEL Murray R. Theory and Problems of Theoretical Mechanics With an introduction to Lagrange's Equations and Hamiltonian Theory, 1967, New York, págs. 282-338

RODRIGUEZ L. JAIME, Fundamentos de la Mecánica Clásica, 1992, Santafé de Bogotá, págs. 123- 157

VALERO A. Michel, Física Fundamental Tomo 1, 1982, Santafé de Bogotá, pág. 11

RESNICK Robert y Halliday David, Física parte II, 1980, Mexico DF. pág. 344

TRALLI Nunzio, Classical Electromagnetic Theory 1961, N.Y, págs. 36-125

GUERRERO Raul y Muñiz Jorge El Método Deductivo en la Enseñanza de la Física Fundamental 1997, Cartagena, págs. 1-43

LA FISICA DE VIBRACIONES EN EL PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Javier Jaramillo Colpas

Director de Ciencias Básicas

Corporación Universitaria de la Costa

Resumen

Tradicionalmente en los curriculum de los programas de Ingeniería Civil encontramos la descripción de tres físicas, como Física I, II, III, en cuyos contenidos programáticos se contemplan los siguientes temas: En Física I: La Mecánica Básica (vectores, Estática, Cinemática, Leyes de Newton, Trabajo y Energía). En Física II: Electricidad y Magnetismo, y en Física III: Mecánica de Fluidos, Calor y Ondas. Quedando así muy poco tiempo (en algunos programas no existe) para el estudio de las vibraciones desde la conceptualidad de la Física. Ante la Eminente necesidad de abordar con responsabilidad el estudio de las vibraciones se diseñó el contenido programático de la asignatura Dinámica (algunas instituciones no tienen esta asignatura en sus programas de Ingeniería) desde el cual se estudian los modelos fundamentales de la Dinámica Estructural.

Los beneficios o bondades del contenido programático de la asignatura se refleja en la buena apropiación del conocimiento que los estudiantes muestran en las asignaturas de Dinámica Estructural, Diseño de Concretos y Cimentaciones.

1. INTRUDUCCION

En 1990 ACOFI establecía la propuesta del plan mínimo para ingeniería como un conjunto mínimo de conocimientos imprescindibles para la formación profesional de Ingenieros Civiles, este plan como conjunto básico de conocimientos establece el soporte para una formación integral en la que concurren las Ciencias Básicas, la formación humanística, las componentes de diseño de ingeniería y la preparación económica administrativa, se planteo además la necesidad de una formación de profesionales en un modelo pedagógico inductivo socrático como método adecuado que garantice el aprendizaje. En 1995 se visiona la preparación del ingeniero en el uso de tecnología avanzada, y en las capacidades para abordar problemas no lineales como factor de competitividad internacional ante la eminente política de apertura que vive el país, y la necesidad de buscar procesos de enseñanza más eficaces y fortalecer la formación en Ciencias Básicas,

propiciando la creatividad y la innovación al igual que el uso de computadoras en el programa académico. Es así como se diseñó el contenido programático de la asignatura estableciendo como estrategia su correlación con el área profesional desde las Ciencias Básicas y el uso de los multimedia como herramienta pedagógica que permita la interacción del estudiante con la computadora motivándolo a la reflexión crítica y a nuevos diseños de software como su aporte al proceso enseñanza aprendizaje motivado por el espíritu de la investigación.

2. LA FÍSICA DE VIBRACIONES COMO ASIGNATURA

La asignatura dinámica ubicada en el IV semestre en el plan de estudio se encuentra íntimamente relacionada con la Estática, la Física Mecánica y la Programación de Computadoras como prerequisites, las Ecuaciones diferenciales y los Métodos Numéricos en el mismo nivel y, las Estructuras I, II, Concreto I, II, la Dinámica Estructural y las Cimentaciones, como asignaturas que se fundamentaran y apoyaran en los conocimientos (conceptualmente) que se imparten desde la Dinámica (física de vibraciones).

2.1 Descripción del Contenido Programático

Los temas tratados en la asignatura son:

1. - Equilibrio y Movimiento

Equilibrio estable e inestable, Cinemática y Dinámica de Cuerpo Rígido, Método del Trabajo y la Energía

2. - La Elasticidad

La Ley de Hooke, El módulo de Young

3. - Movimiento Oscilatorio (Movimiento Armónico Simple)

Cuerpo en el Extremo de un Resorte, Péndulo Simple, Péndulo Físico, Péndulo de Torsión, Movimiento Circular Uniforme

4. - Movimiento Ondulatorio (Ondas Mecánicas en Medios Elásticos)

Ondas Mecánicas Progresivas, Velocidad de Ondas y Ecuación de Ondas, Energía de las Ondas, Ondas Transversales y Ondas Longitudinales, Ondas Sísmicas, Fenómenos Ondulatorios Mecánicos, Propagación de ondas de superficie

5. - Superposición de Ondas Mecánicas

Notación Factorial, Principio de Superposición, Diferentes Casos de Superposición.

6. - Movimiento Amortiguado

Vibraciones Libres con Amortiguamiento, Vibraciones forzadas, Oscilador forzado Amortiguado, Resonancia, Fuerza Sísmica, Análisis Energético, Vibraciones Transitorias.

7. - Sistemas con Dos Grados de Libertad

Modos Normales de Vibración, Acoplamientos, Ecuación de la Grange

8. - Efectos Sísmicos

Movimiento de la Base de Soporte, Acelerogramas, Focos y Propagación Sísmica

2.2 Software para la Representación de los Modelos Físicos

Los modelos físicos que se han seleccionado para ser representados por software y comparados en la práctica de laboratorios son los más representativos de la dinámica estructural tales modelos encierran el espíritu de la generalidad a pesar de su simpleza lo que se espera de un modelo universal, el ensayo de laboratorio es la forma tradicional de confrontar los conocimientos teóricos con los resultados experimentales evidenciando que la teoría es una simple forma de acercarse a la realidad de la naturaleza pero que aun es muy distante, evidenciándose en la magnitud de los errores que resultan de comparar los valores teóricos con valores experimentales, la simulación por computadora que se obtienen a través de los software son el laboratorio virtual que permiten verificar los valores teóricos y establecer la validez de parámetros y de ecuaciones que no son fáciles de comprobar por medio de los ensayos físicos.

Los modelos seleccionados son:

Cuerpo en el Extremo de un Resorte.

Péndulo Simple.

Péndulo Físico.

Péndulo de Torsión.

Modelos de Dos Grados de Libertad. (5 modelos).

Superposición de Ondas.

Modelo con Amortiguamiento.

Modelo Forzado.

Los software elaborados en Visual Basic se presentan animados en Powarpoint, ofreciendo una presentación del modelo animado, solicita la entrada de datos correspondientes a las variables o parámetros del problema y ofreciendo el resultado de los cálculos y el gráfico correspondiente a la respuesta dinámica

3. LOGROS

3.1 Resultados Inmediatos de la Asignatura

Se refleja la participación dinámica de los estudiantes destacándose de ellos los siguientes resultados:

- a) Esta asignatura da la oportunidad de reflejar la habilidad para aplicar los conocimientos aprendidos en Matemáticas y Físicas en la programación con el objetivo de modelar problemas específicos que son dados a manera de proyecto para que se desarrollen durante el semestre.
- b) Se aprecia la habilidad para diseñar y conducir el proyecto de programación y analizar e interpretar la información comparándola con modelos físicos reales.
- c) Se fomenta la formación de grupos que conformaran el proyecto durante el semestre

3.2 Resultados Mediatos de la Asignatura

En las asignaturas que requieren de previos conocimientos de la dinámica y en particular del enfoque de la física de vibraciones tal como la dinámica estructural, se ha explorado la opinión de estudiantes y docentes de los beneficios que este enfoque y metodología les puede brindar obteniéndose entre otras las siguientes impresiones:

- a) El trabajo es positivo, se manifiesta en el interés de los estudiantes por la asignatura ya que tienen buenas bases conceptuales.
- b) Se observa que los estudiantes manejan mejor los conceptos, permitiéndoles profundizar en la aplicación del diseño antisísmico.
- c) El programa de dinámica estructural se ha podido mejorar aumentando y profundizando en la temática propia de la asignatura.
- d) La simulación de diseños y problemas por computadora se ha podido introducir como aspecto fundamental del desarrollo de la asignatura lo cual es un aspecto muy favorable.
- e) La habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería es muy notoria en los estudiantes.

4. CONCLUSIONES

Es evidente la actitud positiva y por consiguiente la respuesta favorable de los estudiantes para trabajar con la computadora, manifestándose el aprendizaje rápido de lenguajes de programación que no se imparten en el curriculum, y la mayor capacidad de crítica y reflexión ante la conceptualización y problematización de la asignatura.

El computador como medio es muy efectivo para la simulación de modelos experimentales ofreciéndose así una nueva herramienta pedagógica para la comprobación de las teorías y la confrontación con el ensayo de laboratorio.

La computadora como herramienta de laboratorio que permite la confrontación de la realidad teórica y experimental, permite a partir de la reflexión y la crítica de los resultados conclusiones mas de acorde con la realidad, motivando al estudiante cada vez mas a explorar nuevos modelos.

LABORATORIOS DE ELECTROMAGNETISMO Y ESTADISTICA

E. SARMIENTO M. , E. AGUILAR D.** , M. V. CORREDOR M.**
* Escuela de Sistemas , ** Escuela de Física, UIS AA 678 Bucaramanga

RESUMEN : Dentro de la estrategia didáctica para propiciar el aprendizaje significativo de algunos conceptos de Electromagnetismo y Estadística, se ha diseñado un sistema autor/ejecutor y con estas especificaciones se han desarrollado un software para Electromagnetismo y otro para Estadística, que apoyan la labor de la enseñanza y el aprendizaje de la fenomenología de la electrostática y del Campo Eléctrico en el primero, y de los principios de probabilidad y las distribuciones básicas en el segundo, como un proceso dinámico. El desarrollo de este software permitió la adquisición de experiencia en el diseño de micromundos con los cuales el alumno pueda interactuar. El presente trabajo forma parte del proyecto "SISTEMA AUTOR DIDACTICO (SAD)" que se realiza interdisciplinariamente entre las Escuelas de Sistemas y de Física, inscrito en la División de Investigaciones de Físico-Mecánicas.

INTRODUCCION

La importancia que se le ha dado a la educación últimamente, las deficiencias de didácticas basadas en tiza y tablero, nos ha hecho emprender con tesón la profundización en la Informática Educativa (IE). Como núcleo de esta temática tenemos los Materiales Educativos Informatizados (MEI), que han demostrado ser decisivos y críticos en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para el presente trabajo se diseñó un sistema Autor/Ejecutor (Autor con el cual el docente crea el laboratorio, y Ejecutor para que el estudiante lo utilice para la afianzar los conceptos); con estas especificaciones se crearon dos prototipos de tales materiales, enfocados respectivamente sobre los temas de Campo Eléctrico en la materia de Electromagnetismo para estudiantes de Ingeniería, y de probabilidad en la materia de Estadística de Ingeniería de Sistemas, ambos en la UIS. En ellos se trata de satisfacer la necesidad de enriquecer la didáctica concerniente a la fenomenología física como complemento a la labor docente, utilizando la práctica en ambiente simulado y las animaciones que concentradas en un software, contribuyan a la construcción de los conceptos por parte de los educandos. Con la aplicación de estos MEI comprobamos que los MEI posibilitan relacionar la teoría con la práctica, haciendo más significativo el aprendizaje.

En la enseñanza de Física y Matemáticas en la UIS se detecta que muchos de los estudiantes tienden a

aprender memorísticamente los conceptos principales, sin que realmente se apropien de este saber. Lo anterior se refleja en su imposibilidad para aplicar los conceptos en diferentes situaciones, y el olvido rápido de éstos. También es frecuente que el estudiante pierda la motivación por construir sus conceptos, dado que no ve la utilidad de éstos en su desempeño profesional. Se observa descuido de parte de los docentes por la forma cómo se realiza el aprendizaje en los estudiantes, lo cual se refleja en el desarrollo de asignaturas cuyos objetivos están bastante orientados a llenar contenidos y no a ampliar estructuras cognitivas de los alumnos, que les permitan leer el mundo profesional en el cual se desempeñarán^[1].

ASPECTOS TEORICOS

"El desarrollo de las personas está basado en el aprendizaje, entendido como el proceso amplio y continuo por el cual se adquieren conocimientos y habilidades para sobrevivir, para responder creativamente a los cambios en el medio y así evolucionar y progresar"^[2] Así, la educación es factor que influye tanto sobre el desarrollo del país, y en general sobre el bienestar de sus habitantes. El hecho de que dicha relación causa-efecto sea a largo plazo, causa que no se le asigne la importancia que tiene, pues se buscan efectos a corto plazo.

Dicha tendencia ha cambiado, y ahora se dedican muchos recursos a la educación, por lo que el uso de las tecnologías modernas empleadas para mejorar el proceso educativo es inaplazable, gracias a la ventajosa relación costo-beneficio de la informática educativa debida principalmente al descenso vertiginoso en el precio de las computadoras, a la facilidad de utilizar sus productos en diferentes tiempos y lugares, a la posibilidad que tiene el alumno de ir a su propio ritmo de aprendizaje, a la facilidad de interacción, a la posibilidad de utilizar las capacidades de procesamiento de la máquina, y a la calidad del aprendizaje de los alumnos o iniciados en la cultura informática^[3]. Pero la realidad nos muestra que es poca la disponibilidad de simuladores, juegos educativos, tutoriales adecuados, y sistemas de enseñanza computarizada y, lo peor de todo, la inmensa mayoría de los que se encuentran en el mercado son de mala calidad, muchos de ellos contraproducentes pues son "libros electrónicos" que tienden al conductismo^[4]. Para ello basta ver un renombrado paquete elaborado por una universidad de ingeniería de la capital, coincidentalmente sobre el tema de Campo Eléctrico, publicado por el ICFES (1995), cuya evaluación utiliza un reducido banco de preguntas, y estas aparecen como escogencia múltiple siempre con los mismos datos y los distractores en la misma posición, de modo que el alumno tiende a memorizar que la respuesta correcta es la 3, por ejemplo.

Hay necesidad de clarificar el panorama, establecer medidas de calidad en el software educativo, promover la investigación sobre requerimientos que deben cumplir en cada caso, generar modelos que permitan llegar a establecer patrones de calidad y estándares de producción, difundir información sobre los peligros de un paquete malo, y las bondades de uno bueno, y este fue el principal objetivo del presente trabajo, a la vez que se buscó fortalecer la estructuración propia como docentes reflexivos e investigadores comprometidos con el proceso de formación de los estudiantes en el pensamiento científico y en la construcción del conocimiento..

Por otro lado, el impacto de los nuevos medios de comunicación, nos lleva a constatar desde el mundo educativo la aparición de un alumno más creativo, acostumbrado y necesitado de grandes dosis de motivación para aprender, que capta con dificultad los largos razonamientos lógicos, que tiende a la acción y poco a la reflexión, y a quien le aburre la explicación teórica tradicional. La incorporación de prácticas en computadores en la clase posee la cualidad de apoyar el aprendizaje de tipo experiencial y conjetural, como base para lograr aprendizaje por descubrimiento. Un alumno socializado en un mundo

de imágenes que hace imprescindible un nuevo modelo de aula.

Se trabajó enmarcado en la epistemología Constructivista^[5], principalmente en la forma como el humano mantiene el conocimiento en representaciones y lo construye a partir de representaciones anteriores. De acuerdo con la teoría de aprendizaje significativo, "*las personas piensan con conceptos*" y elaboran representaciones sobre ellos que deben ser conocidas por el docente para propiciar la elaboración de su significado. El constructivismo señala la importancia de descubrir estos conocimientos previos para lograr un aprendizaje significativo, teniendo en cuenta la teoría de la evolución de los conceptos en la comprensión humana^[6]. Se profundizó en las teorías del procesamiento de la información^[7], se revisaron las teorías cognitivas del aprendizaje^[8], las teorías del cambio conceptual, y los métodos para reconocimiento de estructuras cognitivas. También se hizo énfasis en las teorías de representación del conocimiento, buscando maximizar la efectividad de los procesos^[9]. Los enfoques epistemológico y psicológico requeridos se desarrollaron en tesis de grado de la Maestría en Pedagogía ejecutada por nuestros investigadores.

El trabajar con Electromagnetismo y Estadística, le dio un aire de amplitud en el propósito de establecer un sistema Autor apropiado, que resulta deseable, al tomar dos perspectivas distintas, con materias diferentes.

ASPECTOS METODOLOGICOS

Desde el inicio del proyecto y en la continuidad que se le quiere dar, se profundizó sobre la fundamentación epistemológica, pedagógica, psicológica, didáctica, económica, metodológica, técnica y de mercado de la informática educativa; se exploró sobre las modalidades posibles, promoviendo que se forme hábito en el docente y en el alumno de la investigación cotidiana y permanente, facilitando la experimentación simulada en una computadora. Luego de analizar versiones anteriores de editores multimedia, se revisó la metodología publicada por el grupo de Informática Educativa de UniAndes^[10], y desarrollado mediante un proyecto de pregrado con estudiantes del Departamento de Ingeniería de Sistemas.

Para el propósito se determinaron especificaciones para una herramienta software que permitiera al docente crear lecciones sobre las áreas de Física y Estadística.

Se realizó el diseño educativo del software que cubría: el Modelo Pedagógico propuesto inicialmente, los Objetivos de aprendizaje a alcanzar con su uso, la población a la cual estaba dirigido, el tipo de motivación a utilizar, los micromundos a ofrecer para la experiencia del alumno, los criterios de evaluación para el educando, los criterios de evaluación del software, y las funciones que tendrá el alumno y el profesor, teniendo en cuenta que ni el docente ni el alumno deben requerir programar o ser expertos en sistemas computacionales^[11]. Aunque la simulación basada en micromundos es una simplificación de la realidad, el alumno puede resolver problemas, aprende procedimientos, entiende las características de los fenómenos, cómo controlarlos, los efectos de las diferentes acciones, evaluar cuál acción es la más conveniente según las circunstancias, y por prueba y error comprende lo aprendido. Se diseñó un prototipo del software que permitiera evaluar la interfaz con el usuario, la interactividad con los simuladores, las facilidades para ejecutar desde los puntos de vista del profesor y del alumno, la facilidad y amigabilidad de las evaluaciones al alumno y su realimentación al profesor, el ambiente de diseño, programación pruebas y ejecución, que permita generar una versión definitiva mejorada. La construcción se realizó en Delphi 2.

Se dividió el laboratorio en lecciones de una hora, cada lección en módulos con un concepto. Para la versión del alumno cada módulo incluye:

◇ Un tutorial conciso y amigable al alumno, que permite traer los conceptos a la memoria a corto

plazo, sobre las cuales pueda enterarse del objetivo y el contenido; escoja los temas que le son de interés; navegue por los textos y módulos a su conveniencia; facilitando su aprendizaje significativo mediante la simulación y evaluación que sigue.

- ◇ Un laboratorio alternativo basado en micromundos donde se puedan simular los procesos vistos en clase desde dos perspectivas distintas: a) un “demo” donde se proponen situaciones controladas por el sistema y observable por el alumno (por ejemplo los procesos al interior del experimento de Faraday, o la comprobación del Teorema del Límite Central); b) un simulador con ambiente controlado por el alumno, donde pueda proponer sus propios problemas y observar el comportamiento del micromundo bajo las condiciones dadas (por ejemplo las líneas de fuerza que representan el Campo Eléctrico de cargas puntuales y distribuciones continuas de carga como se aprecian en las fig. 1. y 2., o la comprobación de la ley de la Grandes Números mediante muestreos simulados donde el alumno puede comprobar la similitud de la probabilidad previamente asignada con la frecuencia relativa), ejercite cuantas veces quiera; realice prácticas que cambien en valores y situaciones; que tenga las ayudas requeridas sobre el tema que esté trabajando y sobre el uso de la herramienta.

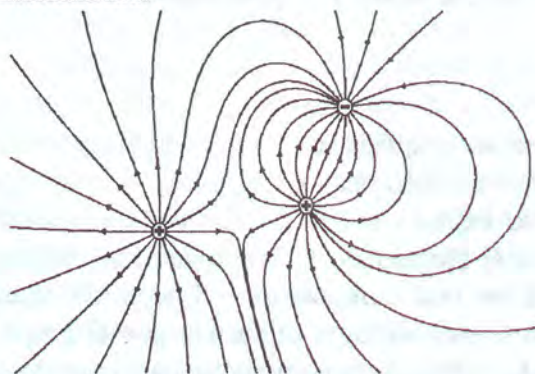


Fig. 1. Cargas mixtas desiguales

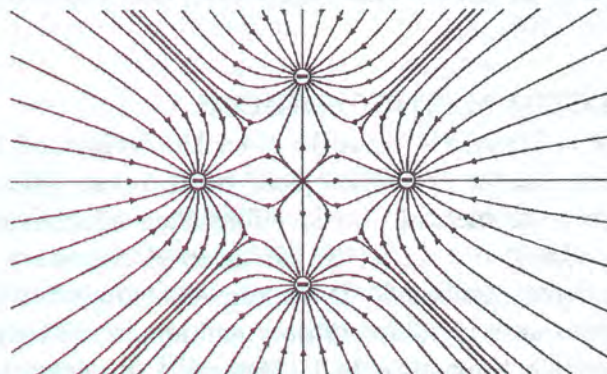


Fig. 2. Cargas simétricas positivas

- ◇ Un ambiente de evaluación con una amplia base de datos que contiene preguntas que se presentan al alumno mediante una selección aleatoria, sobre el tema que está revisando, con problemas cuyos datos cambian en forma que nunca se repiten, y le permita formarse un criterio sobre su propio avance.

Para el docente se incluye un editor amigable que le permite la fácil definición de lecciones mediante el uso de instrucciones sencillas, que se almacenan separadamente y pueden revisarse que tiene implementadas las funciones necesarias para el manejo de gráficas más elaboradas y una herramienta que le permite revisar los resultados para cada estudiante y módulo, permitiendo consultar estadísticas del desempeño de cada alumno o de cada pregunta.

CONCLUSIONES

- ◇ Se requiere compartir esta propuesta con los demás docentes para contribuir a la mejora de la enseñanza de las ciencias, especialmente Física y Estadística.
- ◇ La herramienta de programación Delphi2 que se usó para el desarrollo del proyecto provee un buen ambiente visual y es flexible y poderosa.
- ◇ Se determinaron estándares y metodología para los paquetes instruccionales y de laboratorio, la

selección y adquisición ó creación de herramientas para la producción del software requerido, la selección de criterios de evaluación del software, y esto resultó adecuado.

- ◊ Los modelos simulados, como el de las líneas de fuerza, constituyen una aproximación de una realidad más compleja y aprovechar al máximo los recursos de interactividad y procesamiento de la computadora.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E.AGUILAR. **Estrategias de enseñanza para un aprendizaje significativo del concepto de Campo Eléctrico**. 1996. Tesis de Maestría en Pedagogía. UIS.
- [2] E.ALDANA. **Colombia: al filo de la oportunidad**. 1994. Misión Ciencia, Educación y Desarrollo.
- [3] C.SALOMON, **Entornos de Aprendizaje con ordenadores. Una reflexión sobre las teorías del aprendizaje**. 1990. Ed. Paidós. Madrid
- [4] J.SANCHO GIL, **La educación en el tercer milenio. Variaciones para una sinfonía por componer**. . Julio 1996. Memorias III Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Barranquilla, Colombia.
- [5] D.AUSUBEL, J.NOVAK, **Psicología Educativa**. 1989. México, Ed. Trillas.
- [6] S.TOULMIN. **La comprensión humana** . 1977 Volumen 1.
- [7] C.COLS, J.PALACIOS, **Desarrollo Psicológico y Educación. II Psicología de la Educación**, 1992 Alianza Editorial
- [8] J.POZO, **Teorías Cognitivas del Aprendizaje**. 1994 Ed Morata.
- [9] M.V.CORREDOR. **Inteligencia Artificial**. 1995 Ediciones UIS
- [10] A.GALVIS, **Ingeniería de Software Educativa**, 1994 UNIANDÉS
- [11] M.V.CORREDOR **Modelo de Arquitectura para sistemas Tutores Inteligentes**. 1994. Tesis doctoral, Inteligencia Artificial. Universidad Politécnica de Madrid

LOS PROGRAMAS GUIA DE ACTIVIDADES COMO ESTRATEGIA PARA FAVORECER LA CONSTRUCCION DEL CONCEPTO DE CAMPO ELECTRICO

E. AGUILAR D.*, M.M. CALLEJAS R.**

*Escuela de Física, ** Cededuis, UIS AA 678 Bucaramanga

Telfax : 97-6351088, e-mail eaguilar@uis.edu.co

RESUMEN: El presente trabajo es una contribución en el campo de la Didáctica de las ciencias, que involucra al estudiante en procesos de investigación con el fin de favorecer la construcción del concepto de Campo Eléctrico y superar así, la transmisión y recepción pasiva que ha caracterizado los procesos de enseñanza y aprendizaje tradicionales. Se desarrolló con estudiantes de Ingeniería de la U.I.S, en el curso de Electromagnetismo. El Programa-Guía de actividades se diseñó a partir de las concepciones previas del grupo sobre carga eléctrica, conductores, aisladores y campo eléctrico, para favorecer su evolución y transformación hacia concepciones más complejas relacionadas con la fenomenología de la Electrostática. Los resultados obtenidos mostraron la importancia de la estrategia al favorecer la autonomía del estudiante en relación con su proceso de aprendizaje, su utilidad y factibilidad al propiciar la construcción del concepto de Campo Eléctrico y de conceptos relacionados con él.

1. PROBLEMA. La pregunta por el cómo enseñar es reconocida por los docentes como un problema que concierne a todos, pero que debe ser resuelta para cada situación particular. En relación con la enseñanza del Electromagnetismo¹ en ingeniería, uno de los conceptos que presenta mayor dificultad por tratarse de un ente abstracto para los estudiantes, es el de Campo Eléctrico².

Por ésta razón los métodos tradicionales de transmisión recepción no logran favorecer la construcción de significados, llevando al estudiante a manejar definiciones y fórmulas que son aplicadas mecánicamente en la solución de problemas.

2. LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA. Para superar la concepción tradicional de enseñar como "transmisión de conocimientos", es necesario considerarla como un proceso intencional del docente que toma decisiones sobre los conocimientos disciplinares y propone actividades

dirigidas a facilitar la construcción de significados, para lo cual establece los canales comunicativos que favorezcan y permitan el intercambio de información entre profesor y alumnos. En este sentido, la preocupación no debe ser tanto la preparación de contenidos para ser entregados, como la organización de secuencias de actividades para ser desarrolladas en el aula a través de tareas específicas orientadas por fines u objetivos.

Igualmente es importante dejar de lado la noción tradicional de método de enseñanza, para proponer un concepto de estrategia de enseñanza más adecuado para la investigación y la intervención didáctica. Para Cañal y García³ cada estrategia de enseñanza es “un sistema peculiar constituido por unos determinados tipos de actividades de enseñanza que se relacionan entre sí mediante unos esquemas organizativos característicos”.

En este sentido, la estrategia involucra un proceso de decisión consciente e intencional orientado a un objetivo, el cual supone la selección y activación de significados tanto conceptuales como procedimentales con el fin de determinar las condiciones o características del contexto, que serán definidas por las condiciones de los participantes (objetivos, expectativas, disposición), las condiciones de la tarea a realizar (objetivos, tiempo, recursos, evaluación) y las condiciones del trabajo docente (modelo de actuación, factores ambientales, relación con otras actividades, características del grupo-clase).

2.1. La Construcción de un concepto por los alumnos frente a una situación de enseñanza.

Las actividades ocupan un papel fundamental en una enseñanza que tiene por objetivo proporcionarle condiciones al alumno para que él construya su conocimiento⁴. Esta afirmación ha orientado diversas investigaciones con el fin de buscar esquemas teóricos y metodológicos que apoyaran la elaboración de actividades de enseñanza que partiendo de las ideas previas de los estudiantes favorecieran la construcción de conceptos científicos.

En ésta perspectiva el estudiante es visto como alguien que construye activamente significados, aportando sus concepciones previas a la interpretación de nuevas situaciones. El aprendizaje tiene lugar mediante la interacción de las ideas de los estudiantes con la experiencia y con las ideas de los otros (docente y alumnos) produciendo una gradual evolución de las ideas propias que se van ampliando o modificando de acuerdo con las situaciones de desequilibrio que provoquen las actividades de enseñanza.

2.2. Los Programas - Guía De Actividades. Con base en los planteamientos anteriores la idea que orienta la elaboración de los programas - guía, es favorecer, que a través de las actividades los alumnos puedan construir y afianzar conocimientos, al tiempo que se familiarizan con las características del trabajo científico. Por ello no se trata de actividades sueltas ni improvisadas sino de una estrategia que pueda orientar y prever el trabajo de los alumnos.

Por ello en el Programa - guía⁵ se proponen actividades relacionadas con contenidos conceptuales y procedimentales apoyando el planteamiento de hipótesis, la recolección de datos, los diseños experimentales y la elaboración de conclusiones. Su utilización implica un trabajo colectivo, estructurando pequeños grupos que van abordando las diversas actividades a partir de las elaboraciones individuales y potenciando los intercambios entre dichos grupos. De las actividades propuestas, unas van a favorecer la exploración de ideas de los estudiantes y otras pretenden provocar el conflicto cognitivo poniendo en cuestión las ideas previas mediante la confrontación con otras fuentes y la aplicación a nuevas situaciones.

3. EXPLORANDO LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS. A partir del reconocimiento de Ausubel⁶ de la importancia de las ideas previas en la construcción de nuevos significados, se procedió a explorar en los estudiantes las ideas que estaban manejando sobre los fenómenos electrostáticos en general y en particular sobre **carga eléctrica, conductor, aislador y campo**

eléctrico. Para ello se diseñaron dos cuestionarios basados en situaciones problema que fueron trabajados en forma individual, luego confrontados en pequeños grupos y finalmente socializados en el grupo total.

Las ideas obtenidas fueron categorizadas para su análisis estableciendo niveles de elaboración a partir de las situaciones propuestas. Se determinaron como unidades de análisis las siguientes:

- **Comportamiento del conductor neutro en la presencia de una carga eléctrica**
- **Comportamiento de un conductor neutro en presencia de un conductor cargado**
- **Utilización del electroscopio**
- **Diferencias en los efectos de la carga en reposo y la carga en movimiento**
- **Conservación de la carga eléctrica de un sistema aislado**
- **Descripción de las líneas de fuerza**
- **Descripción cualitativa del efecto de una carga en el espacio**
- **Caracterización de un aislador**

En conclusión, las ideas de los estudiantes muestran que:

- **La dificultad para construir el concepto de campo eléctrico está determinada por el manejo equivocado del concepto de fuerza eléctrica, por ser ésta una interacción a distancia.**
- **No tienen elaborado el concepto de carga eléctrica que es una cantidad fundamental al igual que la masa, que no puede describirse en función de conceptos más simples y básicos.**
- **Tienen dificultad para aplicar el concepto de conductor y aislador a una situación problema.**
- **El concepto de campo eléctrico es confundido con toda clase de campos como por ejemplo el magnético.**
- **El proceso de cargar un cuerpo por inducción y por contacto no hace parte de su estructura cognitiva ni de su experiencia cotidiana, lo cual dificulta la elaboración científica del proceso.**
- **El electroscopio es un dispositivo completamente desconocido, lo asocian a aparato para medir corriente**
- **La instrucción recibida en la educación secundaria no parece influir en forma determinante sobre los conceptos básicos de la fenomenología de la electrostática.**

4. UN PROGRAMA GUIA SOBRE EL CAMPO ELECTRICO. Con base en las ideas de los estudiantes se procedió a diseñar actividades que provocaran la confrontación y crearan el conflicto que propiciaría la construcción de los conceptos. Estas actividades fueron estructuradas como un Programa - Guía que comprende lo siguiente:

- **Introducción sobre la fenomenología de la electrostática**
- **Concepto cualitativo de campo eléctrico**
- **Definición operativa y manejo de unidades de campo eléctrico**
- **Profundización del concepto de campo eléctrico**
- **Establecimiento de la Ley de Gauss**
- **Campo eléctrico en los conductores**

Cada uno de estos tópicos es desarrollado a través de una serie de actividades que involucran explicitación de las ideas de los alumnos, confrontación con los textos, elaboración de mapas conceptuales, resolución de problemas siguiendo una metodología de análisis cualitativo y cuantitativo y elaboración de proyectos que requieren actividad investigativa por parte de los alumnos.

De otra parte, las actividades propuestas hacen énfasis en:

- **Adquisición de conceptos**, a través de la lectura de los textos, la elaboración de mapas conceptuales y las síntesis elaboradas por docente y alumnos.
- **Aspectos metodológicos**, a través de la resolución de problemas enfatizando el análisis cualitativo, la formulación de hipótesis, el desarrollo operativo y la elaboración de conclusiones.
- **Relaciones Ciencia - Técnica - Sociedad**, a través del proyecto que pretende mostrar la utilidad de los principios físicos, experimentando sobre las teorías.
- **Autorregulación del proceso de aprendizaje**, a través de la Metacognición de los estudiantes, con el fin que ellos se hagan conscientes de las elaboraciones que están haciendo, desde su planificación hasta los logros.

5. RESULTADOS

5.1. Concepciones de los estudiantes después de desarrollar el Programa - Guía La evaluación de las concepciones de los estudiantes se hizo utilizando un cuestionario que incluía:

- Preguntas que formaron parte de los cuestionarios iniciales de exploración de ideas
- Solución de Problemas
- Preguntas de aplicación con elaboración de conceptos nuevos como el de la Ley de Gauss

Además se pidió a los estudiantes que realizaran una Autoevaluación de su aprendizaje del concepto de campo eléctrico.

La confrontación de las ideas iniciales y finales mostró la evolución de las primeras por ejemplo, al ser capaces de interpretar el proceso de inducción y polarización en problemas presentados a partir de situaciones cotidianas como : el por qué en industrias de textiles o de papel el aire ambiente es humedecido constantemente . Además, lograron realizar la descripción cualitativa del efecto que un cuerpo cargado en situación electrostática produce en el espacio, a partir de los conceptos de carga puntual y distribución de carga continua realizando material didáctico para solución de problemas aplicando la Ley de Gauss en un proyecto de investigación (ver anexo) .

5.2. Importancia de la estrategia Programa - Guía de Actividades en la construcción del concepto A partir de la confrontación de las ideas de los estudiantes y de los procesos de autoevaluación del docente y los estudiantes, se puede concluir que:

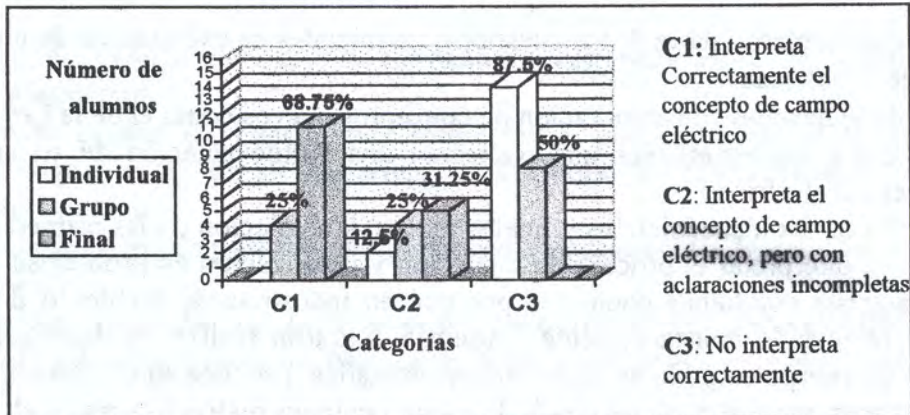
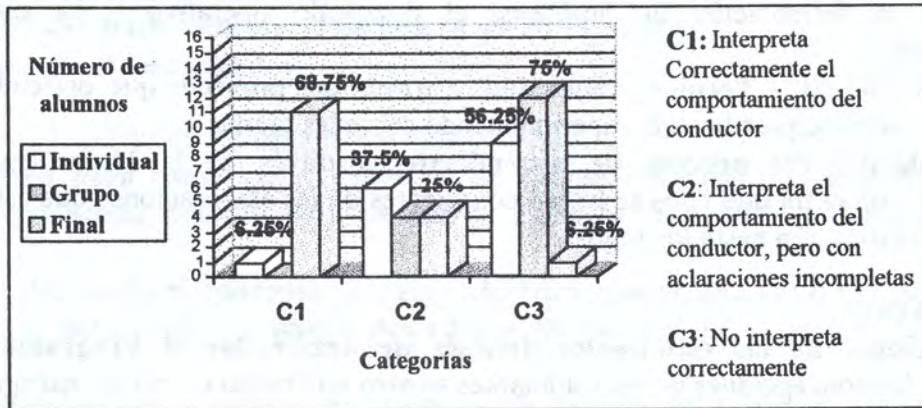
- Es una forma de trabajo guiada por el profesor que deja espacio para la autonomía del alumno, dándole libertad para desarrollar su creatividad y originalidad y permitiendo la evolución gradual de sus ideas.
- La resolución de problemas propicia el desarrollo de esquemas conceptuales que articulan teoría y aplicación de forma más coherente, el análisis cualitativo les permite darse cuenta que en un problema se puede predecir el resultado sin necesidad de escribir fórmulas y el tener que formular conclusiones les enseña a analizar críticamente, evaluar información, reconocer las

ideas y conceptos principales y finalmente, tener presente que un problema tiene más de un camino para resolverse.

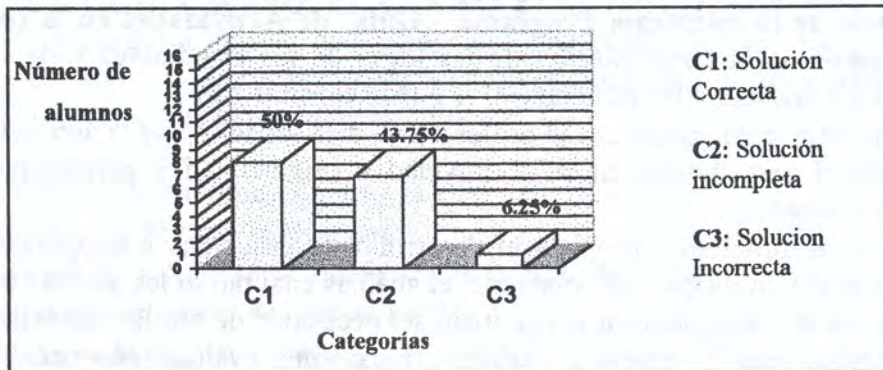
- Favorece la confrontación de las ideas de los estudiantes, propiciando la generación de conflictos que permitirán hacerse consciente de las insuficiencias de las ideas que están manejando, especialmente en la resolución de problemas, y la necesidad de elaborar nuevos significados con base en las teorías propuestas.

En la figura 1 se presenta la confrontación de las ideas iniciales y finales después de desarrollar el Programa-Guía de actividades.

FIGURA 1. Constrastación en las ideas iniciales y finales



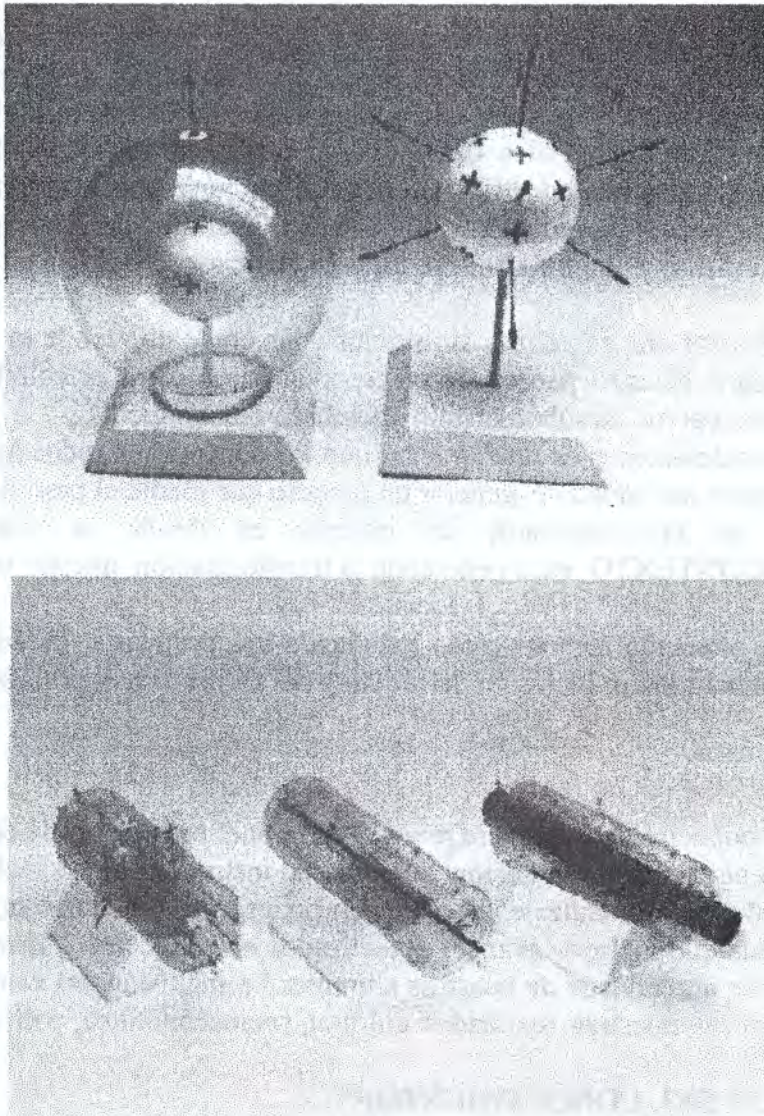
Resultados de la evaluación final en la solución de problemas.



BIBLIOGRAFIA

- ¹ GUIASOLA. J. y FURIO Dificultades en el aprendizaje significativo de algunos conceptos de electrostática :Investigación en la escuela N 23 1995 p 23
- ² COLOMBO DE CUDMANI y FONTDEVILA P.A Concepciones previas en el aprendizaje significativo del Electromagnetismo1994 :Enseñanza de las ciencias, vol 8(3) p 215-222
- ³ CAÑAL DE LEON,P. y GARCIA,J. Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. En: Investigación en la escuela, No25,1995,p.6
- ⁴ PESSOA de C. Ana y otras. El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase. En: Investigación en la escuela, No.25,1995, p.61
- ⁵ GIL PEREZ D. MARTINEZ T. J. Los programas -Guía de actividades una concreción de actividades del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias.
- ⁶ AUSUBEL,D. y otros. Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1993,p.48

ANEXO : Material didáctico para la Ley de Gauss



PROPUESTA ALTERNATIVA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

**María Teresa Posada
Fredy Rafael Pérez
Consuelo Arango
Universidad Pontificia Bolivariana**

La forma de abordar la ciencia (Física Clásica) bajo cuatro principios: Orden, separabilidad, reducción y lógica inductiva-deductiva-cuantitativa *1. nos ha conducido a una enseñanza igualmente ordenada, separada, reducida y lógicamente cuantificada. Enseñanza que limita el desarrollo del conocimiento y por ende el desarrollo en ciencia y tecnología en nuestro entorno.

Se caracteriza ésta por ser una enseñanza sin sujetos y sin contexto, donde lo fundamental es la cantidad de contenidos. Nuestro pensamiento respondiendo a estos principios ha dado como resultado una crítica situación de subdesarrollo científico-tecnológico.

A partir de estas consideraciones es fundamental que los docentes en todos los niveles tomemos conciencia de la urgente necesidad de generar un proceso que medie el paso del transmisionismo a la elaboración de conocimientos; un proceso en donde la relación SUJETO-CONOCIMIENTO-CONTEXTO vaya generando la transformación nuestro entorno.

Como respuesta a la situación hemos venido trabajando una propuesta basada en tres aspectos: Organización del conocimiento, Inclusión del sujeto y del entorno en el proceso de conocimiento.

La organización del conocimiento requiere revisar y proponer estructuras de contenidos, modelos de instrucción y el lenguaje de presentación del material instruccional. La inclusión del sujeto en el proceso de enseñanza- aprendizaje, hace necesario que los docentes nos procuremos una formación pedagógica que incluya avances actualizados en este campo, para que así tengamos en cuenta el estado de aprendizaje de nuestros alumnos. La inclusión del contexto nos permitirá ligar el conocimiento con nuestras realidades: cultural, socioeconómica, política y tecnológica.

1. ORGANIZACION DEL CONOCIMIENTO

En lo referente a la organización del conocimiento adoptamos el modelo de instrucción ropuesto

La inclusión del sujeto en el proceso implica por parte del docente tener en cuenta el estado de aprendizaje del alumno: Conocimiento previo, concepciones alternativas, desarrollo cognitivo y el grado de interés por el conocimiento.

La enseñanza basada en la conceptualización y el desarrollo de habilidades (aprendizaje significativo) dará al estudiante la capacidad de relacionarse con el conocimiento, facilitará la formación de estructuras cognitivas en el alumno y por ende la creación de un sistema de habilidades; por ejemplo: la capacidad de ver problemas, la capacidad de transferencia de conceptos a otros campos de conocimiento, capacidad para aplicar los conceptos, principios y leyes, capacidad creadora de análisis y síntesis.

En este sentido nos hemos orientado a la Teoría de Cambio Conceptual y el desarrollo de una serie de actividades orientadas al proceso.

Como se sabe, existen los conocimientos declarativo y procedimental. A modo de ejemplo, nos encontramos en la enseñanza de la mecánica con estudiantes quienes al preguntarles sobre la segunda Ley de Newton son capaces de dar el enunciado y hasta de interpretarlo, es decir manejan el tipo de conocimiento declarativo; pero son incapaces de resolver un problema donde deban aplicar el tipo de conocimiento procedimental.

Nuestro criterio de cambio conceptual es el adoptado por S. Carey en 1995, el cual resumimos así:

Cambio Conceptual = cambio en el conocimiento declarativo + cambio en el conocimiento procedimental + cambio en la estructura de conocimiento específico + cambio actitudinal + cambio en las habilidades de pensamiento. El propósito último del proceso sería la formación de estrategias metacognitivas en el alumno, entendiéndose la metacognición como la conciencia y control que tiene el sujeto sobre sus procesos cognitivos *3.

Es por todos conocido que la enseñanza tradicional desconoce las condiciones iniciales, situación que es crucial en todo problema o proceso de conocimiento. Nuestro punto de vista está inspirado en: Teorías de concepciones alternativas y Teorías de aprendizaje significativo *4. En cuanto a las concepciones alternativas (como aquella de que una fuerza constante actuando sobre un cuerpo le proporciona una velocidad constante) se caracterizan por ser funcionales para el alumno, resistentes al cambio e independientes de otras explicaciones (descontextualizadas). Estamos en la tarea de diseñar ESTRATEGIAS INSTRUCCIONALES y ACTIVIDADES con el objeto de que los alumnos modifiquen progresivamente sus concepciones alternativas, orientándolas hacia las concepciones científicamente aceptadas.

3. ESTRATEGIAS INSTRUCCIONALES Y ACTIVIDADES

Nos proponemos dar a conocer las propuestas que hemos trabajado y experimentado alrededor de lo que consideramos hoy como una tarea de investigación científica dentro del campo de enseñanza de las ciencias.

3.1 Estudio acerca de la vigencia de las concepciones (alternativas) Aristotélicas alrededor del

concepto de movimiento.

El estudio se realizó para tres grupos de estudiantes, que ya habían cursado el nivel básico de Mecánica: a) Estudiantes de undécimo grado del colegio de la Universidad Pontificia Bolivariana. b) Estudiantes de segundo semestre de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana. c) Estudiantes de tercer semestre de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana. A los tres grupos se les aplicó el siguiente test:

1. Para que un cuerpo permanezca en movimiento, es necesario que sobre él actúe permanentemente una fuerza.
2. Cuando un cuerpo está en reposo no hay fuerzas actuando sobre él.
3. Cuando un cuerpo cae la aceleración es positiva .
4. Cuando un cuerpo es lanzado verticalmente hacia arriba, la aceleración es negativa.
5. La aceleración es independiente de las dos consideraciones anteriores.
6. En un mismo instante y desde la misma altura se dejan caer dos cuerpos de diferentes masas(m_1 y m_2), los cuales vencen la resistencia del aire, si $m_1 > m_2$ cae primero m_1 .
7. Si se lanza un objeto hacia arriba, éste se sigue moviendo después de perder el contacto con la mano, porque hay "algo" que lo sigue empujando.

Los resultados obtenidos aparecen en la siguiente tabla:

Institución, grado # estudiantes / # pregunta	1	2	3	4	5	6	7
Colegio U.P.B. Grado 11 39 estudiantes	58.98	17.95	64.10	58.98	76.92	38.46	66.67
Ingenierías U.P.B. II semestre 30 estudiantes	43.33	10.00	33.33	33.33	46.67	26.67	53.33
Ingenierías U.P.B. III semestre 30 estudiantes	24.14	20.69	34.49	37.93	34.49	24.14	51.72

ANALISIS DE RESULTADOS

Pregunta	Escolaridad		Concepto Aristotélico
1	11 grado	58.98%	Sin una fuerza impulsora, no hay movimiento
	II. semestre	43.3%	
	III semestre	24.14%	
2	11 grado	17.95%	Ignoran la existencia de fuerzas actuando sobre un cuerpo en reposo
	II. semestre	11.10%	
	III semestre	20.69	
3,4,5	11 grado	64.10%	El sentido de la aceleración depende del ascenso o descenso del cuerpo.
	II. semestre	33.33%	
	III semestre	34.49%	
6	11 grado	38.46%	El tiempo de caída de un cuerpo dependen de su masa.
	II. semestre	26.67%	
	III semestre	24.40%	
7	11 grado	66.67%	Debe existir una fuerza impulsora que hace que un cuerpo en movimiento permanezca en movimiento.
	II. semestre	53.33%	
	III semestre	51.72%	

De este análisis de resultados podemos concluir que los estudiantes en diferentes niveles de escolaridad conservan sus concepciones Aristotélicas alrededor del concepto de movimiento, aun después de haber pasado por los primeros semestres de la Universidad.

3.2. PROPUESTA DE PRESENTACION GLOBAL PARA UN CURSO DE FISICA BASICA

Para la organización del contenido de un curso de Física Básica teniendo en cuenta una visión global hemos ido construyendo una propuesta, la cual presentamos como un proceso, así:

- El problema a analizar es el de un cuerpo en movimiento.
- El cuerpo que inicialmente se considera, es una masa puntual.
- La anterior delimitación, coloca el límite a la teoría: Se realizará el Análisis de traslación de

de una masa puntual.

- Objetivos de la primera parte del curso: Realizar análisis cinemáticos y dinámicos de traslación para la partícula y análisis sobre las leyes de conservación para la partícula.
- Para la segunda parte del curso consideramos un cuerpo rígido, homogéneo y regular.
- Objetivos segunda parte: Realizar análisis cinemáticos y dinámicos de rotación y traslación para el cuerpo rígido y análisis de leyes de conservación.

Esta presentación la hemos llevado a un mapa mental que nos permite a nosotros y a los alumnos ver la globalidad del contenido del curso. El lenguaje de presentación hace énfasis en lo global, lo conceptual y procedimental, así el estudiante va adquiriendo la habilidad de hacer análisis de eventos a partir de la teoría general.

Una de las tareas que nos proponemos es la realización de un estudio piloto comparativo, entre un grupo con enseñanza tradicional y otro con esta forma de presentación global del contenido.

CONCLUSIONES

- Las técnicas de encuestas usadas son una herramienta conveniente para detectar la representación que poseen los alumnos acerca de algún tópico.
- Las técnicas ayudan a conocer el estado de aprendizaje inicial y final del alumno, en el proceso.
- Vemos la necesidad de utilizar otras técnicas, que ayuden al desarrollo de procesos cognitivos.
- Existe hoy en nuestro medio la posibilidad y necesidad de realizar investigación científica, en educación y enseñanza de las ciencias.

Los resultados de las actividades realizadas, requieren repetición y retroalimentación; no son definitivas ni generalizables, pero sí apuntan a la confirmación de las teorías propuestas.

“Para que nuestros sentidos nos digan algo, debemos tener un conocimiento previo. Para poder ver una cosa, hemos de saber qué son las cosas” *5.

BIBLIOGRAFIA

1. E. Morín, Curso Complejidad, febrero 26,27,28/1997, Medellín.
2. D.Hestenes, Toward a modeling theory of physics instruction, A.J.P. Vol.55, 1987.
3. M. Carretero, Construir y enseñar las ciencias experimentales, 1996, Aique Grupo E. S.A.
4. M. Moreira, Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras, 1996, Rio de Janeiro. 247 pg.
5. K. Popper, Un mundo de Propensiones, 1990, pg. 69

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN EL PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA DE LA UTP

Luis Enrique Llamosa Rincón; Universidad Tecnológica de Pereira.

Resumen: La Universidad Tecnológica de Pereira está próxima a iniciar con el programa de pregrado denominado "Ingeniería Física", el cual ya cuenta con la aprobación del Consejo Superior y se encuentra registrado por el ICFES. La formación en Ciencias Básicas que recibirá un Ingeniero Físico, es superior a la de cualquier otro Ingeniero, pues se le considera base principal para acceder a tecnologías modernas, poder aplicarlas, e incidir a todo nivel en la actualización de nuestra tecnología.

Mediante este trabajo se quiere dar a conocer este programa de Ingeniería Física, recalcando en lo que a formación en Ciencias Básicas se refiere. Se analizará su estructura curricular, los objetivos que se pretenden y se describirá brevemente el conjunto de metodologías que se implementarán en los cursos de física teórica y física experimental.

1. INTRODUCCIÓN

La humanidad ha entrado en la tercera revolución industrial, basada en el empleo masivo de la Microelectrónica.

Es prácticamente imposible para cualquier País sustraerse al influjo de esta revolución y por tanto el dilema no es modernizar la industria según las nuevas tecnologías o no hacerlo, sino modernizarla o llegar a un estado de postración económica.

Pero esta modernización debería ser planeada y no el resultado de las fuerzas económicas, generalmente ciegas. Para ello es necesario crear condiciones, dentro de las cuales la existencia de un profesional con una excelente fundamentación científica en la cual la Física juegue papel preponderante, con excelente preparación en la línea de control electrónico como en su base y complemento inevitable, la Instrumentación Física, puede ser un elemento de gran ayuda.

Toda instrumentación y todo control industriales se apoyan necesariamente en principios Físicos y matemáticos. Por ello el profesional de esta área debe tener una preparación Físico-matemática muy sólida, esto es, si se pretende un profesional con la amplia versatilidad en sistemas de instrumentación y control que exige la tecnología moderna, debe formársele con base en un Físico.

Tanto la instrumentación como control modernos se fundamentan en la informática y en la microelectrónica, así como las bases teóricas de cuantas variantes puedan crearse radican en última

instancia en la Física.

Un Físico experto en microelectrónica y control comprende mejor que cualquiera otro profesional los principios profundos que nutren la tecnología moderna. Este conocimiento de principios Físicos teóricos y aplicados maximiza la facilidad para modificar y crear la Instrumentación y los controles requeridos por el cambio tecnológico.

Si se arma, además, al Físico con un juego adecuado de conceptos y principios provenientes de otras ciencias importantes en la tecnología, se amplía aún más su capacidad para desenvolverse en todas las ramas de la industria nacional, porque en cada caso concreto necesita facilidad de comunicación con profesionales que no necesariamente son fuertes en Física, matemática y microelectrónica, además de que debe tener relativa claridad acerca de los enfoques corrientes en la aplicación industrial de planteamientos provenientes de otras áreas del conocimiento.

Debe así concluirse que no solo es conveniente para el Ingeniero Físico orientado hacia la instrumentación y el control estar armado con los principios biológicos y químicos más importantes y significativos sino que por su perfil profesional presenta facilidades especiales para alcanzar un buen nivel en estas áreas aparentemente diferentes

En conclusión, un Físico fuerte en instrumentación, control e informática, con fundamentación básica en la otras áreas de las ciencias naturales y con claridad sobre su papel social reúne las condiciones académicas para colaborar eficazmente en la actualización y creación de tecnología moderna autóctona socialmente equilibrada, esto es, un cocreador de tecnologías adecuadas.

Esta nueva carrera busca no sólo favorecer, la integración entre áreas diversas, sino dar una oportunidad razonable al estudiante de ampliar sus habilidades como investigador, al mismo tiempo que se le permite trabajar en líneas de su interés personal, enmarcadas en el contexto de la instrumentación y el control.

2. ESTRUCTURA CURRICULAR

Para el diseño curricular del plan de estudios de Ingeniería Física se consideran dos grandes ciclos; ciclo de fundamentación (2 años), y ciclo profesional (3 años).

2.1 Ciclo de fundamentación

El ciclo de fundamentación para el plan de estudios de Ingeniería Física, tendrá una duración de 2 años (4 semestres).

Los Objetivos instruccionales son los siguientes:

El ciclo de fundamentación debe iniciar al estudiante en el método científico y su utilización, dar al estudiante la formación inicial en Física fundamental, matemáticas, métodos de medición y de trabajo en física experimental, diseño de experimentos e instrumentación, y el conocimiento profundo y sistematizado de las leyes que gobiernan el universo desde el punto de vista de las ciencias naturales. En el área de la Física experimental para todos los ciclos se insistirá en los fundamentos de la metrología y se utilizará software especializado en análisis gráfico, así como también se implementarán prácticas de laboratorios comandadas por computador. De la misma manera para los aspectos teóricos se realizarán simulaciones de situaciones Físicas con ayuda de software especializado para tal fin.

Para facilitar al estudiante su integración al trabajo interdisciplinario y ubicarlo dentro del contexto socioeconómico del país y reafirmar sus valores éticos, se deben incluir en el ciclo de

fundamentación un número adecuado de cursos en filosofía, ciencias sociales, ciencias humanísticas y artes.

Los deportes formativos y un conocimiento suficiente del idioma inglés son complemento del ciclo de fundamentación.

El ciclo de fundamentación posee las siguientes componentes:

- Matemáticas
- Ciencias naturales (Física).
- Ciencias naturales (Química).
- Ciencias naturales (Biología).
- Dibujo.
- Fundamentación en Electrónica y programación.
- 4 asignaturas de formación complementaria: Determinadas por las componentes: Artístico (A), Filosófico (F), Humanístico (H), Social (S), las cuales están distribuidas a lo largo de toda la carrera; los cursos de Inglés I y II, Deportes I y II y Técnicas de la comunicación oral y escrita.

2.2 Ciclo profesional

El ciclo profesional para el plan de estudios de Ingeniería Física tendrá una duración de 3 años (6 semestres académicos).

Las asignaturas del ciclo profesional se pueden dividir en:

- Científico naturales, incluyen las ciencias de la Ingeniería.
- Técnicas (Ingeniería aplicada).
- Electivas
- Trabajo de grado I y II

El programa de la carrera Ingeniería Física tiene tres cursos electivos en los cuales el estudiante puede escoger de acuerdo a su interés personal, de una lista de cursos ofrecidos por los diferentes Departamentos de la Universidad, con ayuda de un profesor consejero.

Es claro que un Ingeniero Físico puede desenvolverse en múltiples campos y actividades; esta lista de cursos da la opción al estudiante de introducirse a diferentes áreas en las cuales podrá desempeñarse en su futuro profesional.

Dentro de los cursos que se podrán ofrecer como electivas profesionales están:

Biofísica, Instrumentación Biomédica, Instrumentación para la Docencia, Instrumentación Industrial, Control de Procesos Industriales, Instrumentación Química, Modelado y Simulación, Diseño y Análisis de Procesos Industriales, Taller de Mecánica fina, Medición de la Contaminación Ambiental, Óptica de Láser, Metrología.

Algunos de estos cursos serán dictados por profesores de otras Universidades, con base en convenios que se han venido realizando.

- TRABAJO DE GRADO

El trabajo de grado es un requisito parcial, para optar por el título profesional en Ingeniería Física. El proyecto de grado consiste en una investigación en el campo de la Física aplicada, el cual requiere de la instrumentación y/o el control, no necesariamente original, pero que forme parte de un trabajo que se esté realizando en la Universidad Tecnológica, o en cualquier otra Universidad del País. De manera especial se impulsarán aquellos trabajos que resulten en cooperación con la Industria. Para su realización el trabajo de grado se subdividirá en dos bloques: Trabajo de Grado I y Trabajo de Grado II.

ASIGNATURA CIENTIFICO NATURALES Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA	Cr	H	HT	HP
Métodos mat. para la Física	4	5	4	1
Física Moderna	4	4	4	0
Laboratorio Física Moderna	2	2	0	2
Mecánica Clásica	4	5	4	1
Mecánica Cuántica	4	5	4	1
Electromagnetismo	4	5	4	1
Mecánica de fluidos	4	5	4	1
Mecánica Estadística	4	5	4	1
Estado Sólido	4	5	4	1
Optica	4	5	3	2
Termodinámica	4	5	4	1
Física de Transductores	5	4	2	2

TOTAL NUMERO DE CREDITOS: 47

**Cr: CREDITOS; H: NUMERO DE HORAS; HT: NUMERO DE HORAS TEORICAS
HP: NUMERO DE HORAS PRACTICAS**

Cuadro N° 1.- ASIGNATURAS CIENTIFICO NATURALES Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA.

ASIGNATURAS TECNICAS	Cr	H	HT	HP
Programación II	4	5	3	2
Programación en tiempo real y Proceso digital de Señales	4	5	3	2
Electrónica lineal	4	5	3	2
Electrónica digital I	5	6	4	2
Electrónica digital II	4	5	3	2
Control I	5	6	4	2
Control II	5	6	4	2

TOTAL NUMERO DE CREDITOS: 31

Cuadro N° 2.- ASIGNATURAS TECNICAS (INGENIERIA APLICADA)

INGENIERIA FISICA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MATEMAT.I 16115 4HT-3HP	MATEMAT. II 16215 4HT-3HP ALG.LIN. 16223 3HT-1HP	MATEM.III 16314 4HT-1HP 16423 3HT-0HP	MATEM. IV 16413 3HT-1HP MET. NUM. 16423 3HT-0HP	METODOS MATEMAT. PARA LA FISICA 29514 4HT-1HP	TERMODI- NAMICA 29614 4HT-1HP MECANICA CLASICA 29624 4HT-1HP	MEC. DE FLUIDOS 29714 4HT-1HP ELECTRO- MAGNETISMO 29724 4HT-1HP	MECANICA CUANTICA 29814 4HT-1HP OPTICA 29824 3HT-2HP	MEC. DE GRADO I 29914 2HT-4HP	TRABAJO DE GRADO II 29919
	FISICA I 16234 3HT LAB.FIS I 16242 2HP	FISICA II 16334 3HT LAB.FIS II 16342 2HP	FISICA III 16434 3HT LAB.FIS III 16442 2HP	FISICA MODERNA 29524 4HT LAB.FIS MODERNA 29532 2HP	ELEC. DIGI 29635 4HT-2HP	PROGEN T.REAL Y PROC.DIG DE SEÑALES 29734 3HT-2HP CONTROL I 29745 4HT-2HP	ELECT. DIGT. II 29834 3HT-2HP	FISICA DE TRANSDUCTO RES 29945 4HT-2HP	
DIBUJO I 16132 (4HP) TECN. DE LA COMUNIC. ORAL Y ESCRITA 29122 1HT-2HP		DIBUJO II 16253 2HT-2HP INFORMATICA 29322 1HT-3HP	ELECT. GRAL 29455 4HT-2HP PROGRAM. I 29464 3HT-2HP	ELEC. LIN. 29544 3HT-2HP PROG. II 29554 3HT-2HP	ELECTIVA PROF. I 29644 3HT-2HP	ELECTIVA PROF. II 29753 2HT-2HP	ELECTIVA PROF.III 29853 2HT-2HP		
QUIMI 29135 4HT-2HP	QUIM.II 29254 3HT-2HP	BIOLOGIA 29365 4HT-2HP		ELECTIVA A.H.F.S. 29562 3HT	ELECTIVA A.H.F.S. 29652 3HT			ELECTIVA A.H.F.S 29952 3HT	SEMNARIO DE ETICA 29022 2HT
ELECTIVA A.H.F.S. 29142 (3HT) INGLES I 16163 3HT-3HP DEPOR. I 16201 (2HP) 16101 (2HP)	INGLES II 16282 3HT-2HP DEPOR. II 16201 (2HP)								
20	21	20	21	20	19	20	20	19	11 CRED.
15	20	16	18	17	18	17	16	17	2 H. TEORICAS
16	12	10	7	7	6	8	9	8	0 H. PRACTICAS
31 H/S	32 H/S	26 H/S	25 H/S	24 H/S	24 H/S	25 H/S	25 H/S	25 H/S	2 H/S

Cuadro N° 3.- DISTRIBUCION DE ASIGNATURAS POR SEMESTRE

AREA	CREDITOS	PORCENTAJE
Científico Natural y ciencias de la ingeniería.	47	41.5%
Técnicas (Ingeniería aplicada)	31	35.7%
Electivas Profesionales	10	9.9%
Trabajo de Grado	13	12.9%
TOTAL	101	100.0%

Cuadro N° 4.- Distribución porcentual de las asignaturas del ciclo profesional, de acuerdo a su clasificación.

3. OBSERVACIONES FINALES

Este programa es fruto de la experiencia de la facultad de Ciencias Básicas en lo que respecta al postgrado en Instrumentación Física, el cual gracias al trabajo interdisciplinario con otras facultades de la UTP (Facultades de Ingeniería, Facultad de Medicina), ha dado como resultado una serie de trabajos de Ingeniería, en los cuales las Ciencias Básicas juegan papel preponderante en el diseño y ejecución de los mismos. Es así como profesionales de las diferentes ramas de la Ingeniería, físicos, médicos, licenciados en física; se han unido, y han logrado mediante un trabajo en equipo, sacar adelante proyectos en los cuales el objetivo básico es la medida y control de parámetros físicos utilizando para ello las herramientas que proporciona la Instrumentación Electrónica, la Programación y el Control. Con base en este contexto de interdisciplinariedad surge el programa de Ingeniería Física.

Se espera iniciar el Programa de Ingeniería Física el próximo año (1998). Para su financiación en lo que respecta a infraestructura, la Facultad de Ciencias Básicas de la UTP ha venido desarrollando proyectos de financiación, los cuales han sido aprobados y actualmente están en ejecución la mayoría de ellos; es así como en la actualidad se vienen montando y actualizando diferentes laboratorios y salas de microcomputadores, así como también la red académica universitaria se encuentra en pleno funcionamiento.

4. BIBLIOGRAFIA

L. E. Llamosa R, R. Ramirez R. Proyecto de Ingeniería Física, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda, 1996.

MODELOS MATEMATICOS PARA LA INGENIERIA ELECTRONICA

Joaquín Luna Torres, Dora Galvis de Escobar, Jorge Hernández Pardo y Luz Lizarazo Hernández. Profesores de matemáticas de la Universidad Autónoma de Colombia, E-mail jescobar@fuacnet.edu.co

Resumen. Los autores adscritos al Departamento de Ciencias Naturales y Exactas de la FUAC, están interesados en presentar las matemáticas para Ingeniería Electrónica en concordancia con el área profesional.

Como alternativas curriculares para la formación matemática de estos Ingenieros y para contribuir a la solución de problemas tales: como la desarticulación de las áreas del conocimiento, la poca importancia que se da a la creatividad en la enseñanza de las matemáticas y el estudio deficiente de modelos matemáticos para interpretar problemas de ingeniería; el grupo propone estudiar tales modelos desde la **modulación de señales**, agrupándolos en tres niveles:

- 1- Las matemáticas como elemento forjador del pensamiento formal del ingeniero.
- 2- La importancia de éstas en la solución de problemas de la ingeniería.
- 3- La construcción de modelos desde el estudio de situaciones específicas de la ingeniería.

Se pretende que los ingenieros puedan adaptar modelos matemáticos a las necesidades del diseño.

INTRODUCCION

Con el propósito de integrar los temas de la matemática con los problemas de la ingeniería, el departamento de ciencias naturales y exactas de la FUAC y los profesores adscritos a éste, consideran que tales contenidos deben presentarse haciendo énfasis en tres niveles.

- 1- La matemática como elemento forjador del pensamiento formal del futuro ingeniero.
- 2.- Los modelos matemáticos como herramientas en la solución de problemas de la ingeniería.
- 3- La construcción o adaptación de modelos matemáticos a situaciones específicas de la ingeniería.

Respondiendo a estas orientaciones nuestro grupo de trabajo propone organizar los temas de la matemática para ingeniería electrónica de tal manera que éstos contribuyan fundamentalmente a crear modelos para la modulación de señales.

Hemos escogido la modulación de señales porque ésta ayuda a codificar y proteger la información que se transmite por algún medio físico y posteriormente a decodificarla para recuperarla; estamos interesados en procedimientos que ayuden a optimizar la transmisión.

Debemos aclarar que la selección de la modulación de señales como hilo conductor para presentar las matemáticas obedece a que en nuestra universidad la ingeniería electrónica está orientada a las comunicaciones, sin embargo es una de las múltiples posibilidades que existen para hacerlo.

LOS CONTENIDOS

En este trabajo presentaremos los temas centrales de cada asignatura, su ubicación en los niveles descritos y propuestas para desarrollarlos.

1- La matemática como elemento forjador del pensamiento formal del futuro ingeniero.

En esta etapa se presentan los temas relacionados con la matemática básica, entendiendo por ésta los cursos de cálculo en una y varias variables, elementos de lógica, estructuras booleanas y el álgebra lineal.

En el primer curso se discuten situaciones en las que aparecen algunas señales; por ejemplo, cuando se consideran circuitos eléctricos elementales aparecen las señales asociadas con el voltaje, la corriente eléctrica y la energía resaltando la relación que existe entre ellas; en los sistemas de entrada-salida nos interesamos en observar las características tanto de las señales de entrada como las de salida. Otro ejemplo es el modelo de sumador binario y los promedios Dow-Jones.

A continuación se comienza a clasificar las señales, en analógicas y digitales, periódicas y no periódicas, determinísticas y no determinísticas; temporales y frecuenciales: por ejemplo, una señal analógica es aquella cuya amplitud varía continuamente con respecto al tiempo; mientras que una señal digital queda descrita por una sucesión de muestras que se toman de la anterior.

Posteriormente nos interesamos en buscar expresiones matemáticas para representarlas. Aquí aparecen las funciones definidas sobre los números reales (con su estructura de campo ordenado completo) para representar las señales continuas; y las funciones definidas sobre los enteros (con su estructura de dominio de integridad ordenado) para representar las señales digitales y algunas funciones definidas sobre los números complejos (con su estructura de campo completo) para construir sistemas ortogonales. En este momento aprovechamos para mostrar que existen señales no representables por funciones, como en el caso de situaciones que involucran impulsos unitarios y en las cuales se utiliza el delta de Dirac, la que permitirá hacer una introducción al estudio de las distribuciones en cursos superiores.

En el estudio de las funciones consideramos importante iniciar analizando gráficas para llegar a expresiones analíticas y viceversa. La escogencia de muestras en las gráficas (tablas de doble

entrada) nos dará información sobre modelos digitales y su importancia en la transmisión de datos. Los desplazamientos y modificaciones de las gráficas nos llevan a la necesidad de sumar y multiplicar en el dominio y el codominio de las funciones, y la necesidad de producir nuevas funciones nos conduce a operarlas entre sí; en particular el producto de funciones nos da una primera idea de modulación de señales.

La necesidad de producir modelos dinámicos a partir de dichas funciones nos lleva al cálculo diferencial e integral en sus versiones analógica y digital. Es necesario insistir en las integrales impropias -de extenso uso en las transformadas integrales y en expresiones matemáticas para las señales de energía- en la versión analógica y en las series para las versiones digitales correspondientes. Este tratamiento será el mismo para el cálculo en varias variables.

En el curso de álgebra lineal nos interesamos por modelos que simulan los sistemas lineales: éstos son los espacios vectoriales entre los que destacamos los espacios de funciones (espacios de señales) y las transformaciones lineales. La resolución de señales en componentes sinusoidales nos exige un conocimiento adecuado de los sistemas ortogonales y en particular de las bases, en dimensión finita, y los productos internos. Una vez estudiados los productos internos aparecen las normas (como modelos para señales de energía), y los teoremas de Parseval. Los valores y vectores propios de una transformación lineal son valiosos para poder encontrar soluciones de los sistemas de ecuaciones diferenciales lineales, (y de diferencias finitas).

Cuando se quiere utilizar el computador es importante tener la información que proporciona una transformación lineal en una tabla de doble entrada. Las matrices, simplifican el cálculo como sucede con las matrices de derivación y también representan de una manera sencilla las series y las transformadas discretas.

Las reglas de inferencia y demostración ocupan lugar importante en la formación del pensamiento matemático. Esto motiva el estudio de los métodos de la lógica ligada íntimamente con el lenguaje conjuntista (álgebra proposicional y cálculo de predicados).

Las funciones características (modelos de tipos particulares de señales), ayudan a describir los subconjuntos de un conjunto dado, a desarrollar estructuras booleanas -de importancia en los circuitos lógicos- y a sentar las bases para el estudio de la matemática difusa, vinculada con la teoría de control y la inteligencia artificial.

2- Los modelos matemáticos en la solución de algunos problemas de ingeniería.

En esta segunda etapa consideraremos modelos matemáticos construidos a partir de las ecuaciones diferenciales y en diferencias finitas y del análisis continuo y discreto de Fourier; el énfasis está en la solución de problemas de ingeniería electrónica (control, modulación, comunicación, señales y sistemas analógicos y digitales)

La importancia de los sistemas diferenciales y de diferencias surge del hecho de que la aplicación de las leyes naturales que gobiernan el comportamiento de un sistema en intervalos pequeños lleva a ecuaciones de diferencias en el caso discreto y ecuaciones diferenciales en el caso continuo.

El curso se inicia con una presentación de ecuaciones diferenciales y en diferencias de carácter lineal enfatizando en que son modelos para circuitos elementales provenientes de las leyes de

Kirchoff, haciendo notar que son invariantes por translaciones temporales. Se muestra que las soluciones forman el núcleo de un operador lineal adecuado.

Se estudian las transformadas de Laplace y la transformada Z para encontrar soluciones de problemas que se ajusten a estos modelos.

Posteriormente se utilizan los sistemas de ecuaciones diferenciales y en diferencias finitas para la descripción del estado de los sistemas y se relacionan con las matrices de transición de estados.

El énfasis de esta etapa se hará sobre el análisis de Fourier en sus formas continua y discreta.

Iniciamos con un estudio más detallado de aquellas señales que no pueden modelarse por funciones, es decir, introducimos las distribuciones. Como modelos para representar señales periódicas se presentan las series de Fourier relativas a sistemas ortogonales completos en espacios de Hilbert y se estudian los espectros de dichas señales. Para describir señales tanto periódicas como no periódicas se trata la transformada de Fourier insistiendo en sus contenidos espectrales.

A continuación se aplican estos conceptos para discutir los procesos de modulación y demodulación de señales tanto en la amplitud, como en la fase y en la frecuencia.

Finalmente, con los mismos propósitos, se estudia la versión discreta y sus representaciones matriciales.

3. Solución de algunos problemas de la ingeniería utilizando modelos matemáticos.

Esta parte del programa, es tema de nuestro trabajo actual y el que consideramos mejorará sustancialmente con la incorporación de ingenieros electrónicos que estén orientando los cursos del área profesional. Los temas propuestos para esta etapa están relacionados con la inteligencia artificial, la teoría del control automático, procesamiento de señales y las comunicaciones, desde el punto de vista de la matemática difusa.

PROPUESTA METODOLOGICA

Aunque en algunas partes del contenido hemos esbozado ideas de los métodos de trabajo, consideramos importante anotar que para la enseñanza, y con el fin de forjar autonomía, debemos tener en cuenta:

- a) la participación de los estudiantes en el proceso de la construcción del pensamiento matemático mediante un "debate científico" basado en lecturas, preconcepciones y aproximaciones intuitivas.
- b) la construcción de una fundamentación intuitiva apropiada para los conceptos matemáticos avanzados buscando un equilibrio entre el desarrollo cognoscitivo y el lógico.
- c) el uso de la visualización, particularmente utilizando racionalmente un computador, para que el estudiante tenga una idea global de los conceptos y pueda encontrar métodos más versátiles para manejar la información.

El éxito del desarrollo de este trabajo depende en buena medida de la dinámica del grupo de profesores en la selección de temas conductores de las actividades a desarrollar, en la preparación

conjunta de las clases, en la elaboración de guías de trabajo y notas de clase, en la escogencia de lecturas de revistas especializadas y en las formas de evaluación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BRIGHAM, E., The Fast Fourier Transform and its Applications, Prentice-Hall, NJ, 1988.
- 2.- BUSTOZ, J. y CHARRIS, J. Series de Fourier, SCM, Bogotá, 1976.
- 3.- DE ESCOBAR, D., HERNANDEZ, J., LIZARAZO, L. y LUNA, J., El análisis de Fourier y la modulación de señales, FUAC, Santafé de Bogotá, 1996.
- 4.- HAYKIN, S., An Introduction to Analog and Digital Communications, John Wiley and Sons, NY, 1989.
- 5.- KWAKERNAAK, H. and SIVAN, R., Modern Signals and Systems, Prentice-Hall, NJ, 1991.
- 6.- RUDIN, W., Real and Complex Analysis, McGraw-Hill, NY, 1974.
- 7.- SOLIMAN, S.S., and SRINATH, M.D., Continuous and Discrete Signals and Systems, Prentice-Hall, London, 1990.
- 8.- ZEMANIAN, A.H., Distribution Theory and Transform Analysis, Dover Publications, NY, 1965.

AMBIENTES DIDACTICOS INFORMATICOS Y LA INSTRUMENTACION VIRTUAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN INGENIERIA

Alejandro Hurtado Márquez y Harold Alberto Esquivel R, Profesores de Física en Ingeniería. Universidad Autónoma de Colombia. E-mail jescobar@fuacnet.edu.co

Resumen

Los avances tecnológicos y científicos han generado un cambio cultural, pedagógico, metodológico y didáctico en la concepción del currículo en las facultades de Ingeniería y en particular en los planes de estudio. Inmersos en estos cambios acelerados las Ciencias Básicas, en nuestro caso particular la Física, juegan un papel fundamental en el proceso de estructuración del conocimiento a través de principios sustentados en modelos conceptuales y matemáticos.

Un buen currículo en Ingeniería requiere tener un elemento importante como lo es su estructura que permita la integración de los saberes. En lo concerniente a la Física y en general en las Ciencias Básicas, esto se puede complementar a través de:

1. Unos buenos ambientes didácticos, en donde la informática sea uno de los factores esenciales y complementarios a la formación de los estudiantes de Ingeniería.
2. La interacción entre teoría y práctica, en donde el aprendizaje y enseñanza de la Física, sobre todo en la parte experimental, puede reforzarse con ayudas como la instrumentación virtual, la cual involucra procesos de simulación, programación, adquisición de datos en tiempo real, entre otros.

Teniendo en cuenta los dos puntos anteriores, el presente artículo tiene como objeto recoger la experiencia que se viene desarrollando sobre los contenidos de las asignaturas de Física que se imparten a los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Autónoma.

1. INTRODUCCION

La educación superior en las áreas de ingeniería esta siendo objeto de grandes cambios en sus estructuras curriculares debido a los avances que permanentemente se dan en las ciencias básicas y las cuales redundan en aplicaciones tecnológicas y científicas tales como la informática y la instrumentación virtual.

En el proceso educativo, la enseñanza de las ciencias experimentales, en este caso la Física, debe necesariamente contemplar tres elementos: la transferencia de los contenidos conceptuales, la transferencia de los procedimientos propios de la resolución de problemas numéricos y la

consecución de los objetivos generales de aprendizaje en la realización de experiencias de laboratorio.

En relación a las clases experimentales que normalmente se realizan, la mayor parte de la distribución temporal de las actividades de los alumnos en los laboratorios, corresponde a la toma de datos y a su procesamiento matemático, en detrimento del análisis del diseño de la experiencia y de la libre elaboración de conclusiones, para lo que se necesitaría la posibilidad de poder realizar una retroalimentación en relación al diseño y a las condiciones iniciales de la experiencia. Dada la situación referida, en la actualidad las experiencias de laboratorio pueden calificarse generalmente como prácticas de confirmación, y no de indagación, ni de pequeñas investigaciones como sería deseable para la consecución de los objetivos del aprendizaje [1].

2. LA INSTRUMENTACION VIRTUAL COMO APOYO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

La instrumentación virtual es un conjunto de herramientas para la construcción de sistemas de pruebas y medidas, tanto a nivel industrial como a nivel investigativo y educativo, tiene las ventajas de permitir mezclar diferentes instrumentos de hardware y software para maximizar el uso de las herramientas disponibles reduciendo así la relación costo-gastos de operación [2].

2.1. Componentes de la Instrumentación Virtual

Para tener una breve idea de la estructura general de la instrumentación virtual es necesario describir los componentes que la constituye, de los cuales se da una breve descripción a continuación.

2.1.1. Componente Instrumental

El computador contiene un microprocesador que tiene una secuencia temporal que es programable y puede, por tanto, en un principio, almacenar registros temporales digitales bajo el control programado de interruptores y dispositivos eléctricos y electrónicos.

Por medio de un convertidor analógico-digital, que transforma una señal eléctrica que varía de forma continua en una sucesión de impulsos digitales, el microprocesador del computador puede actuar de hecho como un voltímetro de alta impedancia de entrada, esto es, cuando se utiliza para realizar una medición perturba mínimamente el circuito eléctrico bajo estudio.

2.1.2. Componente de programación

La aplicación de un Software adecuado hace posible recoger, almacenar y analizar grandes cantidades de información a gran velocidad. El Software posibilita que los periféricos realicen su misión de medida y control, previo calibrado, ya sea manual o automático.

2.1.3. Componente Pedagógica

Para llevar a cabo una utilización eficaz del medio informático en los laboratorios de física es necesaria la programación de actividades bien diseñadas y organizadas, en las que el entorno informático tenga un papel instrumental relevante. Las características de estas actividades podrían resumirse así:

- Que sean experiencias de probado interés, en un doble sentido: el motivador para los alumnos y el de darle trascendencia a los contenidos curriculares afectados por su realización, de tal forma que la utilización del medio informático suponga un enriquecimiento pedagógico real.
- Que los alumnos entiendan y asuman el diseño experimental, para lo que es necesario que las características de la práctica estén resaltadas y hayan sido debatidos previamente.
- Que no se enuncie ni se sugiera previamente el resultado correcto del experimento, con el fin de posibilitar la discusión y valoración de las conclusiones y el fomento de la creatividad.
- Que el diseño de la experiencia no sea cerrado, sino que permita su proyección hacia la realización de otros experimentos del mismo nivel curricular, con el mismo diseño o con ligeras variaciones instrumentales. La finalidad de este requerimiento es fomentar la actitud investigadora de los alumnos.

Adicionalmente, encontramos ayudas como: el videodisco, videos e Internet las cuales son un soporte didáctico, que permite desarrollar una pedagogía intensiva y que complementa la formación del estudiante tanto en la parte experimental como en la conceptual.

2.2 Elementos de la Instrumentación Virtual

La dotación básica para llevar a cabo un sistema de instrumentación virtual se ve en la fig. 1. de la cual a continuación se describen brevemente sus elementos:

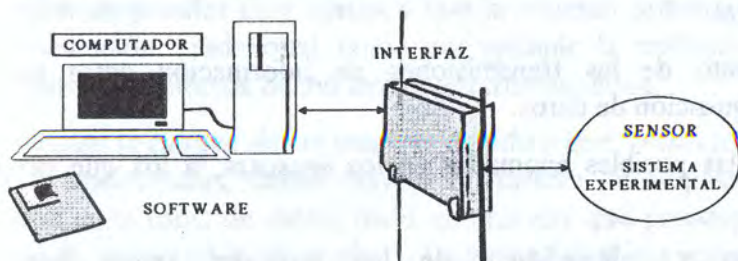


Figura 1. Esquema representativo de un sistema de adquisición de datos

2.2.1 Software

Es deseable que el Software sea una herramienta eficaz para el usuario en lo referente al calibrado, realización de medidas, almacenaje y análisis de los datos obtenidos. Recogiendo estas utilidades, existen dos tipos de Software para la Instrumentación Virtual: los de *utilidad general*, que son aplicables para todo tipo de experiencias, y los *específicamente diseñados* para un tipo concreto de experiencias (por ejemplo: análisis de movimientos rectilíneos, colisiones, circuitos, etc.). Algunos paquetes que se encuentran disponibles en el mercado y que permiten simular

experimentos, desarrollar modelos conceptuales o adquirir datos por medio de interfaz son los siguientes: el Interactive Physics, ScienceWorkshop, ProSolv[3], Labview, Matlab, y el Scientificworkplace entre otros.

Las características óptimas del Software, dado su objetivo didáctico, pueden enunciarse de la siguiente manera :

- *Facilidad en el manejo*: disponer de un conjunto de instrucciones simples que no exijan del usuario una fuente de preparación informática.
- *Interactividad*: esto permite que el estudiante a partir de los datos originales, sea el diseñador del procesamiento estadístico-gráfico, evitando utilizar modelos preestablecidos escapando así a todo automatismo en la obtención de los resultados numéricos y en la elaboración de las conclusiones.
- *No automático*: Esto permite que el estudiante explore entre variadas relaciones matemáticas y entre diferentes representaciones gráficas, a la hora de la manipulación de los datos.
- *Flexibilidad*: Para poder exportar los datos registrados a otros programas más potentes, que permitan al estudiante que realice análisis más refinados; este requerimiento es importante con el fin de ofrecer al estudiante alternativas analíticas de acuerdo con su formación informática.

2.2.2 Interfaz

Es el puente entre el sistema empírico real y el mundo electrónico del Computador. Puede ser considerado como la parte más importante del equipo ya que cumple cuatro funciones a saber:

- Intérprete-traductor en la cadena de información, entre el lenguaje analógico de los sensores y el del computador, que es digital.
- Controlador del funcionamiento de las transmisiones de información entre todos los integrantes de la cadena de adquisición de datos.
- Vigilante e informador de las posibles anomalías en los sensores, a los que protege de descargas.
- Reconocimiento, alimentación y calibración de los sensores, tareas que realiza automáticamente.

Las características de una buena interfaz serían las siguientes[4]:

- Medidor de frecuencias.
- Reloj interno que permita las medidas en tiempo real.
- Rango +/- de tensiones.
- Relé para garantizar la correspondencia entre el inicio del experimento y la toma de datos.
- Adecuada precisión, que está asociada al tamaño y número de los intervalos del muestreo realizado tanto por los convertidores analógicos-digitales como por los digitales-analógicos,

que aseguran el flujo de información en los dos sentidos, desde los sensores al y desde el computador.

2.2.3 Sensores

Los sensores son transductores, o dispositivos que transforma las variaciones de una magnitud medible no eléctrica en una señal eléctrica analógica, es decir, en una variación de tensión que es recogida por el interfaz. Como ejemplo de sensores podemos citar un micrófono, una fotocelda o una puerta fotoeléctrica esta última suministra directamente una señal digital y es sensible al corte por un móvil de un haz infrarrojo.

En los equipos de instrumentación virtual se consideran sensores de conductimetría, iluminación, intensidad de sonido (micrófono), pH, sonda de oxígeno, temperatura, entre otros; el interfaz además puede medir directamente diferencias de potencial, lo que permite diseñar sensores relacionando variaciones de tensión con variaciones de la magnitud que se desea registrar.

3. IMPACTO DIDACTICO DE LAS APLICACIONES DEL PROYECTO DE INSTRUMENTACION VIRTUAL EN FISICA

Para analizar las repercusiones que representan la adquisición, dotación e implementación de la instrumentación virtual en la enseñanza de la Física y en general en las ciencias experimentales, es necesario mencionar previamente cuales son los aportes más inmediatos y visibles de estos sistemas para la realización de experimentos de laboratorio:

- Dan lugar a la ampliación de la gama de experiencias realizables, como aquellas que requieren intervalos temporales muy cortos y que involucran órdenes de magnitud inalcanzables por la instrumentación tradicional, como por ejemplo la medición de tiempos en movimientos en caída libre y los efectos de inducción electromagnética.
- Incrementan la calidad de las medidas debido a que, respecto a las experiencias realizadas con equipos tradicionales, tienen mayor: a) *rapidez* de adquisición de datos significativos, b) *facilidad* en la toma de datos, dado que no hay que preocuparse por las tasas de variación u órdenes de magnitud involucrados, c) *cantidad* de datos registrados, que sea compatible con la memoria del sistema y d) *seguridad* en la adquisición de datos, ya que una vez iniciado el experimento se limita la influencia de factores distorsionadores de la medición, y que son ajenos al propio sistema experimental.
- Consiguen lo que se ha denominado un registro de datos informativo en cuanto que su adquisición va frecuentemente asociada de forma inmediata con la presentación gráfica de los mismos, lo cual implica una mayor facilidad y rapidez en su interpretación, favoreciendo el establecimiento de una relación tangible entre las manipulaciones experimentales concretas y la formación de los resultados empíricos, que en los experimentos tradicionales sólo se realiza después de un apreciable espacio de tiempo.

- Permiten la construcción de archivos de registros experimentales con los correspondientes análisis gráficos y estadísticos, y cuya disposición en discos magnéticos favorecen un mayor intercambio y comunicación de los resultados experimentales.
- Facilitan el manipular una gran cantidad de variables que en una práctica real son difíciles de controlar, lo que permite acercar al estudiante a las bases del modelo conceptual y discernir sobre ellas y sus limitaciones.

4. RESULTADOS

Dentro de los planes de actualización de programas, el Departamento de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Colombia a través de la sección de física, resolvió desde el punto de vista curricular la separación metodológica que existía entre los cursos de Física y Laboratorio de Física integrando los contenidos en una sola asignatura.

El desarrollo de proyectos [5] enfocados al montaje de la instrumentación virtual en los laboratorios, ha llevado a que se requiera de una mejor optimización de los recursos, lo cual hace necesario clasificar los temas de las prácticas de laboratorio en tres grandes grupos a saber: mecánica (Física I), electricidad (Física II), y ondas-termodinámica (Física III) que cubrirían más del 80% de los contenidos de dichas asignaturas, pues el 20% restante se cubriría con un grupo adicional que contemplaría la Física Moderna. La anterior clasificación obedece claramente a una concepción metodológica coherente con un plan de estudios integrado para la Facultad de Ingeniería.

Estos proyectos han generado espacios en el Departamento de Ciencias Naturales y Exactas en los cuales el estudiante desarrolla experiencias computacionales (simulación, solución de problemas numéricos y análisis de datos) relacionadas con los conceptos tratados en el aula de clase y bajo la supervisión del maestro de cada asignatura. Es así, como en los actuales momentos, se viene usando el Software Interactive Physics como ayuda didáctica y complemento a la estructuración del aprendizaje recibido por los estudiantes de Ingeniería.

Referencias Bibliográficas

- [1] HERRAN MARTINEZ, C Y PARRILLA PARRILLA, J.L. *La utilización del ordenador en la realización de experiencias de laboratorio*. Revista: Enseñanza de las Ciencias, 1994, 12(3). Madrid, España.
- [2] *Test and Measurement, process Monitoring and control*. Instrumentation Reference And Catalogue, National Instruments, 1995.
- [3] *Physics Experiments, Apparatus and Computer Interfaces*. Pasco Scientific, 1995.
- [4] PHYWE, *Interface Systems*. Catalogue, University Laboratory Experiments Vol. 1-5 (676.72), 1995.
- [5] HURTADO M. A, ESQUIVEL H. *Estudio y evaluación de recursos para el desarrollo de instrumentación virtual en los laboratorios de física*. Proyecto de Investigación en curso, Universidad Autónoma de Colombia, 1997.

LA MATEMATICA BASICA COMO FUNDAMENTO PARA EL FUTURO INGENIERO

Edgar Alfonso López Rodríguez
Fundación Universidad Autónoma de Colombia

Resumen

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática debe basarse principalmente en la abstracción y formalización de conceptos y desarrollo de la creatividad para que el alumno pueda relacionar lo que estudia, con la práctica profesional.

La introducción didáctica de la historia de la matemática nos permitirá visualizar los pasos que siguieron cada uno de los matemáticos contribuyendo a la construcción de ésta. Por lo tanto es fundamental plasmar una estrategia metodológica para la formación de la matemática en Ingeniería.

El Cálculo, ha sido y es la preocupación de quienes, de alguna manera, hemos compartido este espacio, esta es una interpretación que aplicada desde algún tiempo, busca "rescatar" algunos estudiantes que se inician en este camino, lleno de dificultades para unos y apasionante para otros, desde luego que me preocupan los primeros.

Introducción

El enfoque que se presenta a la comunidad educativa de Ingeniería, en relación con la Matemática como ciencia básica tiene una estructura íntimamente articulada desde que concebimos el concepto de conjunto, el producto cartesiano entre conjuntos, las relaciones como subconjunto del producto cartesiano, hasta la función como caso particular de la relación.

Este proyecto es fruto de la experiencia docente y la reflexión permanente en el desarrollo de cursos introductorios de matemáticas y cálculo para Ingenieros, en comparación con la fundamentación conceptual con la Licenciatura en matemática y los resultados obtenidos en uno y otro escenario.

De todas y cada una de las ciencias es necesario conocer los conceptos fundamentales para realizar la aplicabilidad más interesante, pero la matemática es básica para el desarrollo de la Ingeniería, además que lo es para otras ciencias.

La Matemática Básica

Desde que iniciamos la enseñanza con el concepto de conjunto en asignaturas de los estudios universitarios, indicando este como colección, reunión, lista de objetos bien definidos, se pasa por procesos de creatividad, buscando y afianzando conocimientos para señalarlo finalmente, como una idea no definible.

Bajo la interiorización de la idea conjuntista, se hacen operaciones elementales, para dar paso a los conjuntos numéricos desde los números naturales, se pasa por los enteros, racionales e irracionales, cuya unión conformará los números reales, hasta hacer una breve introducción de los números complejos.

El estudio del conjunto de los números reales, se limita a presentar los axiomas de cuerpo y de orden. Da la impresión que solo es indicar estos temas, teniendo en cuenta que debemos profundizar en las desigualdades y valor absoluto, cuando la gran verdad es que el costo que pagan los estudiantes por entrar en este mundo muy particular y por demás especial, depende en principio de la actitud de quien tiene la responsabilidad de presentar, no solo de manera correcta, sino agradable para lograr la interrelación entre lo que estudia y los entes a manejar en la práctica profesional.

Para llegar a este nuevo mundo, los profesores en Colombia los enseñan de acuerdo con el lugar donde desarrolló su niñez y fundamentalmente el nivel de estudios secundarios cursado. Sólo quiero indicar que cualquier bachiller, sea del norte del país o del sur, del este u occidente comparado con los bachilleres Bogotanos presentan diferencias muy profundas, incluso entre ellos mismos, esto se debe entre otros a la topografía sobre la cual nos movemos, la idiosincracia de nuestros pueblos, el medio cultural donde nos desenvolvemos y la voluntad política de nuestros gobernantes tanto del centro del país, como los de una región particular.

Punto de Partida

En general los conceptos de mayor dificultad para los estudiantes recién llegados a la Universidad son el de función por un lado y el de límite por otro. Esta consideración la fundamento en lo que encierra llegar hasta estos puntos de trabajo y su respectiva formalización e interpretación conceptual.

Los pilares sobre los cuales se monta toda la matemática tanto formal, en el caso de quienes estudian matemática, o racional e interpretativa como en el caso que nos ocupa, la matemática en los Ingenieros, debe consolidarse preferiblemente éstas grandes ideas. Desde su abstracción, su precisión, su rigor lógico e irrefutable carácter de sus conclusiones y la aplicabilidad.

Sin embargo para nuestros estudiantes no existen sino objetos concretos; aquellos objetos que podemos percibir a través de nuestros sentidos. Cuando nuestro estudiante se aproxima a un concepto, busca hacerlo con la misma actitud que él emplea hacia los objetos concretos.

Aquí se considera importante indicar que "la abstracción de la matemática se distingue por tres rasgos. En primer lugar, tratan fundamentalmente de las relaciones cuantitativas y formas espaciales, abstrayéndolas de todas las demás propiedades de los objetos. En segundo lugar, aparecen en una sucesión de grados de abstracción creciente, llegando mucho más lejos a esta dirección que la abstracción en las demás ciencias..."(1) . La noción de función es introducida y precisada de muchas maneras a lo largo del siglo XVII. Toda la cinemática se basa en una idea intuitiva, y de algún modo experimental, de las cantidades variables con el tiempo, es decir, funciones de tiempo, y ya hemos visto como se llega así a la función de parámetro, tal como aparece en Barrow, y, con el nombre de fluyente, en Newton. La noción de "curva cualquiera" aparece a menudo, pero no se precisa casi nunca; puede que se haya concebido muchas veces en forma cinemática o en todo caso experimental, y sin que se considerase necesario que una curva fuere susceptible de una caracterización geométrica o analítica para poder ser objetos de razonamientos.

Dalambert, enemigo de toda mística en la matemática, había definido, en artículos importantes, y con la mayor claridad las nociones de límite y de derivada, y sostenida vehementemente que en el fondo está, en toda la metafísica del cálculo infinitesimal. La obra monumental de Lagrange, tiene el significado de un intento de fundar el análisis funcional sobre uno de los conceptos Newtonianos más discutibles, aquél que confunde las nociones de función arbitraria y de función desarrollable en series de potencias y de obtener a partir de aquí la noción de diferenciación.

Con las obras de Cauchy para la enseñanza de elementos matemáticos se entró por fin en terreno sólido. Cauchy define esencialmente una función como lo hacemos nosotros hoy. La noción de límite fijada de una vez por siempre, se toma como punto de partida, las de función continua y la derivada se produce inmediatamente de ella, así como sus principales propiedades elementales (2).

La inquietud que surge a quienes manejan, no solo la conceptualización matemática, sino su historia, es cómo proceder frente a nuestro auditorio cuando intentamos definir un concepto y que este sea de fácil acceso a la mayoría de presentes en este escenario y que este beneficie a los estudiantes tanto en su comprensión como en la abstracción.

Y es tal la necesidad de abstracción y creatividad que debe desarrollarse en el alumno que en el comienzo de la carrera no se da la aplicabilidad necesaria, debido a que el profesor no la conoce o se involucraría en tema no de la asignatura. Y cuando llega a asignaturas más aplicables, el concepto no se maneja ni se tiene tiempo para repasar y formalizar el fundamento teórico requerido.

" Esto nos permite generar un procedimiento o crear una herramienta que colocaremos a disposición de cualquier auditorio que cumpla con estas dos condiciones:

1. No es posible encontrar un objeto que claramente satisfaga nuestra idea intuitiva del concepto, pero si satisface la definición.

2. No es posible encontrar un objeto que satisfaga la definición, pero si se enmarca dentro de nuestra idea intuitiva del concepto.

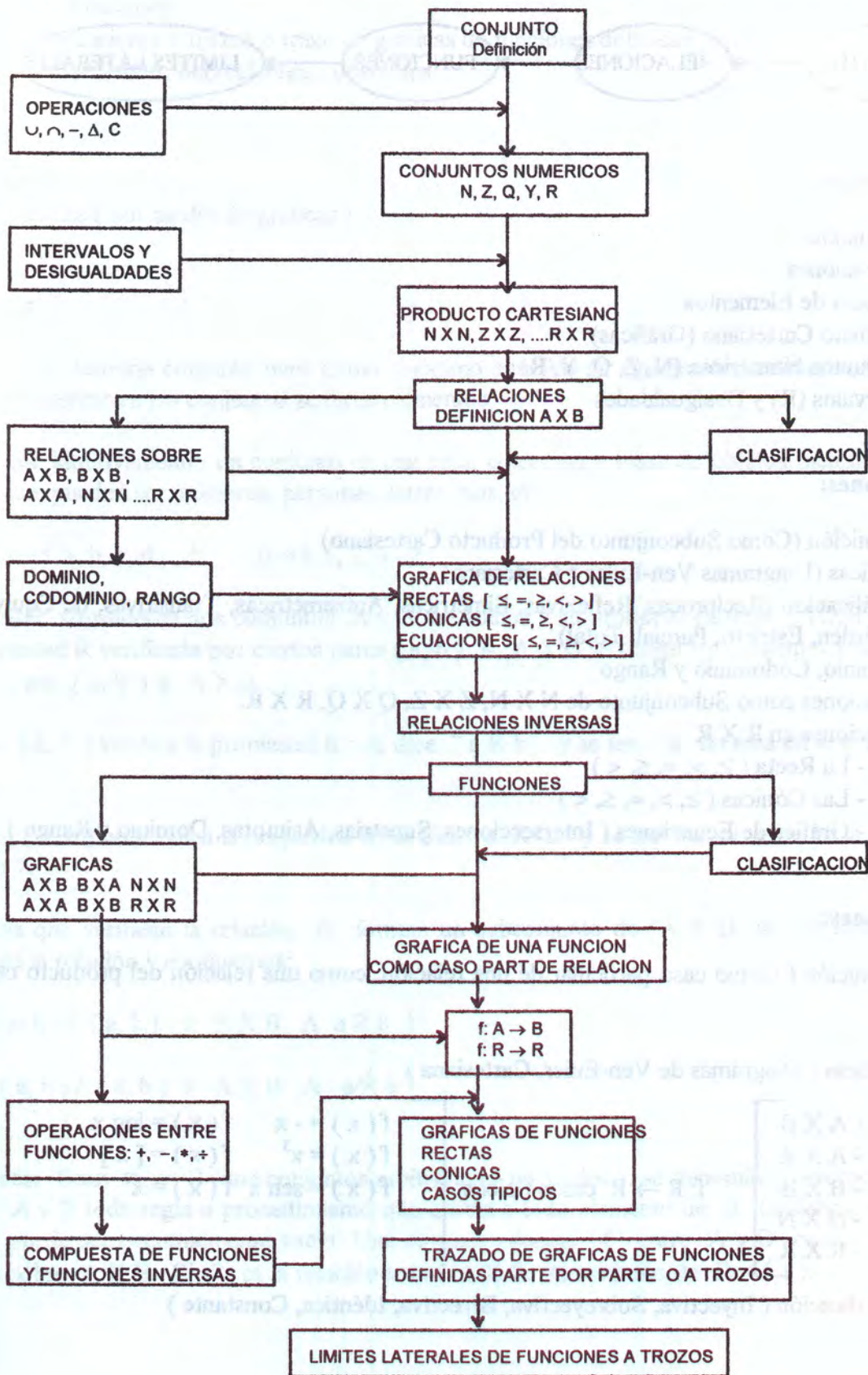
En consecuencia, para poder definir un concepto, todos tenemos esta idea intuitiva del mismo; aunque no conozcamos formalmente el concepto, si hemos tenido múltiples experiencias sensibles o expresiones físicas de este concepto.

El siguiente modelo incluye una aplicación práctica que puede ser útil, tanto como herramienta metodológica para el profesor, o también como método de estudio para el estudiante.

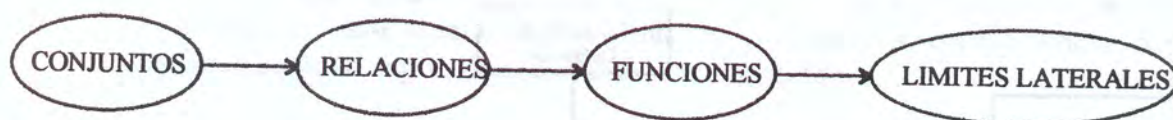
Objetivos	Conceptos	Gráficas	Fórmulas	Resultados	Procesos	Razones
Objetivos Pedagógicos del tema	Conceptos involucrados	Gráficas correspondientes a conceptos, resultados o procesos	Fórmulas correspondientes	Resultados involucrados en el tema	Procesos involucrados	Explicación de las interrelaciones entre los elementos

El profesor puede hacer una exposición rápida y conceptual del tema de clase por medio de esta tabla y el estudiante debería construirla en la medida en que construye conceptos utilizando sus propios recursos (3).

ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA



Elementos de la Propuesta



Conjuntos:

- Definición
- Operaciones
- Número de Elementos
- Producto Cartesiano (Gráficas)
- Conjuntos Numéricos (N, Z, Q, Y, R)
- Intervalos (R) y Desigualdades

Relaciones:

- Definición (Como Subconjunto del Producto Cartesiano)
- Gráficas (Diagramas Ven-Euler * Cartesiana)
- Clasificación (Recíprocas, Reflexivas, Simétricas, Antisimétricas, Transitivas, de Equivalencia, de Orden, Estricto, Parcial, Total)
- Dominio, Codominio y Rango
- Relaciones como Subconjunto de $N \times N$, $Z \times Z$, $Q \times Q$, $R \times R$.
- Relaciones en $R \times R$
 - La Recta ($\geq, >, =, \leq, <$)
 - Las Cónicas ($\geq, >, =, \leq, <$)
 - Gráfica de Ecuaciones (Intersecciones, Simetrias, Asintotas, Dominio y Rango)

Funciones:

- Definición (Como caso particular de una relación, como una relación del producto cartesiano).
- Gráficas (Diagramas de Ven-Euler, Cartesiana)
 - A X B
 - A X A
 - B X B
 - N X N
 - R X R

$f: R \rightarrow R$ casos típicos

$f(x) = -x$	$f(x) = \log x$
$f(x) = x^3$	$f(x) = [x]$
$f(x) = \text{sen } x$	$f(x) = x^2$
- Clasificación (Inyectiva, Sobreyectiva, Biyectiva, Idéntica, Constante)

- La función inversa, la función compuesta
- Cálculo e interpretación, gráfica de imágenes de funciones
- Álgebra de funciones
- Gráfica de funciones a trozos o trazo de gráficas de funciones definidas parte por parte
- Funciones crecientes, decrecientes, constantes

Límites:

Límites laterales (por medio de gráficas)

Conceptos

Conjunto: El término conjunto tiene como sinónimo aquellos de agrupación, colección, etc. Los entes que constituyen los conjuntos se diran elementos.

Se dice que intuitivamente, un conjunto es una lista, colección o clase de objetos bien definidos, objetos que, pueden ser: números, personas, letras, rios, etc.

$$A = \{ a, b, c, d \dots \} \quad B = \{ 1, 2, 3 \dots \}$$

Relaciones: Consideren dos conjuntos A y B no vacíos y su producto cartesiano $A \times B$ si se da una propiedad R verificada por ciertos pares $(a, b) \in A \times B$ se tienen las siguientes situaciones para todo par $(a, b) \in A \times B$.

- El par (a, b) verifica la propiedad R : se dice " $a R b$ " y se lee " a no esta en la relacion R con b ".
- El par (a, b) no verifica la propiedad R : se dice " $a \bar{R} b$ " y se lee " a no esta en la relacion R con b ".

Los pares que verifican la relación R forman un subconjunto de $A \times B$ al que llamaremos gráfico de la relación y anotaremos:

$$R = \{ (a, b) / (a, b) \in A \times B \wedge a R b \}$$

$$R' = \{ (a, b) / (a, b) \in A \times B \wedge \bar{a R b} \}$$

Funciones: Sean A y B dos conjuntos arbitrarios (no vacíos). se denomina correspondencia f entre A y B toda regla o procedimiento que asocia a todo elemento de A un subconjunto de B , que puede ser eventualmente vacío. Una correspondencia f entre A y B es una relación definida sobre $A \times B$. Si R es la relación sobre $A \times B$, el conjunto de $R = \{ (x, y) / (x, y)$

$\in A \times B, X \in R$ y } entonces, f se designa $f: A \rightarrow B$ o $f(A, B, R)$; si $f = (A, B, R)$ o $f: A \rightarrow B$ es una correspondencia entre A y B , definiremos los términos siguientes:

- i) A conjunto de partida de f
- ii) B conjunto de llegada de f
- iii) R gráfico de f
- iu) $f(x) = \{ y / y \in B, (x, y) \in R \}$, imagen de x
- u) $f^{-1}(y) = \{ x / x \in A, (x, y) \in R \}$, función inversa de x imagen reciproca de y

Bibliografía

1. A.D.A LEKSANDROV, A.N. Kelmogorov, M.A. Laurentino y otros; La Matemática: Su Contenido, Métodos y Significado; Editorial Alianza. Madrid 1973.
2. BOURBAKI, Nicolas; Elementos de Historia de las Matemáticas, Editorial Alianza, 1972.
3. GÓMEZ, Pedro; Profesor: No Entiendo; Grupo Editorial Iberoamericana; 1995.
4. LEITHOLD, Luis; El Cálculo, con G. A. Quinta Edición; Harla.
5. NIÑO & MORALES; Conjuntos, Relaciones & Aplicaciones; Carvajal y Cía.
6. THE OPEN UNIVERSITY; Funciones; Mc Graw - Hill.
7. SWOKOWSKI - Cole; Algebra y Trigonometría; Grupo Editorial Iberoamericana.
8. SCHAUM; Teoría de Conjuntos y Temas Afines; Mc Graw - Hill.
9. POTTER / MURRAY; Cálculo con G.A. Tercera Edición; Fondo Educativo Iberoamericano.
10. APOSTOL, Tom; Calculus; Editorial Reverte S.A.
11. GÓMEZ, Wills, Guarín, Londoño; S. Matemática Moderna Estructurada; Editorial Norma.
12. MOCHÓN, Simón; Quiero Entender Cálculo; Grupo Editorial Iberoamericana.
13. Proyecto Curricular "Investigación y Renovación Escolar" (Ires), El Modelo Didáctico de Investigación en la Escuela, Grupo de Investigación en la Escuela.

LAS CONEXIONES MATEMÁTICA-MUNDO FÍSICO Y EL MODELO OBJETO-NEURO-DINÁMICO.

Ulises Cárcamo Cárcamo. Universidad EAFIT.

Resumen:

En el Modelo Objeto-Neuro-Dinámico para la enseñanza de la matemática aplicada se considera que cada concepto matemático puede ser representado como una entidad dinámica, compuesta por varios módulos y que está conectada a una red cambiante de funciones, conceptos y procesos, que permiten su existencia y su funcionamiento. Una metodología apropiada, que considera fundamentales las relaciones Matemática-Mundo Físico, a través de la modelación y el análisis de los modelos, crea y mantiene la red.

Objetos Matemáticos.

Dentro de esta concepción cada objeto matemático se considera compuesto de varios módulos y de conexiones:

La “**Envoltente de Apariencia**” o **Componente de Anamorfosis**: Es la apariencia exterior con la que se presenta el objeto matemático.

El **Módulo Semántico**: Conformado por tres submódulos: El “**Submódulo de Ser-No Ser**”, el **Submódulo Denotacional-Representativo** y el **Submódulo Representacional**. Dentro del Submódulo Representacional se incluyen los entes, las clases de entes, o los procesos del mundo físico que el objeto puede representar.

Los **Módulos Funcional, Relacional e Inter-Operacional**. Tienen que ver con funciones, relaciones y operaciones de los objetos y los algoritmos necesarios para calcularlas o establecerlas.

Las **Conexiones**. Traen “insumos” conceptuales y operacionales al objeto y desde el objeto y exportan estos hacia otros objetos.

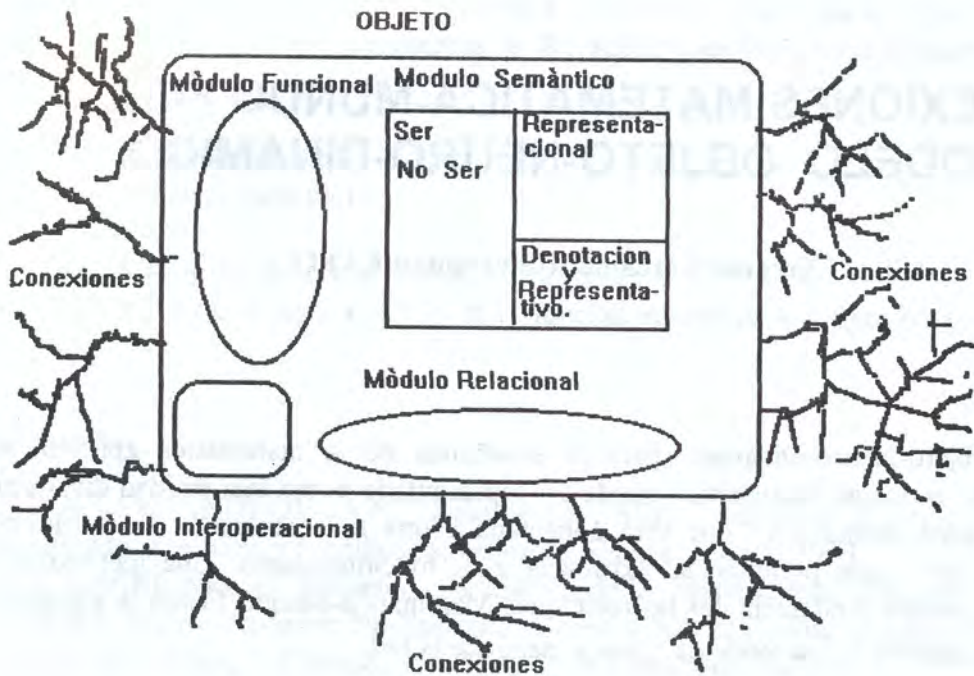
Como ejemplo consideremos el objeto Vector en Tres Dimensiones:

El concepto puede ser presentado como una tripleta ordenada de reales, como un segmento dirigido en el espacio, o como una cantidad que tiene magnitud y dirección. Cada una de ellas es una **Envoltente de Apariencia** distinta.

En el **Módulo Semántico**, el Sub-módulo de “Ser No Ser” abarca una definición, de acuerdo con la componente de anamorfosis seleccionada, la noción de igualdad de vectores, y los procesos que identifican cuándo un objeto matemático es o no es un vector.

El Sub-módulo Denotacional-Representativo incluye, la denotación “clásica” con letras del alfabeto castellano en negrilla (p.ej. \mathbf{A} o \mathbf{a}), con una letra o un par de letras con una flecha sobre ellas (p.ej. \vec{A} o, \vec{a}) y las representaciones como un segmento dirigido, libre o anclado en el origen de coordenadas.

El Sub-módulo Representacional incluye el conocimiento de que conceptos como velocidad, aceleración, fuerza, e intensidad de un campo eléctrico son representables por vectores con tres componentes y que conceptos como longitud, masa o tiempo requieren de un sólo número para su representación.



El Módulo Funcional incluye las funciones reales que se pueden definir sobre los vectores, como Magnitud o Norma, y la función i-ésima componente.

El **Modulo Relacional** involucra las relaciones que se pueden definir entre vectores, por ejemplo la relación "*Ser la proyección de Sobre*" Y la relación "*Tener la misma norma que ...*". Etc.

El Módulo Inter-Operacional incluye la suma y el producto vectorial como operaciones internas. además el producto de un vector por un escalar y el producto punto entre dos vectores, como operaciones externas.

Conexiones. Las operaciones con los vectores requieren de conexiones aferentes con el objeto Número Real, dado que se efectúan con base en operaciones entre reales y conexiones eferentes hacia objetos como las matrices, las diadas y funciones de un vector.

Redes de Objetos.

Obviamente, los objetos no pueden ser creados de manera aislada, ni funcionar independientemente; están conectados a la Red de Objetos Matemáticos. Esta red conceptual y funcional está cambiando constantemente y está conectada a otras redes de conceptos diferentes.

Metodología.

La creación y mantenimiento de la red conceptual-funcional requiere de una metodología apropiada que insiste en fortalecer muchos conceptos abstractos. También, para los estudiantes de aquellas carreras que requieren de gran cantidad de conceptos y procesos matemáticos, como las Ingenierías o la Economía se trabaja bastante con el Sub-Módulo Representacional del Módulo Semántico, que establece los vínculos de los conceptos teóricos con los objetos y situaciones del mundo físico. Con este aspecto del método se pretende eliminar casi completamente la barrera **Matemáticas - Mundo Físico "Real"**, a la vez que se hace que la modelación procesos mediante los conceptos matemáticos sea una componente **natural** del proceso de aprendizaje.

Esta metodología establece contactos con el mundo físico por medio de los siguientes aspectos:

Modelación, Análisis de la Pertinencia y las Limitaciones de los Modelos, Análisis de la Incidencia de los Errores de Medición en los Resultados de los Cálculos, Análisis de los Procesos y los Conjuntos de Datos Necesarios para Resolver una Situación y Referencia Directa a Situaciones Reales.

En cada curso, acompañados de una buena estructuración teórica, se presentan los ejercicios de modelación. En ellos se hace referencia a problemas y situaciones del entorno inmediato (situaciones de la “vida diaria”) y situaciones en las que se el estudiante verá envuelto bien sea como profesional o como estudiante avanzado. Se le exige la creación de un modelo consistente en una ecuación, un sistema de ecuaciones o inecuaciones o una combinación de ambos, que represente la situación, también se le pide que defina claramente las variables involucradas. Como ejemplo tenemos el siguiente, que se presenta en el tema de funciones de una variable.

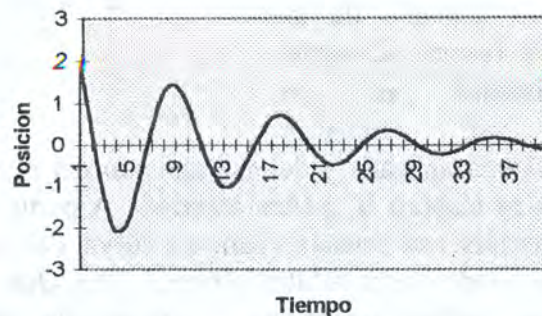
“En una construcción que se realiza en el campo es necesario estar chequeando la cantidad de agua disponible. En el sitio hay un tanque cilíndrico cuyo radio interior es de dos metros y que tiene una altura de tres metros. Debido a las condiciones de la construcción, la única forma de estimar la cantidad de agua en el tanque es medir la altura del líquido por medio de una vara graduada. Construya una función que permita obtener el volumen de agua en el tanque con base en la información suministrada por la vara.

¿ Cuales son el dominio y el recorrido de esa función ? ¿ Cuáles volúmenes indican las profundidades respectivas 1, 2 y 2.5 mt. ? Represente gráficamente esta función.” Es importante también, dentro de la modelación, el trabajo inverso, es decir, dado un modelo, encontrar una situación que pueda ser descrita por él. P.ej

La gráfica siguiente representa el movimiento (unidimensional) de una partícula en el tiempo.

¿Qué tipo de movimiento está describiendo la partícula ? ¿ Conoce Ud. algún fenómeno que pueda relacionar con esa gráfica ? Explique . Consulte qué tipo de funciones pueden utilizarse para representar un movimiento de esta clase.

Movimiento de la Partícula



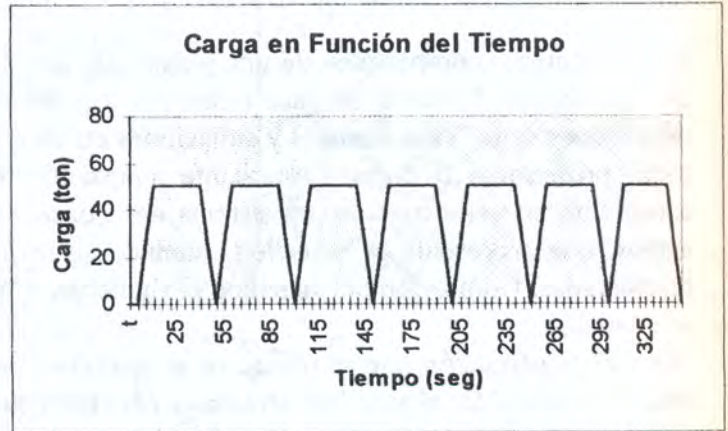
La modelación debe convertirse, a partir del primer semestre de cada programa académico, en un aspecto natural del aprendizaje de la matemática y no en un tópic que debe verse “a la carrera” cuando se tocan los temas de máximos y mínimos o variables relacionadas . Como ejemplo, el siguiente ejercicio se incluye entre los primeros problemas del capítulo de funciones, en un curso dirigido a cualquier carrera universitaria:

“Presente ejemplos de funciones de una y de varias variables en cada uno de los siguientes campos (consulte si es necesario): Economía y Negocios, Física, Química, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil, Ingeniería de Producción, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sistemas, Administración, Psicología Experimental, Biología. Diferencie claramente las variables independientes y las variables dependientes. Tres ejemplos en cada caso”

En cuanto al Análisis de la pertinencia y las limitaciones de los modelos, se hace énfasis en que un modelo es una representación de la realidad donde se hace abstracción de muchos factores y además se hacen varias simplificaciones.

Ejemplo 1:

Una serie de volquetas, cargadas con aproximadamente la misma cantidad de grava, deben cruzar un estrecho puente militar y deben hacerlo de una en una. La siguiente función periódica representa la carga que soporta el puente como una función del tiempo. Explique cómo ocurrió el proceso, haga las suposiciones necesarias.



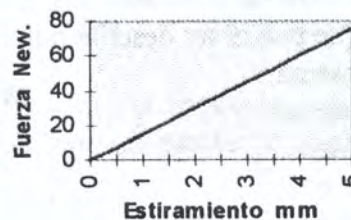
Ejemplo 2.

La Ley de Hooke para los resortes establece que la fuerza necesaria para estirar un resorte, desde su longitud natural, una distancia x es proporcional a x , es decir

$F = K x$, donde K es una constante que depende de la naturaleza del resorte. Durante un experimento en un laboratorio se tomaron

datos de la fuerza aplicada y del estiramiento del resorte, en unidades apropiadas, con base en ellos se elaboró la gráfica anterior. A partir de ella encuentre la constante del resorte y determine una ecuación para esa curva. Por experiencia propia Ud. sabe que un resorte no se puede estirar arbitrariamente ¿ Por Qué ? ¿ Qué supuestos son necesarios para que la gráfica represente correctamente el fenómeno de referencia ?

FUERZA APLICADA VS. ESTIRAMIENTO



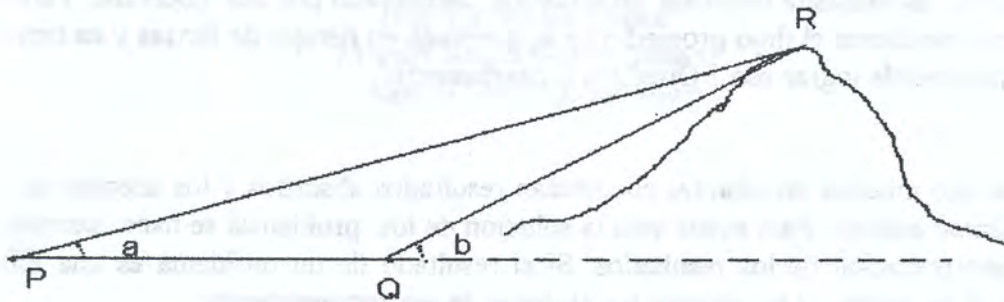
Ejemplo 3.

“Suponga que queremos representar el número de veces que se “cae el sistema de cómputo” en una empresa mediana. ¿ Es apropiado el enfoque adoptado en los dos ejemplos anteriores ? ¿ Por qué ? ¿ Existe alguna diferencia ? Explicar.”

Es importantísimo tener en cuenta que la calidad de los resultados de los cálculos depende de la calidad de los datos con los cuales se elaboran. Por lo tanto, dado que los datos obtenidos mediante mediciones están sujetos a errores experimentales, los resultados están sujetos también a errores y éstos pueden afectar sensiblemente una medida de resistencia, el presupuesto de una obra, la velocidad inicial con la que debe lanzarse un proyectil, el volumen que ocupa un gas a cierta presión y cierta temperatura, etc.

Ejemplo.

Debido a condiciones del presupuesto de una municipio, su aeropuerto tiene que construirse en un valle cerca a una montaña. Desde dos puntos P y Q, separados por aprox. 2000 mt. se miden los ángulos de elevación a y b, respecto al punto R, y se obtienen las siguientes medidas : $a = 18^\circ$, $b = 23^\circ$. Se sabe que el máximo error que proporciona el instrumento para medir los ángulos es de $0.5''$. ¿Cuál es el máximo error admisible en la medida de la distancia PQ, de tal manera que el error al estimar la altura de la montaña no exceda de 8 mt.?



Por último, es necesario acostumbrar a los estudiantes a preguntarse por los datos que son realmente necesarios para encontrar una respuesta dada una situación. Esto requiere de un buen manejo de los conceptos.

Ejemplo.

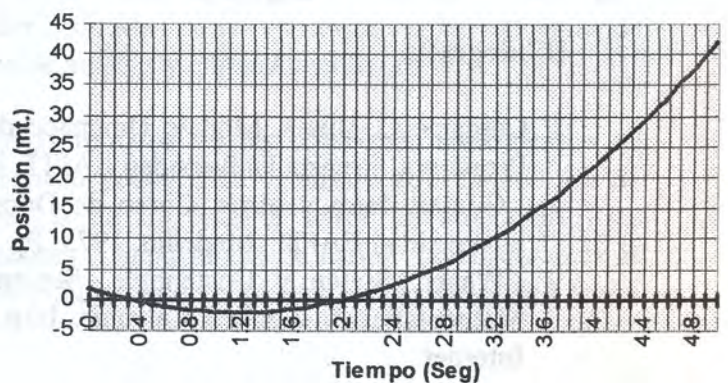
La siguiente gráfica muestra la posición de un móvil respecto al tiempo. Encuentre la velocidad del móvil a los 0.4, 0.8, 3.2 y 4.0 seg. Respectivamente. Naturalmente, al carecer de una ecuación que se pueda derivar fácilmente es necesario recordar que la primera derivada de una función, en un punto, es la pendiente de la recta tangente a la curva en dicho punto y que esa pendiente es sólo la tangente del ángulo que forma la recta con el eje positivo de las X.

Habiendo hecho memoria de estos hechos, la solución del problema se puede encontrar fácilmente, por lo menos de manera aproximada, con un transportador y una calculadora que trabaje con funciones trigonométricas.

Ejemplo 2.

Una máquina trituradora está arrojando en cada instante una cantidad variable de material sobre un lote llano. De acuerdo con una lectura en la máquina se registró el flujo de material

Posición del Móvil en el Tiempo



triturado (en Kg./min.) en diversos instantes de tiempo. Calcular la cantidad de material que fue depositado en el lote mientras se hacía la observación.

t(Min.)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
C(t)	32	48.6	49.3	56.8	38.8	21.7	39.2	35	27.9
Kg/Min.									

Ejemplo 3. (Para un capítulo de trigonometría o uno de razones y proporciones).

Sin utilizar la medición total directa, encuentre la altura de el poste que está ubicado en tal lugar (un poste real) y explique el proceso que utilizó.

Ejemplo 4. Se necesita construir un estanque, alimentado por una quebrada. Para esto es necesario establecer el flujo promedio en la quebrada en tiempo de lluvias y en tiempo seco. ¿Cómo se puede lograr eso? Diseñe el procedimiento.

Se sabe que muchos estudiantes encuentran resultados absurdos y los aceptan sin hacer el más mínimo análisis. Para evitar esto la solución de los problemas se hace, siempre, énfasis en la interpretación de los resultados. Si el resultado de un problema es una función, se grafica, si es posible, y se discuten los alcances de esa representación.

Además de tener una base conceptual fuerte, el estudiante debería encontrar las aplicaciones en casi todas partes. La relación Matemáticas-Mundo Físico debe comenzarse lo más pronto posible y a través de fenómenos de nuestro entorno inmediato. Debemos entrenar a nuestros estudiantes para que, desde los primeros niveles, diseñen estrategias encaminadas a resolver problemas reales. No es difícil imaginar una clase en primaria, donde la maestra, en vez de dictar un problema de áreas escrito en un libro, les facilite una cinta métrica a sus estudiantes y les diga: "Calculemos el área del patio de la escuela".

Bibliografía.

1. Cárcamo C, Ulises. Modelo Dinámico del Aprendizaje de la Matemática Aplicada: Una Propuesta. Revista Universidad EAFIT. No. 106. Medellín 1977. pp 75-95.
2. Gomez, Jairo y otros. Curso de Docencia Universitaria. Lecturas Complementarias. Universidad EAFIT. Medellín. 1975. Pp 30-60
3. Waner, Stefen y Costenoble, Steven. Your Complete Web Resource For Finite Mathematics & Applied Calculus. <http://www.hofstra.edu/~matscw/realworld.html>. En Internet.

LA TRANSFERENCIA ANALOGICA: UN CAMINO PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE EN INGENIERIA.

Inés Carmona López*
Miguel Angel Sierra Baena*
Alonso Sierra Londoño*

RESUMEN

El razonamiento analógico es un mecanismo de actuación de la mente, que involucra la identificación y transferencia de información estructural de un sistema conocido ("fuente") a otro sistema nuevo y relativamente desconocido ("de llegada"). Tal razonamiento permite acceder a la adquisición de un conocimiento estructurado, significativo y universal, a partir del establecimiento y la comprensión de las relaciones esenciales que constituyen el orden de la naturaleza.

El aprendizaje por transferencia analógica tiene como objetivo lograr una mayor calidad y facilidad en el proceso de enseñanza y se caracteriza por ser duradero y alcanzado muy rápidamente.

Las relaciones analógicas pueden ser clasificadas como analogías correctas o analogías defectuosas; tanto unas como las otras pueden ser utilizadas como estrategias o herramientas de aprendizaje, siempre y cuando estén acompañadas de análisis y enjuiciamiento crítico.

En el presente trabajo se recapitulan fundamentos teóricos de las relaciones analógicas y se reportan los resultados obtenidos en una experiencia pedagógica realizada con estudiantes de ingeniería, para el repaso y revisión de conceptos de un tema a partir de analogías. Esta experiencia permitió observar algunos de los alcances e importancia de incluir adecuadamente la Transferencia Analógica como una herramienta de trabajo docente en las distintas áreas de Ciencia y Tecnología.

* Profesor, Facultad Nacional de Minas, miembro de GRETE (Grupo de Reflexión y Experimentación con Técnicas de Enseñanza), A.A. 1027 Medellín.

RAZONAMIENTO ANALÓGICO.

"El autor de la naturaleza nos ha creado con lo necesario para razonar por analogía". Pensamiento de uno de los maestros de la Escuela de Medicina de Leyden, citado por McIntyre (1).

La analogía (del griego analogia, proporción, relación) es una relación entre sistemas generalmente diferentes en la cual se aparea por semejanza, no por identidad. Las semejanzas entre los sistemas definen una zona de correspondencia que representa el nivel para el cual la analogía es válida.

El razonamiento analógico es un mecanismo de actuación de la mente. Para Hume cualquier razonamiento dependería de la semejanza o de la analogía y del reconocimiento de ella. Gilbert, citado por McIntyre (1), parece coincidir con Hume al plantear que las hipótesis son siempre sugeridas por analogía y que quien conozca el mayor número posible de las diversas relaciones de la naturaleza contaría con bases muy amplias para sugerir hipótesis a partir de analogías. Oppenheimer, citado por Vosniadou (2), dice, en este mismo orden de ideas, que no podemos sorprendernos o quedar alucinados por algo a menos que tengamos una visión de cómo debiera ser y esa visión es casi con seguridad una analogía.

Actualmente se considera que el razonamiento por analogía involucra la transferencia de información estructural de un sistema "fuente" a otro "de llegada". Esta transferencia de conocimiento se logra mediante un proceso de apareamiento ("mapping") que consiste en hallar las correspondencias entre los dos sistemas. Dichas correspondencias definen una estructura correlativa. El "mapping" permite establecer la existencia de una analogía entre los dos sistemas (conceptos, teorías, historias, etcétera) que pertenecen a campos conceptuales fundamentalmente diferentes o lejanos, pero que comparten una estructura explicativa similar (analogías entre campos). Por ejemplo la analogía entre el átomo y el sistema solar está basada en la similitud en la estructura de los dos sistemas pues las propiedades particulares involucradas entre los dos sistemas (sol - núcleo, electrones - planetas) son muy diferentes. El razonamiento analógico puede también estar referido a elementos que pertenecen al mismo o por lo menos a campos conceptuales muy cercanos (analogías dentro del mismo campo). Por ejemplo la analogía entre un padre y su hijo basada en la similitud de sus rasgos físicos, los cuales tienen una relación directa con el parentesco. Según Ortony (3) la diferenciación entre el de razonamiento analógico dentro del mismo campo y el razonamiento analógico entre campos es similar a la diferenciación entre comparaciones literales y comparaciones metafóricas.

Finalmente, y para hacernos una idea de la importancia que tendría el razonamiento analógico en los procesos de enseñanza y aprendizaje, parece que pueden ser identificados elementos de dicho razonamiento en el denominado Aprendizaje Significativo - caracterizado por la interacción entre aspectos específicos y relevantes de la estructura cognoscitiva del sujeto (sistema "fuente") y las informaciones nuevas (sistema "de llegada") -. De tal interacción - que según Moreira (4) es el mecanismo mediante el cual las informaciones nuevas adquieren significados y son integradas a la estructura cognoscitiva, de modo no arbitrario y no literal, contribuyendo a la diferenciación, elaboración y estabilidad de los conocimientos previos - sería parte fundamental el "mapping".

LA TRANSFERENCIA ANALÓGICA COMO HERRAMIENTA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE.

Características del Aprendizaje por Analogía.

El aprendizaje por Transferencia Analógica tiene las siguientes características:

1. Es duradero, tal durabilidad está soportada por su carácter significativo y estructurado.
2. Las representaciones visuales que lo acompañan son de alta persistencia.
3. Se alcanza muy rápidamente.

Tipos de Analogías.

Como herramientas o estrategias de aprendizaje, las analogías pueden clasificarse en dos categorías:

- Analogías correctas.
- Analogías defectuosas.

Las analogías correctas se basan en las propiedades esenciales de los sistemas "fuente" y "de llegada".

Las analogías defectuosas son aquellas que presentan alguna de las siguientes situaciones:

1. Están basadas en una propiedad sobresaliente o llamativa pero que no es esencial..
2. Relaciones en las cuales hay pérdida de propiedades del sistema "de llegada" porque no están presentes en el sistema "fuente" y por lo tanto no se incorporan al conocimiento.
3. Relaciones en los cuales se llevan propiedades del sistema "fuente" al sistema "de llegada" sin que exista verdadera correspondencia.

Las analogías correctas se constituyen en herramientas de gran valor dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje y pueden ser utilizadas en el desarrollo de aquellos temas que se presten para su uso, permitiendo una mayor calidad y facilidad de aprendizaje.

La analogías defectuosas deben ser acompañadas de un análisis crítico para su utilización en los procesos de enseñanza y aprendizaje; su función es la consolidación de conocimientos (por ejemplo en procesos de evaluación de temas ya estudiados). más que la presentación de temas nuevos.

Experiencia Pedagógica con Estudiantes de Ingeniería.

En desarrollo del proyecto de investigación "Efecto, de técnicas de enseñanza, en la Orientación Motivacional y en el Aprendizaje Autorregulado de estudiantes de la Universidad Nacional, Sede de Medellín" y teniendo como objetivos principales la revisión, refuerzo y ampliación, y de conceptos involucrados en Fluidos de Perforación (asignatura del programa curricular de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Nacional), se propuso, a un grupo de estudiantes matriculados en dicha asignatura, buscar posibles relaciones (tendientes a establecer analogías) entre el sistema circulatorio humano y el de un fluido de perforación. Semanas después de proponerse el ejercicio, los estudiantes discutieron, entre sí y con el profesor, las relaciones encontradas, con el fin de intercambiar significados y argumentos de modo que se posibilitara la adquisición de conocimientos nuevos y la modificación o estabilización de los previos. En el Anexo se muestra uno de los trabajos presentados.

Modelos para Trabajo con Analogías.

Estos son algunos modelos que pueden seguirse en la práctica docente para proponer actividades que involucren el uso de analogías:

1. Modelo para la búsqueda de analogías. Se propone a los estudiantes dos sistemas para que encuentren posibles relaciones.
2. Modelo para completar analogías. Se propone una relación, de la forma a/b , entre elementos de un sistema ("fuente" o "de llegada") para que los estudiantes completen analogías .
3. Modelo para analogías entre relaciones invertidas. Se proponen analogías, de la forma $A/b = b/a$, para que los estudiantes busquen formas "correctas" de presentarlas.

CONCLUSIONES

1. Para los procesos pedagógicos debe tenerse en cuenta que las relaciones analógicas se establecen entre sistemas diferentes o afines, de los cuales uno al menos debe ser conocido por parte del estudiante a fin de que cuente con elementos de juicio que le permitan proceder a un análisis crítico de las relaciones posibles.
2. Dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, la transferencia analógica debe ser considerada por profesores y estudiantes como una posibilidad para construir nuevos significados personales e intercambiarlos en trabajos grupales. Esta técnica debe ser presentada a los estudiantes como una forma para tener acceso a la construcción, modificación y consolidación de sus conocimientos.

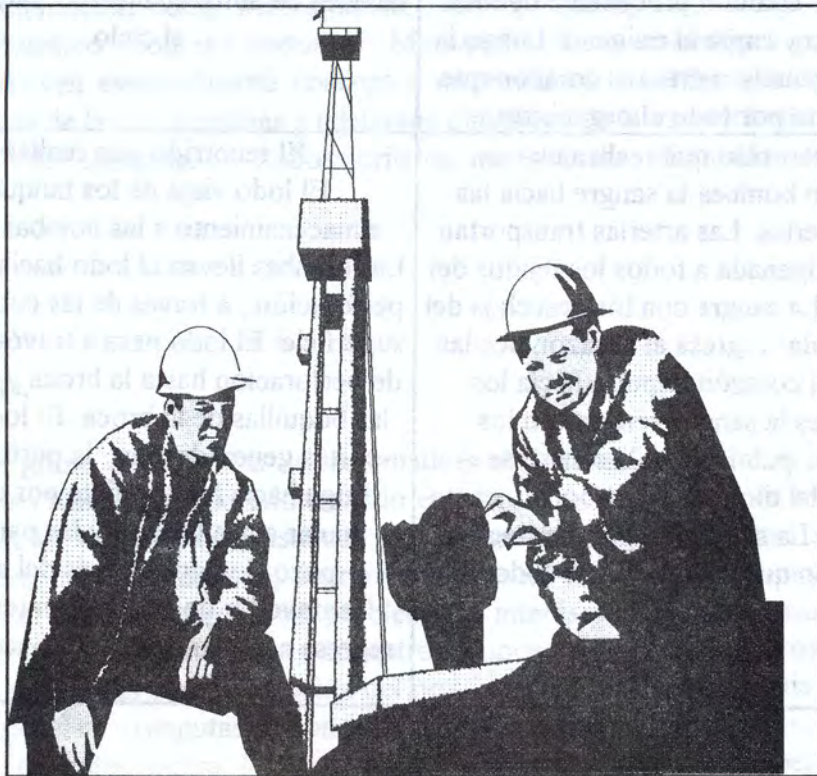
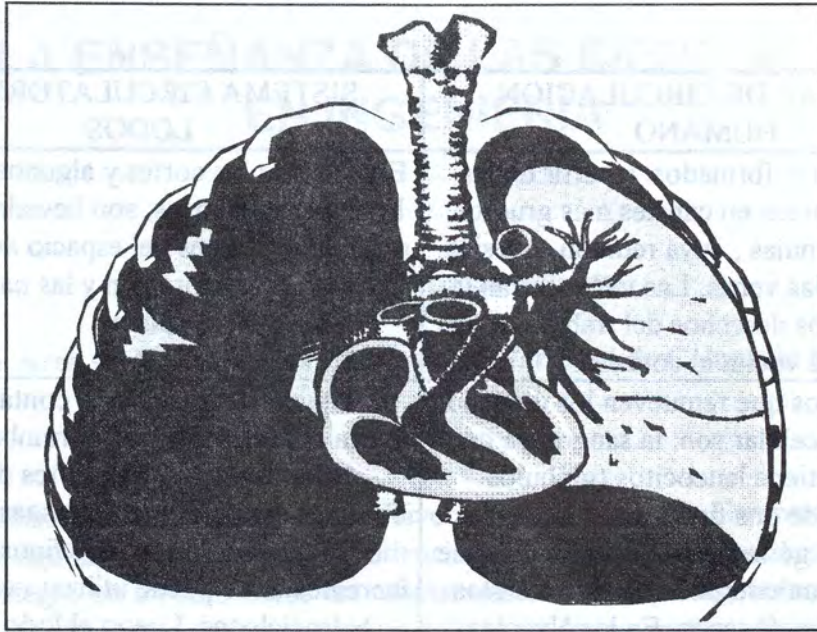
3. De la experiencia pedagógica realizada con estudiantes de ingeniería se pudo concluir que la actividad con analogías influyó positivamente en la orientación motivacional (ver referencia 5) de los estudiantes y potenció la búsqueda y lectura de textos diferentes a los tradicionalmente trabajados en sus asignaturas, de lo cual podría esperarse una formación más integral de los discentes.

BIBLIOGRAFÍA.

1. McINTYRE, D. James Hutton y la Filosofía de la Geología, Filosofía de la Geología, 1970, México, D.F. ,13-23
2. VOSNIADOU, S. Analogical reasoning as a mechanism in knowlwdge acquisition: a developmental perspective, 1988, Washington, D.C. Paper supported by Contract No. 400 - 81 - 0030 of the National Institute of Education, 25p.
3. ORTONY, A. Beyond literal similarity. Psychological Review, 1979, 86, 161 - 180
4. MOREIRA, M. Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras, 1996, en imprenta, Río Grande del Sur, 31p.
5. SIERRA, M. Estructuras de clase, orientación motivacional y aprendizaje autorregulado de estudiantes de ingeniería: estudio de un caso. XVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería; Educación en Ingeniería: Cómo hacerla?, 1996, Cartagena, 12p.

ANEXO
EXPERIENCIA PEDAGOGICA CON ESTUDIANTES DE INGENIERIA
**COMPARACION ENTRE EL SISTEMA DE CIRCULACION HUMANO Y EL
SISTEMA DE CIRCULACION DE PERFORACION.**

SISTEMA DE CIRCULACION HUMANO _(2.)	SISTEMA CIRCULATORIO DE LODOS _(1.)
Sus funciones son: aportar oxígeno y sustancias nutritivas a todas las células del organismo y de acarrear desechos y residuos.	Sus funciones son: remover los cortes generados durante el proceso de perforación, controlar presiones internas y sostenimiento de las paredes del pozo.
Los principales componentes son: el corazón, los pulmones, la sangre y vasos sanguíneos (arterias y venas).	Los principales componentes son: el lodo, las bombas del lodo, los tanques del lodo, las tuberías de conducción, el equipo mezclador de lodo y el equipo removedor de contaminantes.
La sangre es un tejido líquido formada por el plasma (formado por agua y sustancias disueltas) y tres tipos de células: los glóbulos rojos, blancos y las plaquetas.	El lodo de perforación es una suspensión de arcilla y otros materiales, en agua o en aceite. Cuando la roca que se va a perforar es en su mayoría sedimentaria se puede utilizar un gas como fluido de perforación.
El corazón es un órgano muscular, hueco en su interior. Se encuentra dividido en cuatro cámaras, dos derechas y dos izquierdas. A la entrada de cada una de estas cavidades hay una válvula, que controla el ingreso y la salida de la sangre e impide su retroceso.	La bomba del lodo, funciona con pistones de desplazamiento positivo. Las más comúnmente usadas son las de dos cilindros (dúplex), que bombea en ambas direcciones (adelante y hacia atrás) y tres cilindros (triples), que bombea solo hacia atrás. La bomba está conectada a una válvula de alivio para prevenir que el lodo se devuelva o que ocasione una ruptura en la tubería de conducción.
Las arterias transportan la sangre hacia los pulmones para que se oxigene y luego a todos los tejidos del organismo, para nutrir las células. Las arterias se dividen en arteriolas, que se ramifican para formar una red de capilares. A través de los capilares se difunde el oxígeno y los nutrientes a las células.	Las tuberías de conexión encargadas de llevar el lodo limpio entre las bombas del lodo y la sarta son: tubería de conducción. La tubería parada y la manguera de circulación, permite movimientos verticales flexibles de la sarta. La unión giratoria o swivel, permite soportar las cargas cuando la sarta está rotando. La llave maestra o Kelly, permite que la sarta pueda ser rotada. La sarta está compuesta por: tubería y collares de perforación.



SISTEMA DE CIRCULACION HUMANO	SISTEMA CIRCULATORIO DE LODOS
<p>Los capilares formados a partir de las arterias se unen en canales más gruesos llamados vénulas , cuya reunión sucesiva constituye las venas. Las venas llevan la sangre con los desechos del trabajo celular de vuelta al corazón.</p>	<p>El lodo con los cortes y algunos desechos líquidos o gaseosos, son llevados hacia la superficie a través del espacio anular entre la sarta de perforación y las paredes del pozo.</p>
<p>Los elementos que remueven los desechos del trabajo celular son: la sangre, ya que esta contiene leucocitos (glóbulos blancos) de dos tipos, fagocitos que engullen los gérmenes y los linfocitos que sintetizan anticuerpos que inactivan los gérmenes patógenos. En los alvéolos pulmonares, la sangre se desprende del dióxido de carbono procedente de todo el organismo y capta el oxígeno. Luego la sangre oxigenada regresa al corazón que la reparte por todo el organismo.</p>	<p>El equipo removedor de contaminantes esta conformado por: la rumba o shale shaker, remueve los cortes de roca. Tanques desalinadores y desgasificadores. Si la cantidad de sólidos finos tiende a incrementar se puede utilizar centrifugas o hidrociclones. Luego el lodo libre de cortes y contaminantes regresa a los tanques de almacenamiento para continuar el ciclo.</p>
<p>El recorrido que realiza es: El corazón bombea la sangre hacia las grandes arterias. Las arterias transportan la sangre oxigenada a todos los tejidos del organismo. La sangre con los desechos del trabajo celular regresa al corazón por las venas. El corazón impulsa hacia los pulmones la sangre venosa. En los alvéolos pulmonares la sangre se desprende del dióxido de carbono y capta el oxígeno. La sangre oxigenada regresa al corazón que la reparte por todo el cuerpo.</p>	<p>El recorrido que realiza es: El lodo viaja de los tanques de almacenamiento a las bombas del lodo. Las bombas llevan el lodo hacia la sarta de perforación , a través de las conexiones en superficie. El lodo pasa a través de la sarta de perforación hasta la broca y a través de las boquillas de la broca. El lodo con los cortes generados por la perforación se dirige hacia la superficie por el espacio anular entre la sarta y las paredes del pozo. Luego a través del equipo removedor de contaminantes el lodo regresa a los tanques de almacenamiento.</p>

SOBRE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EN INGENIERÍA

Luis Alvaro Salazar Salazar

Coordinador Area de Matemáticas Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Resumen : Reflexiones elaboradas en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales alrededor de los siguientes aspectos: **1.** Experiencia de docentes de la Universidad Autónoma de Manizales que integró en un solo curso las asignaturas de matemáticas, sistemas y computación del mismo semestre. **2.** Deseo de integrar en un solo curso las asignaturas de matemáticas y física del mismo semestre. **3.** Estrategias para que estudiantes y docentes utilicemos en los cursos paquetes de computación como Mathematica, Derive, Matlab, etc. **4.** Necesidad de elaborar conjuntamente nuestros propios textos. **5.** Motivación del aprendizaje a partir de problemas físicos que involucren esencialmente conceptos matemáticos. **6.** Búsqueda de intercambio con otras universidades de las experiencias y adelantos obtenidos en la metodología de la enseñanza de la matemática. **7.** El computador. Laboratorio de matemáticas. Simulador de experimentos en física.

1. SISMATYCO.

El trabajo de un grupo de docentes de matemáticas y sistemas de la Universidad Autónoma de Manizales, quienes han venido experimentando en la integración en un solo curso SISMATYCO de las asignaturas de matemáticas, sistemas y computación correspondientes al mismo semestre, muestra resultados, que a largo plazo, lograrán mejores niveles de motivación y aprendizaje en los estudiantes. Con el planteamiento de un problema de interés para las tres áreas y con un nivel de dificultad acorde con el correspondiente semestre, el docente de cada área provee al estudiante de las herramientas necesarias para la solución del problema la cual debe ser dada por el estudiante a través un programa de computador con la debida sustentación matemática. El experimento ha permitido a los docentes elevar los niveles de exigencia y aprendizaje pero tambien con un estudiantado indisciplinado se dan altos porcentajes de mortalidad.

2. MATEMÁTICAS Y FÍSICA.

En la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales la enseñanza de la matemática y la física ha tenido muchos problemas relacionados con el diseño del curriculum según el cual los cursos de física deben empezar en el segundo semestre de la carrera pero los estudiantes no poseen los conocimientos de matemáticas suficientes para entender la modelación matemática de los conceptos físicos. Un grupo de profesores intentamos diseñar una propuesta de integración en un solo curso de las asignaturas de matemáticas y física del mismo semestre. El grupo se disolvió por diferencias metodológicas. En el punto 5 se explica.

3. MANEJO DE PAQUETES DE MATEMATICAS.

Nuestros problemas fundamentales :

1. Los paquetes Mathematica, Derive, Matlab y otros ya realizan casi todas las operaciones de los cursos que impartimos.
2. No podemos ignorar esos paquetes.
3. Los docentes no nos hemos capacitado en el manejo de esos paquetes y evidentemente tampoco los utilizamos.

Soluciones que impulsamos :

1. La Dirección del Departamento de Ciencias está ofreciendo a todos los docentes de la Sede, desde el segundo semestre de 1996, cursos de capacitación para el manejo del paquete Mathematica.
2. Con base en esa capacitación promover entre los docentes que sus clases sean mas conceptuales con aplicaciones inmediatas en las cuales el concepto matemático sea el modelo.
3. Estimular en los estudiantes la utilización adecuada de los paquetes mediante el trabajo de problemas no solubles por métodos analíticos pero si por métodos numéricos.
4. Utilización de "monitores" bien entrenados que asesoren a los docentes y a los estudiantes en el manejo de los paquetes. No nos parece adecuado que las clases de matemáticas se conviertan en clases de lectura del manual de Mathematica o Derive.

4. LOS LIBROS DE TEXTO EN LOS CURSOS DE MATEMATICAS.

En la actualidad los estudiantes no compran libros de matemáticas, no lo consideran necesario. Consultan los libros para mirar o fotocopiar los ejercicios por cuanto que en una metodología tradicional (todo el desarrollo teórico lo hace el profesor en el aula y el nivel de exigencia termina en el manejo repetitivo de unos algoritmos que se supone se logra con la solución en serie de los ejercicios propuestos por el libro GUIA), en efecto no se hace necesario comprar libros ; mucho menos si las clases son una transcripción textual del libro GUIA. Además de lo dicho, los libros que ofrece el comercio como los de las editoriales universitarias son demasiado costosos.

Una metodología novedosa requerirá que escribamos textos novedosos cuya consulta haga parte de la participación activa de los estudiantes. No nos parece conveniente, en este momento, la

escritura de grandes tratados de Cálculo por ejemplo, sino pequeños artículos o cartillas con buen nivel sobre un tema. Los textos universitarios requieren de una continua revisión y actualización y esto se puede realizar mas fácilmente si los escritos no son muy voluminosos. Las casas editoriales han querido que adoptemos unificadamente todos los docentes de una misma asignatura un texto GUIA, pero esto no ha sido posible entre otras cosas porque creemos que ese texto debe ser escrito por el colectivo de profesores y editado por la universidad. Individualmente algunos profesores hemos escrito libros con la aspiración de convertirlos en textos y la universidad los ha publicado, pero no han sido revisados y criticados por lo que creemos no han podido alcanzar el carácter de textos. El Departamento de Ciencias tiene la revista NOOS, ya ha publicado tres números y aspiramos publicar un número cada tres meses.

5. FORMACIÓN CONCEPTUAL ALREDEDOR DE PROBLEMAS FÍSICOS.

Del intento de integración de los cursos de matemáticas y física del mismo semestre nos asiste la preocupación de experimentar una metodología de enseñanza de las matemáticas a partir del tratamiento de problemas físicos que involucren esencialmente los conceptos matemáticos de tal forma que el mejor, no el único, modelo de un concepto físico sea un concepto matemático. En esa discusión de integración de los cursos de matemáticas y física no pudimos ponernos de acuerdo en el tratamiento de conceptos físicos como por ejemplo el concepto de trabajo. A los profesores de matemáticas no nos pareció acertado definir, en un curso de física, el trabajo como la integral de línea sobre la trayectoria, del campo de fuerzas. Una cosa es que ese puede ser el mejor modelo matemático del concepto de trabajo y que, en la práctica, es de gran utilidad y otra, que esa sea una buena definición de trabajo desde el punto de vista físico. Similares divergencias surgen cuando se define velocidad como derivada del desplazamiento, aceleración como derivada de la velocidad. Desde el punto de vista meramente didáctico no nos parece tan descabellada la propuesta de alguno de nuestro profesores de física, de dictar cursos de física en los dos últimos años de la secundaria, sin matemáticas.

De tratamientos similares en muchos estudiantes se fijan conceptos equivocados como : la integral definida es el área bajo la curva ; la integral doble es el volumen bajo la superficie.

6. METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA.

Manifestaciones como :

1. Aversión por la matemática, la física o la química.
2. Altísimas tasas de mortalidad en los cursos de esas asignaturas.
3. La pasividad tanto de estudiantes como profesores de esas áreas.
4. Falta de interés de los docentes por capacitarse.
5. La escasa demanda de solicitudes de ingreso en las Universidades para las carreras científicas,

indican que la metodología de la enseñanza de las ciencias debe cambiarse y actualizarse para revivirlas y dinamizar su desarrollo e investigación. En la Sede Manizales de la Universidad Nacional de Colombia hemos intentado :

1. Con muy poca información aprovechar las ventajas de las llamadas pedagogías intensivas en cuanto que le permiten al estudiante una autoevaluación como principal responsable de su aprendizaje, promueven al docente como orientador y en la medida que el estudiante es un explorador puede encontrar en el aprendizaje de la matemática más que un simple manejo de algoritmos. No se tuvo éxito porque por un lado no tuvimos suficiente información, no fue un propósito colectivo de todos los profesores y experiencias aisladas se tomaron por parte de los estudiantes como de carácter discriminatorio.
2. Cursos magistrales entre 60 y 90 estudiantes. Las experiencias fueron también aisladas y no tuvieron éxito porque los estudiantes de esos cursos se sintieron discriminados por las limitaciones de no poder intervenir en clase, incomodidades locativas y falta de solvencia de los estudiantes monitores (no tenemos carreras de ciencias en la Sede).

Por otro lado consideramos que las nuevas metodologías deben involucrar una participación muy activa de los estudiantes, involucrar también modelos de solución a problemas de las carreras, y un cambio de actitud de los docentes frente a la utilización del computador por ejemplo. Consideramos importante analizar también la conveniencia o inconveniencia que cada carrera tenga sus propios cursos de ciencias. Inicialmente señalamos que se puede caer en un tratamiento muy utilitarista de la ciencias. También señalamos la conveniencia de lograr niveles más altos de motivación por la orientación específica que podría dársele a los cursos.

7. EL COMPUTADOR Y LA EXPERIMENTACIÓN EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA.

En el análisis de problemas relacionados con convergencia de series, desarrollo en serie de Taylor, límites de funciones, estabilidad de soluciones de ecuaciones diferenciales y muchos otros en los cuales la aplicación de largos y engorrosos algoritmos están de por medio para tomar una decisión, el computador se convierte en un valiosísimo laboratorio en la medida que el tiempo requerido para los cálculos se reduce notoriamente. También en casos en los cuales no se dispone de un método analítico por lo cual se debe involucrar un método numérico pero que la adopción de la solución depende de lo fina que sea la aproximación y requiere muchos intentos, con un computador todo será mas rápido.

Algunos profesores de física han utilizado el computador en el laboratorio para :

1. Recoger datos de los experimentos.
2. Verificar los resultados de los experimentos.
3. Simulación de experimentos.

La simulación de un experimentos puede ser inconveniente, en algunos casos, si no se hace la comparación con el experimento real. Por otro lado tiene la utilidad de mostrar experimentos para los cuales no se tiene el laboratorio o que en forma real pueden ser muy costosos.

PROBLEMAS DE LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMATICAS ESPECIALES EN LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

José Alonso Salazar Caicedo. Univerisdad Nacional de Colombia sede Manizales

Resumen : Se explora una estrategia didáctico - pedagógica para afrontar algunos problemas de la enseñanza de las matemáticas especiales en la Universidad Nacional, sede Manizales. El punto principal radica en experimentar posibilidades metodológicas que surgen en el salón de clase tomando como eje de la exposición los modelos matemáticos :

$$u_t = \delta u_{xx} \quad (\text{Ecuación de calor unidimensional}) \quad y$$

$$u_t = \delta \nabla^2 u \quad (\text{Ecuación de calor en dos y tres dimensiones})$$

Junto con sus condiciones iniciales y de frontera. En el primer caso se considera la distribución de temperatura de la varilla caliente de longitud finita o infinita y en el segundo la placa rectangular y circular vía las funciones de Bessel y los polinomios de Legendre. Se sugiere confrontar la solución analítica con la solución numérica basada en algoritmos computacionales provenientes de las diferencias finitas :

$$u_{i,k+1} = \frac{1}{2} (u_{i+1,k} + u_{i-1,k}) \quad u_{i,k} = \frac{1}{4} \{u_{i-1,k} + u_{i+1,k} + u_{i,k+1} + u_{i,k-1}\}$$

De otra parte se ponen de relieve las limitaciones de los modelos como futuras fuentes de indagación a nivel de pregrado.

Introducción : Una de las características de los programas de matemáticas especiales para estudiantes de Ingeniería radica en la proliferación de temas de diversa índole¹ en apariencia inconexos y alejados por completo de las aplicaciones prácticas a los más elementales problemas de la ingeniería que se contemplan en el ciclo profesional. De esta suerte, y en el ámbito de la práctica pedagógica, la mayor de las veces, la exposición en el salón de clases se torna fría y abstracta, llena de pureza matemática y carente de motivación hacia ulteriores desarrollos.

¹ Series e Integrales de Fourier, Transformada de Fourier, variable compleja, Funciones de Bessel, Funciones de Legendre, Ecuaciones diferenciales parciales, entre otros.

Si bien, los conceptos pueden plasmarse y simplificarse, desde el interior de la misma disciplina de una manera impecable acudiendo a los prototipos rutinarios, su notoria dispersión, involucra una pérdida de esfuerzo por parte del estudiante quien debe habituarse a la búsqueda del material pertinente en una enjundiosa bibliografía.

Para adentrarnos, así sea tangencialmente, en ésta terra incógnita, tomaremos como punto de contacto con las matemáticas especiales para la carrera de Ingeniería Química, los *Fenómenos de Transporte*, concentrándonos en un aspecto específico : *la Transferencia de Calor*.

La urdimbre de nuestra indagación descansa en la siguiente premisa fundamental : La introducción de los conceptos atinentes, debe estar acompañada de la formulación de un problema de orden físico de transferencia que esté representado por un modelo matemático que, en síntesis, no es más, que una estructura conceptual cuyos elementos son interdependientes y cuyas propiedades se enriquecen en la medida que su grado de complejidad aumenta cada vez que redefinimos cada una de sus partes. Su simpleza, en el inicio, es de tal magnitud que ya en su resolución primigenia deja soslayar justificaciones matemáticas débiles que han salido a flote por vía heurística que no pierde su esencia motivacional. Nuestro propósito es, en consecuencia, mostrar con el derrotero que sigue a continuación no matemáticas demostrativas que es el bien deseado, sino, para decirlo de alguna manera, intuitiva.

1. MODELO No. 1

1.1. Problema Nodal No. 1 : Considérese, una barra (o varilla recta), hecha de material uniforme conductor de calor, cuya superficie lateral está completamente aislada (no permite intercambio de calor con el medio ambiente), de longitud L , de tal suerte que la transferencia de calor, solo puede darse a través de sus extremos ($x = 0, x = L$).

Es un hecho bien conocido que el fenómeno físico está gobernado por la ecuación diferencial parcial : $u_t = \delta u_{xx}$, donde, $u = u(x,t)$ designa la distribución de temperatura en la posición x , y en un tiempo $t > 0$. u , depende de las condiciones de contorno que ponemos : $u(0,t) = 0$ °C, $u(L,t) = 0$ °C. y la condición inicial : $u(x,0) = \varphi(x)$, $0 \leq x \leq L$. Nos preguntamos : *¿Cuál es el esquema tradicional para resolver este problema en los cursos consagrados?* En todo momento, exponer los rudimentos matemáticos que grosso-modo, llegan estereotipados como sigue :

(a) Estúdiense el problema de Sturm - Liouville.

(a.1) Ejemplos y ejercicios por doquier.

(b) Estúdiense series de Fourier, esto es, la representación de una función, f , periódica de periodo $2L$, f y f' seccionalmente continuas en la forma :

$$f(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \frac{k\pi}{L} x + b_k \sin \frac{k\pi}{L} x \quad (1)$$

Con todo el andamiaje que hay por detrás, funciones ortogonales, independencia lineal, etc.

(b.1) Ejemplos y ejercicios hasta el cansancio, pues el cálculo de los coeficiente de Euler - Fourier, a_k, b_k (integrales definidas), así lo demanda.

(c) Formúlese el problema (Nodal No.1) en forma abstracta.

(d) Utilícese una técnica conocida como el método de separación de variables y obténgase finalmente la solución.

$$u(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \exp\left(-\frac{k^2 \pi^2}{L^2} \delta t\right) \operatorname{sen} \frac{k\pi}{L} x \quad (2)$$

donde los b_k se hallan de la condición :

$$u(x,0) = \varphi(x) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \operatorname{sen} \frac{k\pi}{L} x; \quad \text{etc.}$$

Toda la secuencia (a), (b), (c) y (d) para solucionar el problema Nodal No.1 que aparece caído del cielo y sin ninguna conexión con la realidad. Es obvio que lo anterior es correctísimo, pero : *¿Desde el punto de vista de la didáctica matemática y en el círculo de la sesión de clase será el único camino posible?*

Pensamos que definitivamente *no*. Dejando a un lado el purismo y el rigor matemático es permisible ganar tiempo (otro factor esencial) y claridad en la exposición oral, si invertimos las fases comenzando por (c) y el principio de superposición de soluciones pues recuérdese que los dos problemas de ecuaciones diferenciales ordinarias subyacentes a la solución : $u(x,t) = F(x) G(x)$ son : (I) $F'' - \lambda F = 0$ (II) $G' - \lambda \delta G = 0$; donde λ es una constante de separación.

Lo interesante a destacar aquí para el alumno (actor que no tiene ni la más remota idea acerca de los nombres STURM - LIOUVILLE) es que el problema Nodal No.1 junto con las condiciones de contorno o frontera $F(0) = F(L) = 0$, es de una naturaleza completamente nueva y no hemos recorrido para nada el primer paso. Ahora bien las *infinitas* soluciones dadas por (1) y (2), conducen al conjunto infinito de soluciones :

$$u_k(x,t) = b_k \exp\left(-\frac{k^2 \pi^2 \delta t}{L^2}\right) \operatorname{sen} \frac{k\pi}{L} x; \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

Y aquí surgen preguntas fundamentales que abren la puerta hacia múltiples direcciones : *¿Cuántas soluciones son necesarias ? , ¿Qué suma finita es pertinente, porqué?, ¿Y la combinación lineal infinita?*

Y he aquí también lo que la historia de la ciencia nos dice y casi siempre olvidamos. Para la época (albores del siglo XIX) en que Fourier escribió su famosa obra THEORIE ANALYTIQUE DE LA CHALEUR, (1822) no estaba claro siquiera el concepto de límite de una función real de variable real (Cauchy 1.830), mucho menos el de convergencia de una serie y sin embargo Fourier siguiendo las huellas de sus predecesores (Euler) escribía con estilo temerario :

$$u(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(x,t) \quad (4)$$

Más aún, al conjeturar, (Adivinar ??) que los símbolos Σ , \int , son intercambiables en el reino del infinito concluyó con plena brillantez,

$$b_k = \frac{2}{L} \int_0^L \varphi(x) \operatorname{sen} \frac{k\pi}{L} x \quad (5)$$

Obsérvese la debilidad de la argumentación lógica. Hay que precisar el tránsito de lo finito a lo infinito y prenderse del concepto de convergencia uniforme para darle carta de ciudadanía a las adivinanzas.

1.2. Flexibilidad del Modelo No. 1 : En éste punto, el arte de preguntar del maestro es un verdadero reto si se quiere mantener en vilo la atención del auditorio.

1.2.1. ¿Como introducir cambios cualitativos en la formulación del problema?, ¿Qué sucede en el problema nodal No. 1, , ambos extremos están aislados?

Nótese que ahora que el modelo matemático a resolver es : $u_t = \delta u_{xx}$. Sujeta a las condiciones de contorno $u_x(L,t) = u_x(0,t) = 0$ y la condición inicial $u(x,0) = \varphi(x)$, $0 \leq x \leq L$. Si repetimos los items (d), (c), (b) y (a) del parágrafo 1, obtenemos :

$$u(x,t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \exp\left(-\frac{k^2 \pi^2 t}{L^2}\right) \cos \frac{k\pi}{L} x;$$

donde :

$$a_k = \frac{2}{L} \int_0^L \varphi(x) \cos \frac{k\pi}{L} x dx$$

Se dice que el problema nodal No.1 es homogéneo, si las temperaturas son constantes y nulas en los extremos en (1) y el gradiente de temperatura es nulo en ambos extremos. Que los problemas son unidimensionales y que acorde con las leyes de la física el fenómeno es ideal (el modelo es aceptable, si las dimensiones de la varilla son despreciables comparadas con la longitud). Vale decir que en la teoría de ecuaciones diferenciales, el concepto de homogeneidad es mucho más amplio y profundo.

1.2.2 ¿Qué sucede si uno de los extremos de la barra está aislado y el otro no ?

Para el caso homogéneo se tendrían dos modelos matemáticos a resolver :

$$u_t = \delta u_{xx};$$

$$i) \quad u_x(L,t) = u(0,t) = 0, \quad t > 0, \quad u(x,0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L.$$

$$ii) \quad u(L,t) = u_x(0,t) = 0, \quad t > 0, \quad u(x,0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L.$$

1.2.3 ¿Como resolver el problema si se prescinde de las condiciones de homogeneidad?

En su forma más simple se requiere resolver : $u_t = \delta u_{xx}$; $u(x,0) = \varphi(x)$, $0 \leq x \leq L$; $u(0,t) = T_1$ (cte); $u(L,t) = T_2$ (cte). El problema propuesto nos obliga a cambiar de estrategia didáctica. Por un lado, hay que considerar una solución de la forma : $u(x,t) = w(x,t) + v(x)$, donde $v(x)$ y éste se debe respaldar con razonamientos físicos - $v(x)$, representa la temperatura de la varilla para valores de la variable temporal t , suficientemente grandes. Y por otro lado nos pone de presente un principio espiral de la matemática. Como las condiciones han sido ligeramente modificadas, el problema asociado con la función incógnita $w(x,t)$ deberá reducirse al caso homogéneo y la función $v(x)$ deberá reflejar el aspecto más simple : Una función de primer grado en x .

1.2.4 ¿Qué sucede si la temperatura en los extremos de la varilla es una función del tiempo? ¿Cómo resolver el problema ?

$$u_t = \delta u_{xx} ; u(x,0) = \varphi(x), 0 \leq x \leq L ; u(0,t) = \tau_1(t); u(L,t) = \tau_2(t).$$

La didáctica sigue su avance, es preciso afrontar una solución de la forma: $u(x,t) = w(x,t) + v(x,t)$. Y continuar con un proceso de resolución un tanto artificioso pero lleno de sentido.

1.2.5 ¿Qué pasa si se presenta radiación, cuándo la rapidez de flujo de calor a través de los extremos de la barra es proporcional a la temperatura?

En este caso, el problema a resolver es :

$$\begin{aligned} u_t &= \delta u_{xx} \\ u_x(0,t) - h_1 u(0,t) &= 0, t > 0 \text{ ó } u_x(L,t) - h_2 u(L,t) = 0, t > 0 \\ u(x,0) &= \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L. \end{aligned}$$

h_1, h_2 son constantes no negativas.

1.2.6 Si suponemos que se genera calor a razón de $q(x, t)$ calorías el modelo matemático No.1 se DINAMIZA, obteniéndose : $u_t = \delta u_{xx} + q(x,t)/Cp$

(Cp , denota el calor específico del material de que está hecha la varilla; ρ denota la densidad de la varilla). Una vez más, emanan nuevas y más preguntas relativas a las condiciones de frontera y al método de solución : ¿Es efectiva la separación de variables?

1.3. El modelo No. 1 y la aparición de la integral de Fourier y la función error :

Lo usual en los libros de texto es motivar la aparición de la integral de Fourier, partiendo de una función periódica de periodo $2L$, tomar el límite para L tendiendo a infinito para ver que la función resultante no es periódica. De ahí en adelante, el truco consiste en utilizar la serie de Fourier asociada a la función, introducir los coeficientes integrales de Fourier y pasar el límite.

A nivel de pregrado es difícil pensar en una solución mejor a este problema; pero una apertura plausible consiste en "estrangular" el problema Nodal No. 1, llevando las condiciones iniciales y de frontera hasta sus últimas consecuencias. Dicho de otra manera, si idealmente observamos una varilla "semi - infinita" o "infinita" las condiciones de frontera se evaporan en el segundo caso y subsisten en un extremo en el primer caso.

Por ejemplo :

$$(i) u_t = \delta u_{xx}; \quad u(0,t) = 0 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad u(x,0) = \varphi(x); \quad 0 \leq x \leq \infty$$

$$(ii) u_t = \delta u_{xx}; \quad u(x,0) = \varphi(x); \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

Al emplear la separación de variables nos vemos en la necesidad (motivación) de dar paso del campo discreto al campo continuo. Los detalles técnicos son de dominio habitual.

1.4. El problema nodal No.1 y los métodos numéricos (diferencias finitas) : El papel que desempeñan la serie de Taylor en la obtención de algoritmos es hoy por hoy mas ostensible. De las fórmulas ya célebres :

$$A) \quad f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad B) \quad f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

Se obtienen las discretizaciones:

$$C) \quad \frac{\partial u}{\partial t}(x_i, t_k) \approx \frac{u_{i,k+1} - u_{i,k}}{l}; \quad x_i = ih, \quad t_k = kl$$

$$i = 1, 2, \dots; \quad k = 1, 2, \dots$$

$$D) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x_i, t_k) \approx \frac{u_{i+1,k} - 2u_{i,k} + u_{i-1,k}}{h^2}$$

Que sustituidas en la discretización del problema :

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x_i, t_k) = \delta \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x_i, t_k)$$

Llevan a la ecuación en diferencias :

$$u_{i,k+1} = \left(1 - \frac{2l\delta}{h^2}\right)u_{i,k} + \frac{l\delta}{h^2}(u_{i+1,k} + u_{i-1,k})$$

Si además se imponen a los pasos h (en el eje OX) y l (en el eje OT), la condición : $1 - 2l\delta/h^2 = 0$ esto significaría que los pasos h, l son interdependientes y están unidos al coeficiente de difusividad térmica δ que es una propiedad intrínseca del material.

Desde la óptica motivacional hacia el estudio de los métodos numéricos conviene hacer un análisis comparativo entre la solución analítica dada por (2) y la solución numérica proveniente del algoritmo

$$u_{i,k+1} = \frac{1}{2} \{u_{i+1,k} + u_{i-1,k}\} \quad (*)$$

Cuya sencillez es sorprendente. La ecuación (*) plantea de manera independiente los peligros que encierra todo enfoque numérico : Ilustra las diferentes clases de error al efectuar los cálculos computacionales pero pone en guardia a quién los utilice sobre las siguientes preguntas :

i. ¿Cómo se elige la red (x_i, t_k) , $i = 1, 2, \dots, m$; $k = 1, 2, 3, \dots, n$?

Mejor aún, ¿Cómo se eligen los pasos h y l ? Equivalentemente

¿Cómo se debe discretizar el dominio de la solución $u(x, t)$;

$0 \leq x \leq L$, $0 < t < M$?

ii. ¿De qué modo se escribe el esquema en diferencias?

iii. ¿Con qué precisión el esquema en diferencias aproxima al problema original?

iv. ¿Es estable el esquema diferencias y en qué sentido?

v. ¿Cuál es la rapidez de convergencia de la solución del problema en diferencias a la del problema original?

La ecuación (*) es altamente tentadora en virtud de que es aplicable a cualquiera de las situaciones (1.2.1) - (1.2.6).

1.5. Limitaciones del modelo nodal No. 1 : La validez de todo modelo, solo puede ser corroborada mediante experimentos físicos y químicos que controlan el fenómeno en toda su pureza. Al rededor de un resultado, un hecho, una experiencia, que exhiba las limitaciones reales, el modelo es cuestionado y susceptible de sufrir serias alteraciones. En efecto, la difusividad térmica d en una situación más general, es una función de la posición x , $d = d(x)$; lo mismo el calor específico, $C = C(x)$ y además, si hay producción de radiación en un medio de temperatura en la superficie de la barra con un factor de proporcionalidad que depende de la posición; el NUEVO MODELO a analizar es :

$$C(x) \frac{\partial u}{\partial t} = \delta \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \delta'(x) \frac{\partial u}{\partial x} + uh(x)$$

Y ¿Cuál es la estrategia didáctico - metodológica para solucionar éste problema?

¿Qué limitaciones tiene la técnica de separación de variables?

Son interrogantes que llevarían a un diálogo de múltiples controversias y sería un buen momento para la búsqueda de lecturas (artículos elementales) actualizados y yuxtapuestos a breves ensayos monográficos dependientes de un trabajo interdisciplinario dirigido por los profesores de matemáticas, física e Ingeniería Química a fuer de que la complejidad del modelo así lo exige.

2. MODELO No. 2

2.1. Problema nodal No. 2 : Una placa rectangular de lados a y b , de material uniforme de calor, tiene sus caras aisladas térmicamente de tal manera que solo permite transferencia de calor a través de sus bordes. En condiciones ideales en tres dimensiones la distribución de temperatura $u(x, y, t)$ está determinada por la ecuación diferencial parcial :

$$\frac{1}{\delta} \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla^2 u \quad (6)$$

ó

$$\frac{1}{\delta} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

Podemos imaginar restricciones más fuertes imponiendo que la temperatura en cada punto (x,y) no depende de la variable temporal (fenómeno estable) en cuyo caso (3) se reduce a la Ecuación bidimensional Laplace :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (7)$$

Las condiciones de frontera más simples son: $u(x,0) = \varphi(x)$; $u(a,y) = 0$; $u(0,y) = 0$; $u(x,b) = 0$

Esta última versión, mediante la técnica de separación de variables, prepara la ruta hacia la solución de (6), donde las dificultades técnicas son un tanto más engorrosas, si por ejemplo, asumimos la condición inicial $u(x, y, 0) = \varphi(x, y)$.

Se presiente, desde luego, que la más leve modificación en las condiciones de frontera dificultaría la aplicación de la técnica señalada. Esta es una buena oportunidad para adentrarse en los vericuetos de las diferencias finitas. ¿Por qué? Por su extraordinaria sencillez. Es inmediato que la discretización bidimensional :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x_i, y_k) = \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(x_i, y_k)$$

produce el algoritmo (Ecuación en diferencia) :

$$u_{i,k} = \frac{1}{4} \{ u_{i+1,k} + u_{i-1,k} + u_{i,k+1} + u_{i,k-1} \} \quad (**)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$x_i = ih; \quad y_k = kh$$

h denota el paso tomado igual en ambos ejes del dominio de la solución. De nuevo, el efecto motivante de este tipo de soluciones numéricas contribuye a provocar el asombro y la perplejidad en el estudiante y a su turno la desconfianza, pues de todos es aprendido que la ecuación (**) envuelve a la postre la solución de un sistema lineal de ecuaciones en las incógnitas $u_{i,k}$, con un buen condicionamiento no garantizado de antemano (inestabilidad). No obstante, es un inicio hacia el estudio de técnicas más avanzadas y de mayor exactitud. Vale entonces, aquí, mostrar problemas, inteligentemente seleccionados, al interior del grupo de trabajo académico.

2.2. El problema nodal N° 2 y la ecuación de Bessel : En razón del espacio y la influencia del tema, éste aparte será objeto de un estudio posterior.

ALGORITMOS GENÉTICOS NUEVO MÉTODO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA

José Jesús Martínez Páez
josej@ingenieria.ingsala.unal.edu.co
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA

RESUMEN

Han emergido una serie de nuevos métodos de solución de problemas, inspirados biológicamente, entre los cuales se destaca el de los Algoritmos Genéticos (A.G.), debido especialmente a su sencillez y aplicación inmediata. En este trabajo se presentan los A.G. como aplicables a la solución de ecuaciones algebraicas, y a la solución de problemas NP completos. Se resaltan sus características frente a otros métodos numéricos tradicionales, y finalmente se presentan unas conclusiones y recomendaciones, sobre su inserción en los cursos de Métodos Numéricos, o afines.

1. GENERALIDADES

Un A.G. es una clase relativamente nueva de algoritmos de búsqueda estocástica, basados en los mecanismos de selección natural. Combinan la supervivencia de los mejores individuos dentro de un conjunto, los más aptos, con un intercambio de información estructurado y aleatorio, que imita los procesos de la evolución biológica.. Una de las principales características de los sistemas biológicos es su robustez, el balance entre la eficiencia y la eficacia, que les ha permitido sobrevivir en muchos ambientes diferentes. Si se logran mayores niveles de adaptación, los sistemas existentes pueden ejecutar sus funciones mejor y durante más tiempo.

En la figura 1, se presenta una clasificación general de las técnicas de búsqueda, donde se muestra el lugar que ocupan los algoritmos genéticos, como algoritmos evolutivos, guiados por técnicas de búsqueda aleatoria.

2. ALGORITMOS GENÉTICOS EN OPTIMIZACIÓN Y BÚSQUEDA

Los métodos tradicionales, el Cálculo, los Enumerativos y Aleatorios, pueden encontrar soluciones óptimas a problemas específicos, que se presentan en casos especiales. Pero desde el punto de vista de robustez, presentan graves defectos.

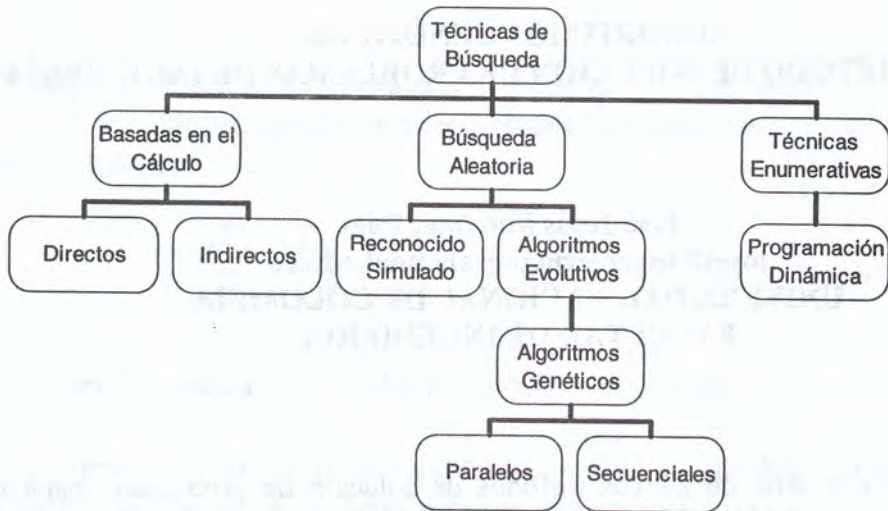


Figura 1. Clasificación de técnicas de búsqueda.

Por ejemplo, suponga que la figura 2. muestra una parte de todo el dominio de interés, un cuadro más completo se muestra en la figura 3. Al iniciar la búsqueda de una derivada cero en las vecindades del menor pico, nos hará olvidar el pico mayor. Estos métodos presentan dos problemas: primero, son de alcance local; el óptimo que buscan son lo mejor en las vecindades de la posición corriente; y segundo, dependen de la existencia de derivadas. de parámetros. El mundo real está lleno de discontinuidades, es multivariable, con espacios de búsqueda ruidosos. Así, los métodos dependientes de continuidad y de existencia de derivadas son muy poco apropiados, excepto para un dominio muy limitado de problemas. Por eso se deben considerar otros métodos.

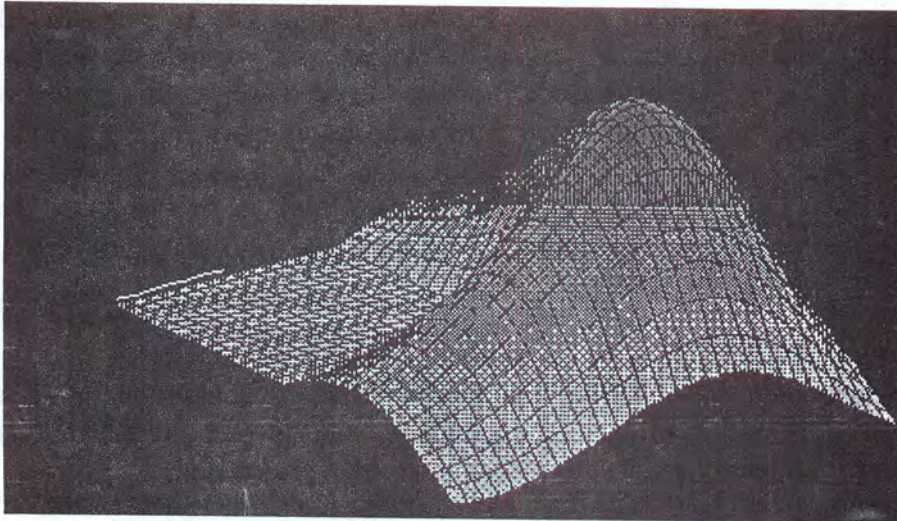


Figura 2. La función de un solo pico es fácil por los métodos basados en cálculo.

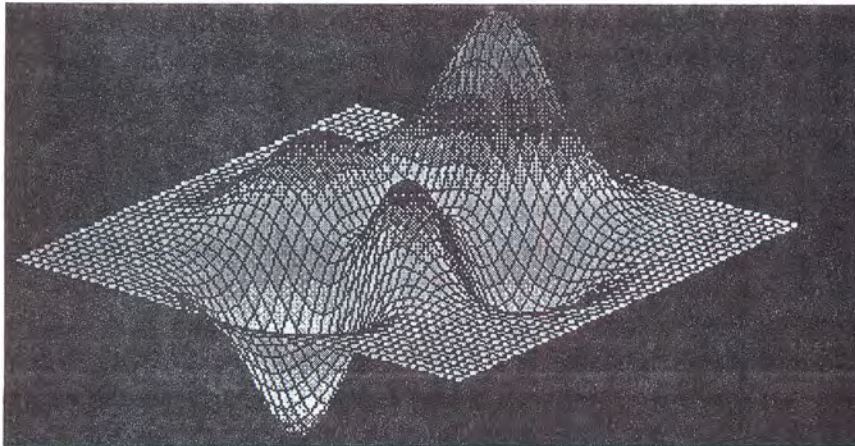


Figura 3. La función de múltiples picos causa un dilema, ¿Qué colina subir?

La idea de los esquemas enumerativos es directa; en un espacio de búsqueda finito, o infinito discretizado, el algoritmo evalúa los valores de la función objetivo en cada punto del espacio de búsqueda. Aunque es simple, se muy ineficiente. Los algoritmos aleatorios han aumentado su popularidad. Sin embargo, en corridas largas, no son mejores que los enumerativos. Es claro que los métodos convencionales no cumplen los requerimientos de robustez del mundo real.

3. OBJETIVOS DE LA OPTIMIZACIÓN

El ser humano, tiende a mejorar su situación frente a diversas circunstancias que le plantea la vida; y es a través de la ingeniería que se busca satisfacer sus necesidades más comunes. Sin embargo, las soluciones que históricamente ha brindado, han sido locales, con muy pocas variables, aspecto que se vio reforzado en el siglo XIX, con la fundamentación formal de la ingeniería, en que la optimización comenzó a basarse en el Cálculo. A raíz de segunda guerra mundial, se dio un fuerte avance al concepto de optimización, a través del desarrollo de la Investigación Operacional. De esta manera, la optimización quedo enmarcada como un método matemático para la determinación de los valores de parámetros, de una función que define un resultado óptimo.

Pero, este no es su énfasis natural. Consideremos por ejemplo, un negociante Cómo se juzgan sus decisiones; qué criterios se tienen en cuenta para saber si su trabajo es bueno. Se dice que su trabajo es bueno cuando toma decisiones dentro del tiempo y los recursos asignados; pero hay muchos otros factores por considerar. Por eso su

bondad se juzga en función de su competencia. No hay un punto óptimo, sé es mejor con respecto a los demás, es decir, el objetivo de la optimización es el mejoramiento, el mejoramiento continuo, con base en la información de las experiencias anteriores.

4. DIFERENCIA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS CON LOS MÉTODOS TRADICIONALES.

Los A.G. son diferentes de los procedimientos de optimización y búsqueda tradicionales en varios aspectos:

1. Los A.G. trabajan con una codificación del conjunto de parámetros.
2. Los A.G. buscan en una población de puntos, no en un solo punto.
3. Los A.G. usan la información del resultado de cada evaluación (función objetivo), no sus derivadas.
4. Los A.G. usan reglas de transición probabilísticas.

Los A.G. trabajan con muchos puntos simultáneamente (una población de cadenas), subiendo en paralelo muchos picos; así, la probabilidad de encontrar un pico falso se reduce superando los métodos que van de un punto a otro. Son ciegos, ya que para efectuar una búsqueda efectiva de estructuras cada vez mejores, solo requieren valores de la evaluación de la función objetivo.

5. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

Un Algoritmo Genético simple, emplea los siguientes tres operadores:

1. Reproducción.
2. Cruce.
3. Mutación.

La reproducción es un proceso en que las cadenas individuales se llevan a la siguiente generación, con base en los valores de su función objetivo f o función de aptitud. Se copian cadenas con base en el valor promedio de su aptitud, cadenas con mayor de aptitud, tienen mayor probabilidad de contribuir mas descendientes en la siguiente generación. Es una versión artificial de selección natural, un superviviente darwiniano de los más aptos entre las criaturas cadenas.

El cruce simple procede en dos pasos. Primero, las cadenas reproducidas, entran en el juego del apareamiento, mezclándose al azar. Luego, cada par de cadenas efectúa el cruce como sigue: se selecciona uniformemente, una posición entera k , que pertenece a la cadena, entre 1 y la longitud de la cadena menos 1 , $[1, l - 1]$. se crean dos nuevas cadenas entre las posiciones $k+1$ y l incluidas. Por ejemplo, las cadenas $A1$ y $A2$, que se han seleccionado como padres:

$A1 = 0\ 1\ 1\ 0\ 0$

$A2 = 1\ 1\ 0\ 0\ 1$

Suponga que se hizo la escogencia $k = 4$. El cruce resultante da dos nuevas cadenas:

$$A1' = 01101$$

$$A2' = 11000$$

La mutación, se considera un operador genético de segundo orden. Sin embargo, permite la exploración de áreas del espacio de solución, que puedan presentar picos más altos. Simplemente, cambia un 1 por un 0, o viceversa. Así, se continua el proceso, hasta que se alcance un criterio de terminación.

Algoritmo Genético Simple

Crea Población Inicial

Evalúa Población

Mientras no se alcance criterio de terminación

Reproducción

Cruce

Mutación

Evaluación

Fin

6. APLICACIONES

Solución de **ecuaciones algebraicas**. Se presenta la solución de la ecuación:

$$\sin(x^2) * \cos(x) + x - 1.6 = 0$$

En este caso se codificó la solución en un cromosoma de 20 bits. En la figura se presenta la corrida de ejemplo.

El Problema del Morral. Este es uno de los problemas de optimización combinatoria, conocidos como **problemas NP**, en el que las variables de decisión son enteras. El problema en particular consiste en seleccionar entre un conjunto de n productos, cada uno con un valor c_i , y un volumen v_i , aquellos que tengan un volumen menor o igual al volumen V del morral y que tengan un costo máximo. En este caso el cromosoma, consiste en una cadena de longitud igual al número de artículos disponibles para transportar, y el valor de cada gen o posición es 1 o 0. En la gráfica se presenta la corrida de un ejemplo.

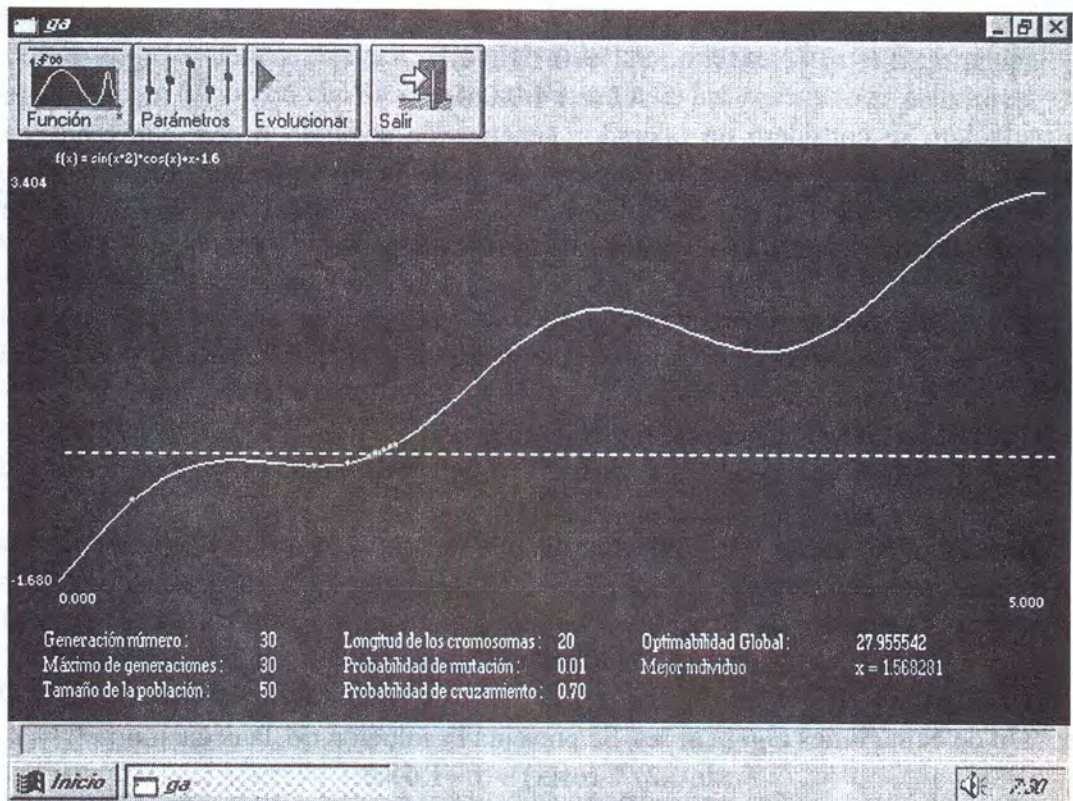


Figura 4. Ejemplo de solución de una ecuación algebraica.

7. CONCLUSIONES

El A.G. se perfila como un método poderoso para atacar gran cantidad de problemas de ingeniería, por lo que es importante su conocimiento en la formación de los ingenieros. Su programación es sencilla y permite fácilmente la producción de herramientas de simulación muy valiosas. Da una filosofía al tratamiento de cualquier problema, y en general al desarrollo de la ingeniería.

El A.G. tampoco es una panacea para todos los problemas, y la experiencia va dando pauta para conocer mejor sus bondades y características.

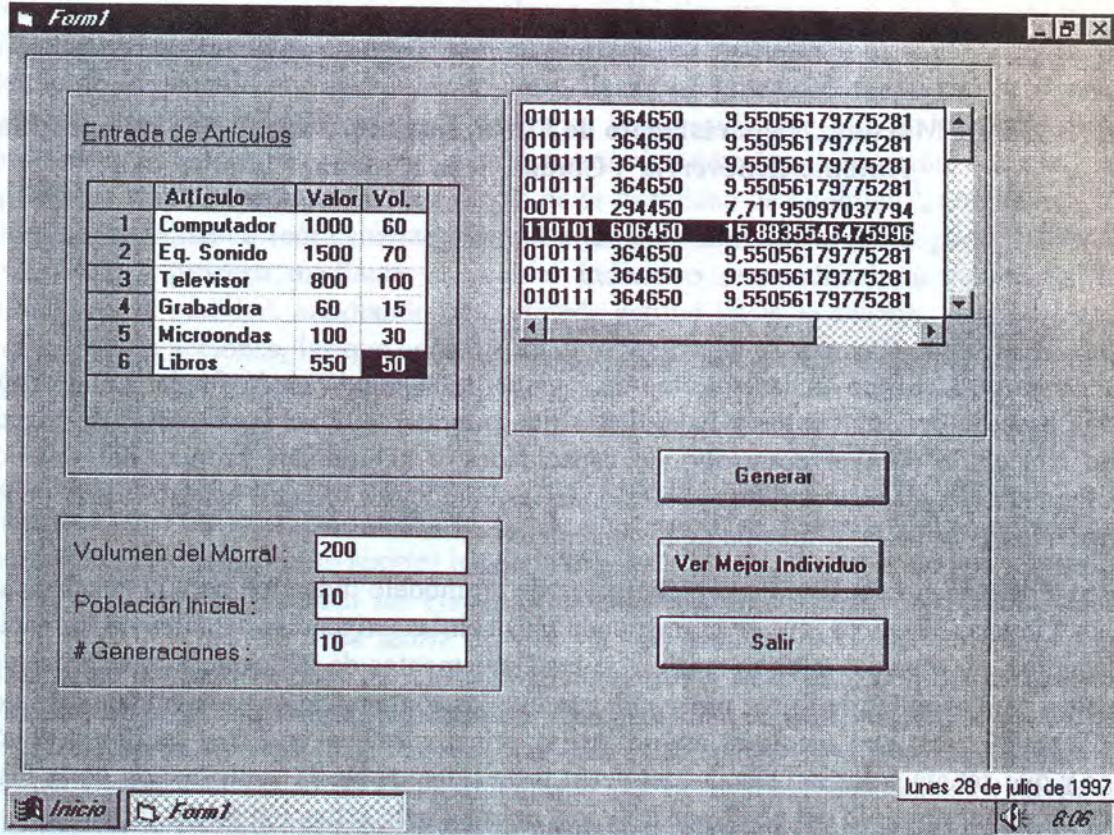


Figura 5. Corrida del problema del morral, con su solución.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. GOLDBERG, D.E. 1989, Genetic Algorithms in search, Optimization and Machine Learning. Reading: Addison-Wesley.
2. HOLLAND, J.H., 1993. Adaptation in Natural and Artificial Systems, Cambridge Massachusetts: M.I.T. Press.
3. HOLLAND, J.H. Sept. 1992, Genetic Algorithms, Scientific American. 38-45.
4. LOPEZ J., VESGA A.M., Solución de Problemas de Programación Lineal por Algoritmos Genéticos, Proyecto de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional 1995.
5. MARTÍNEZ J. J., Programación Evolutiva, notas de curso. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional 1997.

FISICA GENERAL APLICADA. UNA ALTERNATIVA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN LA INGENIERIA.

Andrés García Martínez. Departamento de Física, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Ciudad de la Habana, Cuba.

Resumen

La enseñanza de la Física en las carreras de ingeniería ha estado en lo fundamental dirigida a crear una base de conocimientos y habilidades que permita asimilar las ciencias de ingeniería, pero no concebida para el desarrollo de capacidades y habilidades propias del trabajo que desarrollará el ingeniero como futuro profesional, resultando por lo tanto insuficiente el papel que desempeña la Física en la formación de los ingenieros.

El objetivo del trabajo consiste en la elaboración de un modelo didáctico para la enseñanza de la Física en Ciencias Técnicas, que se corresponda más con las exigencias actuales de formación de los ingenieros, en especial la comprensión de los fundamentos de las ciencias y el desarrollo de habilidades para asimilar de forma independiente nuevos contenidos, que responda a los intereses de la Ciencia Física, que recoja el aporte de las principales tendencias y teorías pedagógicas actuales y que satisfaga las exigencias del perfil profesional sobre la contribución de la Física al logro de un mejor dominio del objeto de trabajo y del modo de actuación de los ingenieros.

1. FUNDAMENTACIÓN PSICOPEDAGÓGICA DE LA NUEVA CONCEPCIÓN.

Para desarrollar el proceso de perfeccionamiento de la enseñanza de la Física en la ingeniería, se propone una estrategia a partir de una serie de principios que pueden inducir a que el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física estimule y potencie el desarrollo individual e integral del estudiante. Esta propuesta requirió de un análisis y profundización en los propios contenidos de la Ciencia Física, reflexiones sobre su rol en el perfil profesional, las relaciones de ella con otras disciplinas y asignaturas del plan de estudio, así como otros elementos didácticos que permiten la adecuada implementación pedagógica en nuestro contexto socio-histórico, de los modelos de objetivos, contenidos y del proceso de asimilación de cada programa docente.

En este sentido, con vistas a la elaboración de este nuevo modelo para la enseñanza de la Física, se propone partir del enfoque Histórico Cultural desarrollado por Vigotsky y sus seguidores y la teoría de la actividad de A.N. Leontiev, por constituir (a criterio del autor), las teorías que brindan de manera más completa sólidos fundamentos para organizar el proceso docente educativo en la actualidad y que se corresponden con las exigencias que, para la formación de los profesionales, demanda nuestra sociedad.

Son fundamentales en este enfoque, las concepciones de enseñanza y aprendizaje de Vigotsky¹,

que plantea que el aprendizaje es una actividad social y no sólo un proceso de realización individual, una actividad de producción y reproducción del conocimiento y lo central en el proceso de enseñanza consiste en estudiar la posibilidad y asegurar las condiciones para que el estudiante se eleve mediante la colaboración, la *actividad conjunta*, a un nivel superior, es decir, partiendo de lo que aún no pueden hacer solos, llegar a lograr un dominio independiente de sus funciones. Otro aspecto relevante está dado por la necesidad de que el hombre se desarrolle integralmente, lo que significa lograr la unidad entre instrucción y educación. Estos aspectos son complementados con los aportes de la Teoría de la Actividad de Leontiev ², como una alternativa válida para fundamentar teóricamente el proceso de enseñanza. Esta teoría parte del concepto de actividad como proceso mediante el cual el individuo respondiendo a sus necesidades, se relaciona con la realidad, adoptando determinada actitud hacia la misma, estando estructurada esta actividad en acciones, las que constituyen el proceso que se subordina a la representación de aquel resultado que habrá de ser alcanzado, es decir, al proceso subordinado a un objetivo consciente, formulándose los *objetivos en términos de acciones* concretas.

Se pretende con estos presupuestos tomar **la acción como unidad básica de análisis** y a partir de ahí penetrar en las particularidades y leyes que rigen el proceso de asimilación de los conocimientos, tomando como aportes los de la teoría de la asimilación por etapas de las acciones mentales de Galperin ³, siendo las etapas principales las siguientes: motivadora, orientadora, material, verbal y mental. Esta teoría es una vía que permite la instrumentación pedagógica práctica, tanto de las ideas de Vigotsky como de Leontiev y debe ser incorporada creadoramente, pues se han desarrollado diferentes formas de representación de la base orientadora de la acción, así como se ha profundizado en la relación que existe entre el tránsito del alumno por las diferentes etapas y el banco de conocimientos o red de estructuras mentales que ya posee el estudiante, que le permite hacer inferencias y establecer relaciones nuevas con lo que ya conoce.

Las corrientes constructivistas ⁴, desarrolladas por Piaget, Ausubel, Novak y una serie de investigadores (entre los que están todos los que ven el aprendizaje como construcción del conocimiento), constituye en la actualidad una de las influencias principales en la didáctica de las ciencias ⁵. Estas teorías, tienen como hipótesis principal ⁶ que el conocimiento no se adquiere simplemente, ni se recibe, ni es copia de la realidad, sino que es una *construcción del sujeto*. Además resultan importantes las tesis de Ausubel sobre la importancia del conocimiento previo del estudiante en el proceso de aprendizaje. Otros recursos de estas teorías constructivistas son los mapas y redes conceptuales ^{7,8}. En este sentido el mapa o red resulta importante como recurso de enseñanza, pues si lo que se guarda en memoria tiene una organización lógica, racional, es mucho más perdurable en el tiempo.

El sistema de instrucción personalizada, que surge como reacción a la enseñanza tradicional, tiene como forma básica de enseñanza la del estudio independiente dirigido por las instrucciones elaboradas para cada unidad de estudio, lo que sin dudas contribuye al desarrollo de la independencia cognoscitiva del estudiante, y resulta útil en la enseñanza a distancia. El currículum como un sistema flexible acorde a las potencialidades del estudiante, así como el sistema de créditos, son aspectos de la instrucción personalizada que es necesario analizar para poder incorporar sus aspectos positivos a nuestra enseñanza universitaria.

La tecnología educativa, tendencia basada en la utilización de modernos medios técnicos de enseñanza, permite incorporar los avances tecnológicos en los medios de comunicación y otras

tecnologías en la enseñanza, que la Física, ciencia por excelencia basada en el experimento, debe incorporar. También resultan importantes elementos de la investigación-acción, especialmente el estudiante como aprendiz de investigador.

En resumen, lo *importante es recoger creadoramente los aportes de estas y otras teorías*, como alternativas abiertas a enriquecerse con otras ideas.

2. PAPEL DE LA FÍSICA EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS.

De todos los aspectos que van surgiendo del análisis anterior, existen algunos elementos esenciales que revelan tendencias contemporáneas que deben ser tomadas como premisas fundamentales del proceso de perfeccionamiento. Se determinó que las premisas fundamentales a tener en cuenta en el proceso de perfeccionamiento de la enseñanza de la Física en Ciencias Técnicas son:

- La revolución científico-técnica y la nueva revolución de la tecnología computarizada reafirmaron la tendencia dominante en la educación de ingeniería de este siglo que ha sido el camino hacia los principios fundamentales de la ciencia y el movimiento hacia las ciencias naturales y de ingeniería, proceso que es denominado *fundamentalización* de los conocimientos.
- La tendencia a la profesionalización de las disciplinas del ciclo de teoría general, búsqueda de métodos para su adaptación a los problemas profesionales del futuro especialista y la interrelación entre ellas.
- La búsqueda de la excelencia en la enseñanza universitaria, determinada por la calidad de los egresados, del claustro universitario, de las investigaciones realizadas y del papel que juega la Universidad en la comunidad.
- La docencia universitaria deberá propiciar el desarrollo de las potencialidades del estudiante y contribuir a la formación general integral del profesional .

Bajo estos presupuestos iniciales se pasa a la etapa de precisar cuál será el *papel que la Física debe jugar en la formación de los ingenieros*. La Física, como una de las disciplinas rectoras en el proceso de *Fundamentalización* en la enseñanza de la ingeniería, desempeña un rol importante en la formación de los ingenieros debiendo contribuir a :

- Formar en el estudiante una sólida base de conocimientos y habilidades en la ciencia física, imprescindibles para el estudio de las ciencias de ingeniería y disciplinas de especialidad.
- Contribuir al desarrollo de niveles superiores de las capacidades cognoscitivas, el pensamiento teórico y creador del estudiante y a la formación general integral del estudiante, que lo preparen para asimilar el desarrollo y jugar su papel en la sociedad.
- Desarrollar en los estudiantes métodos científicos de trabajo a partir de la aplicación de los métodos propios de la física a la solución de problemas teóricos, prácticos y experimentales con tendencia a problemas vinculados a la ingeniería.
- Consolidar en los estudiantes la concepción científica del mundo, en especial la materialidad y cognoscibilidad del mundo, utilizando al cuadro físico como elemento rector.
- Desarrollar la base teórico-experimental de un conjunto de técnicas y de procesamiento de datos experimentales inherentes a la ingeniería moderna.

- Actualizar a los estudiantes en los últimos descubrimientos de la física (los más importantes y con mayor impacto en la sociedad y la tecnología).
- Introducir, en alguna medida en la disciplina, el enfoque interdisciplinario que debe caracterizar a la formación de los ingenieros.

3. FÍSICA GENERAL APLICADA.

El perfeccionamiento llevado a cabo durante dos décadas en la enseñanza de la Física en ingeniería en Cuba, ha permitido ir conformando una disciplina con su propio estilo, que conserva las características de la Física General y a su vez incorpora los fundamentos de la Física Aplicada, con una fuerte componente de Física Experimental y elementos de Física Teórica.

De la *Física General* incorpora su núcleo fundamental, formado por los principales modelos del objeto de estudio de esta disciplina, las leyes y principios fundamentales, así como las magnitudes físicas a ellas asociadas y estudia los fenómenos más generales, utilizando para ello los métodos propios de la Ciencia Física, especialmente el inductivo-deductivo. Esto crea una fuerte base para el estudio de las ciencias de ingeniería y de especialidad. De la *Física Aplicada* adapta sus herramientas y métodos fundamentales, especialmente las analogías y el método experimental, especializando el conocimiento en una rama determinada muy estrechamente ligada al perfil profesional, y de la *Física Teórica* valora algunos elementos de análisis teóricos, que permiten desarrollar habilidades de modelación y del pensamiento creador. La disciplina así concebida ha sido denominada por el autor "Física General Aplicada".

La enseñanza de la Física deberá caracterizarse por un núcleo común básico, el mismo para todas las ingenierías y una envoltura que se adapte a cada carrera. El *núcleo* está compuesto por el sistema de conocimientos, sistema de habilidades y los métodos de trabajo, de la Física General, común a todas las carreras de ingeniería y que pueden agruparse alrededor de las principales teorías físicas que conforman el cuadro físico del mundo y la *envoltura* la compone el sistema de conocimientos, sistema de habilidades y los métodos de trabajo de la Física General Aplicada, vinculados directamente al perfil profesional. De esa envoltura forman parte nuevos temas que se incorporan o en los que se profundiza más e incluso nuevas asignaturas que deberán formar parte de esta disciplina.

Para lograr la instrumentación pedagógica de la nueva disciplina, los aspectos que deben abordarse con mayor urgencia por su importancia se denominan ideas rectoras, siendo las siguientes:

Fundamentalización.

El objetivo es determinar los núcleos de las teorías físicas fundamentales (Mecánica de Newton, Electromagnética de Maxwell y la Mecánica cuántica).

Actualización.

El objetivo es *actualizar y reorganizar los contenidos y reestructurar los métodos de aprendizaje* de acuerdo al desarrollo de las ciencias, tanto de la Física como de la Pedagogía, Psicología, Didáctica entre otras. Especialmente es necesario introducir los avances de la ciencia física, dándole un carácter sistémico y sistemático a la Física contemporánea. Un aspecto de significativa importancia es la *elaboración de sistemas conceptuales*, en especial los mapas conceptuales, como medio que favorece la organización y la fijación de los conocimientos en

memoria.

Especialización.

El objetivo es *analizar e interrelacionar los contenidos de la Física con el perfil profesional*, con el fin de contribuir de una manera mas efectiva a la solución de problemas profesionales del ingeniero. Esta especialización debe abarcar incluso las formas de enseñanza, por lo que se deberán diseñar nuevos laboratorios, los que han sido denominados por el autor "*laboratorios especializados de Física*".

Contextualización.

Un contexto es una situación concreta de relevancia en ciencia y tecnología que sirve de hilo conductor en la presentación, desarrollo y evaluación de contenidos temáticos tradicionales con fines de aprendizaje⁹. Poder desarrollar un tema, un conjunto de temas o incluso asignaturas completas con una misión concreta a resolver por el estudiante, preferiblemente vinculada a su especialidad es un objetivo principal de la contextualización.

Para su introducción en los cursos de Física para ciencias técnicas es necesario *desarrollar investigaciones sobre contextualización*, determinar contextos para la disciplina Física General Aplicada y preparar a los docentes en esta técnica.

Investigación.

El objetivo que aquí se persigue es *introducir en la docencia de pregrado y postgrado los resultados de las investigaciones*. Este aspecto es de singular importancia, pues la excelencia en la enseñanza universitaria se mide entre otros aspectos por la calidad de las investigaciones que se realizan. En este sentido resulta atrayente el modelo de investigación en la acción, pues este permite junto con el proceso de construcción del conocimiento la modificación de la realidad social en la comunidad.

Optimización.

Entre los aspectos principales que pueden contribuir a optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física tenemos:

- Generalizar la enseñanza asistida por computadoras, especialmente la automatización de los laboratorios y el uso de tutoriales.
- Perfeccionar la enseñanza diferenciada (nos referimos aquí tanto a la de estudiantes aventajados como a la de estudiantes con dificultades).
- Generalizar la utilización de métodos activos de enseñanza y técnicas grupales y perfeccionar las formas de enseñanza en la disciplina (especialmente elevar el papel del laboratorio en la enseñanza de la Física en ingeniería).

4. MODELO DIDÁCTICO.

El armazón fundamental que sostiene la nueva concepción que es propuesta para la enseñanza de la Física en Ciencias Técnicas lo constituye el modelo didáctico, compuesto esencialmente por:

- a) La organización sistémica del contenido, utilizando como vías la estructural-funcional (invariantes), la genética (célula generatriz) y otras formas de organización sistémica como la enseñanza en contextos, los esquemas lógico-estructurales y las redes conceptuales.

b) El sistema de habilidades, ejemplificándose el de aplicación del sistema de ecuaciones de Maxwell.

c) Los métodos de trabajo, destacándose en este sentido los métodos de solución de problemas en Física (métodos dinámico, energético y de las leyes de conservación), la utilización de los métodos propios de la Ciencia Física, métodos y herramientas de otras ciencias, como por ejemplo las ciencias de ingeniería, y los métodos de enseñanza, especialmente métodos activos de enseñanza y técnicas grupales, acorde a las nuevas tendencias educacionales.

d) La base material de estudio¹⁰ para la enseñanza de la Física, desarrollada bajo una concepción sistémica y puesta en función del desarrollo armónico e integral de las habilidades en el estudiante. Este sistema está compuesto por los siguientes elementos : *exposiciones didácticas, medios de enseñanza, laboratorios docentes, aplicaciones de la computación, literatura docente, textos y manuales de laboratorio y aulas especializadas.*

e) Los cursos de formación para los profesores, tanto en los aspectos de didáctica general y particular, así como del propio contenido de la Física, que permiten llevar a cabo el proceso de perfeccionamiento previsto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1) VIGOTSKY, L. Pensamiento y Lenguaje. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1982.
- 2) LEONTIEV, A. Actividad, Conciencia y Personalidad. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1981.
- 3) GALPERIN, P. YA. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales, Antología de la psicología pedagógica y de las edades, editorial Pueblo y educación, La Habana, 1982.
- 4) NOVAK, J. & GODWIN, D. Learning how to learn, Cambridge University Press, New York, 1984.
- 5) MATTHEWS, M. R. Vino viejo en botellas nuevas, un problema con la epistemología constructivista, Nueva Zelanda, 1992(material de archivo del CEPES).
- 6) LUCIO, A. R. El enfoque constructivista en la educación, Educación y cultura, Universidad Nacional de Colombia, p 1-15, 1994.
- 7) MOREIRA, M. A. Y AHUMADA, W. : Mapas conceptuales en la investigación de las estructuras conceptuales de los conocimientos de los estudiantes de Física, Enseñanza de la Física, Vol. 2, No. 2, p. 65-72, Chile, 1988.
- 8) GALAGOVSKY, L. R. Redes conceptuales. Su aplicación como instrumento didáctico de temas de Física, Enseñanza de las Ciencias, 12(3), p. 25-38, Chile, 1994.
- 9) La Física puede ser de todos. Enseñanza en contexto: una alternativa moderna. Tecno Industria, No.14 , Febrero.- Marzo, p. 44-50, México, 1994.
- 10) GARCÍA MARTÍNEZ, A. Y OTROS: Diseño de un sistema de medios para la enseñanza de la Física Molecular y Termodinámica, Ingeniería electrónica, automática y comunicaciones, vol. 15, No. 3, Ciudad de la Habana, 1994.

UTILIZACIÓN DE LOS MULTIMEDIOS MODERNOS Y LOS COMPUTADORES PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Efraín Barbosa y Fabio González

Universidad Nacional

Departamento de Física

Resumen

El avance tecnológico de los computadores, y en especial la incursión de éstos en campos como la televisión, ha puesto a nuestra disposición herramientas que permiten la visualización directa de fenómenos físicos, que antes exigían por parte tanto de los investigadores como de los estudiantes niveles de abstracción muy altos.

Nosotros hemos venido desarrollando en los últimos veinte años aplicaciones muy diversas en campos que van desde las investigaciones más fundamentales en física atómica y molecular hasta las aplicaciones más concretas en temas de ingeniería y meteorología. Hemos desarrollado simulaciones en física general, estudiando detalladamente el oscilador armónico el movimiento planetario, las leyes de la mecánica en general, también la electricidad y el magnetismo. En física atómica hemos estudiado detalladamente la interacción entre la radiación y la materia, logrando visualizar cosas que antes solo era posible por medio de la abstracción matemática, tales como, la emisión de fotones por parte de los átomos, transiciones atómicas, el láser y otros de la mecánica cuántica.

En esta reunión de ACOFI presentamos varios ejemplos ilustrativos de estos desarrollos así como las perspectivas de trabajo pedagógico en esta dirección, que tan necesario es para la buena formación de los ingenieros del futuro.

RECUENTO HISTÓRICO

Nuestra experiencia docente en el campo de la Física se remonta al decenio de los años sesenta. Comenzaremos por decir que para ser un buen físico se requería ser un buen calculista. La introducción de los computadores en el ámbito universitario en dicha época, proporcionó una herramienta muy poderosa para la realización de los cálculos complicados que se debemos hacer los físicos. Nosotros comenzamos a utilizar los computadores, no sólo con propósitos investigativos sino también con propósitos didácticos. Por aquella época la única unidad de salida que existía, era prácticamente una máquina de escribir controlada por el computador; difícilmente podríamos darle a una de esas máquinas el nombre de impresora.

Una de las mayores aplicaciones, realizadas por nosotros y por varios de nuestras colegas, tanto en la Nacional como en otras Universidades, consistía en la solución de ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias como parciales, utilizando métodos numéricos. Evidentemente esto dio origen a la posibilidad de simular fenómenos físicos en los computadores digitales, aun a pesar de que las velocidades de procesamiento de aquella época eran muy bajas comparadas con las de todos los que conocemos hoy en día.

Más tarde vinieron muchas otras personas que utilizaron el computador, ya no como una simple calculadora, sino como una poderosa herramienta para el manejo de grandes cantidades de datos, que requerían de un procesamiento matemático y estadístico; el fin último de este manejo es hacer modelos de fenómenos mucho más complicados de los que se modelaban mediante ecuaciones diferenciales. El ejemplo más notable de este tipo de aplicaciones, es sin la menor duda la meteorología. La tesis de Magister Scientiae de uno de nosotros (Fabio González), elaborada en el decenio de los setenta, contiene un ejemplo de estos trabajos, que hubieran sido imposibles de realizar sin los computadores y los periféricos correspondientes, tales como, unidades de almacenamiento masivo e incluso graficadores electromecánicos automáticos (plotters). Esta tesis por ejemplo, hubiera requerido del trabajo de centenares de personas para llegar a resultados similares, y con seguridad también se hubiera necesitado un tiempo mucho mayor.

El acelerado desarrollo de la tecnología puso a nuestra disposición herramientas mucho más poderosas en nuestros propios escritorios (Desktop), e incluso en nuestras casas (Personal Computer o PC). Los periféricos también progresaron en forma realmente explosiva. Esto nos brindó ya a mediados del decenio pasado de los ochenta la posibilidad de simular, no solamente fenómenos relativamente sencillos, como el movimiento de cuerpos unidos a resortes, planetas alrededor del sol, y muchos otros de Física elemental, sino también fenómenos de Física avanzada en las fronteras del conocimiento a la escala atómica. Así fue como nosotros pudimos mediante las herramientas de visualización disponibles, presentar en forma de una película, muy similar al cine convencional, secuencias de fenómenos que ocurren a la escala atómica en dimensiones del orden de la mil millonésima de un metro y tiempos del orden del mil millonésimo de un segundo. Una muestra de esta película en formato de video, la presentaremos a los asistentes.

Evolución de la tecnología en el tercio final del presente siglo

1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000

Desarrollo de software para la simulación de procesos físicos en física básica y en física atómica.

- Computador IBM 360
- Primeros computadores de mesa HP 9100B, HP 9830A y otros
- Texas Instruments TI 990
- Tandy Radio Shack
- Macintosh, Atari y Amiga
- MS-DOS
- Windows sobre DOS
- Windows 95, Windows NT, etc
- Fortran
- Basic
- Pascal
- Visual Basic, C, Java

Manejo de periféricos de entrada y salida

- Gráficas xy Plotter HP
- Monitores a color de baja resolución
- Monitores a color de alta resolución
- Cámaras de video
- Digitalizadores
- Scanners
- Animaciones
- CDROM
- DVD
- Internet Multimedia
- Applets

INNOVACIONES DIDACTICAS

Nuestro esfuerzo está encaminado a conseguir plataformas que combinen todas las tecnologías existentes de texto, gráficos, redes de datos, animaciones, videos, experimentos reales, etc., que les permitan a los estudiantes de cualquier ciencia alcanzar velocidades de asimilación acordes con el ritmo acelerado con el que actualmente se genera el conocimiento. Nuestra experiencia nos ha mostrado que procesos de aprendizaje que exigían grandes esfuerzos de abstracción, se ven facilitados en su comprensión con la ayuda de los multimedios adecuadamente utilizados.

Por ejemplo, la simple solución de una ecuación de diferencial, hoy puede realizarle en tiempos mucho más cortos que antes, y permitiendo en las pantallas de los computadores visualizar, no solo una solución puntual, sino familias completas de soluciones mostradas en forma gráfica. Lo que antes unos pocos sabios imaginaban, hoy puede ser entendible en el los salones de clase por grandes cantidades de estudiantes, gracias a las capacidades de los computadores modernos de procesar velozmente y almacenar grandes cantidades de datos.

La simulación de procesos ha sido una herramienta vital utilizada recientemente en todos los campos del conocimiento con el fin de hacer investigación fundamental y aplicada. La realización de muchos experimentos científicos es ciertamente muy compleja y difícil de entender, incluso por las personas altamente calificadas dedicadas a dichas investigaciones científicas. Con la ayuda de los computadores y los multimedios modernos, hoy es posible que todo el mundo pueda entender mediante visualización en las pantallas de los computadores la naturaleza de fenómenos inaccesibles directamente a los sentidos con los que cuenta el hombre, e incluso a los instrumentos que se han desarrollado para la extensión los mismos.

Una característica que tienen los multimedios modernos es su interactividad, la cual en el caso no solamente de la física sino de otras ciencias, puede ser utilizada para cambiar los parámetros de los procesos naturales simulados, permitiendo obtener respuestas muy rápidas. Esto obviamente contribuye a acelerar la comprensión de todos los fenómenos que le interesan al hombre.

Nosotros, desde hace varios años y aún hoy en día, seguimos proponiendo la construcción de "aulas" de clase que utilicen los multimedios modernos. Escribimos aulas entre comillas porque puede ser aula el dormitorio mismo del estudiante, dotado de un PC con multimedios o una conexión a la red INTERNET. Obviamente en los centros educativos, escuelas, colegios y universidades, también deben existir aulas dotadas de computadores y multimedios para la educación de grandes cantidades de alumnos.

SISTEMAS EXPERTOS Y SISTEMAS DE AUTOR (AUTHORWARE)

Los primeros sistemas de computadores fueron sistemas esencialmente secuenciales donde el conjunto de elementos materiales (hardware) era programado secuencialmente. El conjunto de

todos esos programas, incluyendo los sistemas operativos y los programas más corrientes constituyen lo que se conoce con el nombre inglés de software. El uso de estas herramientas computacionales más modernas con el fin de transmitir no simplemente datos, sino conocimientos ha requerido de la introducción de técnicas que combinen bases de datos, gráficas, simulaciones, animaciones, videos y hasta sonidos y lenguajes naturales, de una manera interactiva. Los sistemas resultantes se han venido denominando sistemas expertos y sistemas de autor.

Uno de los sistemas más notables que cabe dentro de esta categoría es el MATHEMATICA. Otro algo más conocido es el SAS (Statistical Analysis System), o el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). En Física no existe un sistema parecido. Ejemplos de esfuerzos relativamente pequeños y poco conocidos son por ejemplo los de Carlos Díaz en la Universidad del Valle y de Guillermo Fonthal en la Universidad de Maracaibo, quienes rápidamente asimilaron las ideas publicadas durante varios años en el American Journal of Physics por John R. Merrill y algunos de nosotros en la Universidad Nacional. Otro ejemplo muy notable lo constituye el conjunto de simulaciones de Física realizadas por un grupo de la Universidad de Stanford liderado por Blas Cabrera, quienes hicieron un conjunto de simulaciones que cubren gran parte de la Física, y donde la interactividad aparece como una característica esencial y es manejada magistralmente para que los estudiantes puedan realizar experimentos de física en el computador. Entre otras cosas vale la pena mencionar como varios de los experimentos del grupo de Cabrera, son casi imposibles de realizar en el laboratorio, pero son muy importantes para el aprendizaje de la Física.

EJEMPLOS TRABAJADOS EN EL GRUPO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

Los dos problemas más importantes que se estudian en la física elemental son el oscilador armónico y el sistema planetario. En ellos se usa la segunda ley de Newton en la siguiente forma: conocidas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se quiere saber cual es el movimiento del mismo. Esto requiere la solución de ecuaciones diferenciales, que por más conocidas que sean, no son en modo alguno triviales de resolver. La ecuación de movimiento del oscilador armónico unidimensional ya es bastante complicada. Sin embargo los computadores nos han permitido resolver numéricamente esta ecuación en forma muy sencilla. Aunque en este caso existe una solución analítica, la solución numérica tiene una enorme ventaja desde el punto de vista puramente didáctico; la solución numérica solo requiere de operaciones elementales tales como sumas y multiplicaciones. La solución numérica requiere de algoritmos muy sencillos susceptibles de ser programados en cualquier lenguaje de computador. Por más que los profesores universitarios nos quejemos de la ignorancia de los bachilleros, tenemos que reconocer que ya existe alguna alfabetización o ilustración en materia de lenguajes de computador. Cualquier estudiante de primer año, y en especial de ingeniería, puede programar en BASIC, PASCAL o C. Con herramientas de software más poderosas como MATHEMATICA, la cual ilustramos a la audiencia de este evento, la programación resulta realmente muy, pero muy fácil! Incluso herramienta pensadas para aplicaciones comerciales, tales como las famosas hojas

electrónicas de cálculo, permiten fácilmente la solución numérica de la ecuación de movimiento de Newton.

Los parámetros del oscilador son la constante del resorte k la masa del cuerpo m . Ver como se afecta el movimiento cuando se cambian estos parámetros, resulta ser muy sencillo. La interactividad que hemos mencionado arriba se presenta aquí de manera muy clara, y puede ser aprovechada ventajosamente para que los estudiantes comprendan la naturaleza del movimiento de un oscilador armónico. Con el movimiento planetario el problema es conceptualmente el mismo, pero la complejidad aumenta ligeramente al estudiarse un movimiento en dos dimensiones y la fuerza ya no es tan sencilla como una fuerza elástica proporcional a la deformación del resorte; es una fuerza que disminuye con el inverso del cuadrado de la distancia a la que se encuentra el planeta desde el sol. En este caso la simulación resulta absolutamente necesario porque no se pueden hacer experimentos.

Nosotros hemos hecho varias simulaciones en idioma español, e incluso hemos intentado comercializarlas a través de la prestigiosa firma de software nacional Kimera. Con los desarrollos más recientes en la intercomunicación de computadores a través de la red Internet, podemos tener a disposición una enorme cantidad de trabajos de características muy similares al nuestro. Los últimos desarrollo de Applets (Aplicaciones pequeñas), que utilizan el lenguaje JAVA permiten poner a disposición de todo el mundo en la red una gran cantidad de simulaciones animadas por computador e incluso sistemas de laboratorios virtuales, como se les denomina. Nuestro propósito es ahora poner en la red las aplicaciones más importantes que hemos realizado.

Nuestras simulaciones que representan el movimiento de las distribuciones de carga electrónica en el interior de los átomos, constituyen sin duda una herramienta muy poderosa para la ingeniería del próximo siglo. La llamada nanotecnología requerirá del conocimiento detallado de las leyes que gobiernan el movimiento de los electrones en los átomos y moléculas, y es entonces importante que los estudiantes de ingeniería tengan unos conocimientos fundamentales acerca de estos fenómenos que ocurren a la escala atómica, es decir, a la escala de los nanómetros.

Con la globalización de la información creemos que ya no es necesario hacer desarrollos de física computacional en todos los campos de la misma, sino que se debe desarrollar un sistema que permita acopiar toda la información que existe mundialmente, para que sirva de soporte a un curso de Física para Ciencias e Ingeniería. Obviamente será necesario desarrollar materiales audiovisuales distintos del computador, el cual todavía no está presente de manera ubicua en nuestra sociedad. Incluso pensamos que si es necesario se tendrán que seguir haciendo acetatos para los proyectores convencionales y material en papel que pueda llegar a todos los estudiantes.

Aunque el desarrollo de actividades puramente científicas que contribuyan a esclarecer las leyes que gobiernan los fenómenos de la naturaleza, es una labor obviamente importante, el desarrollo de aplicaciones tecnológicas no es menos importante; y sin vacilaciones decimos que más importante! A manera de ejemplo, presentamos el caso de la meteorología, donde se presentan fenómenos de gran complejidad. Las ayudas computacionales y de multimedios modernos nos han permitido presentar en forma muy rápida y fácilmente comprensible para todas las personas, como es que cambia el clima del país en el curso del año. Llevar estos resultados a una presentación en PowerPoint como las que vemos en esta reunión, o a videos en los sistemas caseros disponibles casi universalmente, e incluso a acetatos o papel, es una tarea que debemos realizar no solo en la meteorología, sino en todos los campos de la tecnología, y en particular en las más diversas ramas de la ingeniería.

CURSOS MAGISTRALES DE MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL, SEDE BOGOTÁ

**Por Gladys A. Villamarín T.
Departamento Matemáticas y Estadística Of. 342
Universidad Nacional, Sede Bogotá
Tel : 3165000 Ext. 13163
Fax : 3681431**

RESUMEN DE LA PONENCIA

CURSOS MAGISTRALES DE MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL, SEDE BOGOTÁ

**Por Gladys Villamarín
Profesora Asociada
Universidad Nacional
Depto de Mat. y Estadística**

Introducción: Durante la rectoría del Dr. Antanas Mockus y como parte del plan de desarrollo diseñado por Vicerrectoría Académica de la época, se impulsó la metodología *“Las Pedagogías intensivas para la enseñanza de las ciencias básicas”*.

Siguiendo esta directriz, el Departamento de Matemáticas y Estadística, implementó la modalidad de los *“Cursos Magistrales”*.

El tema central de la ponencia, como sugiere su título girará en torno a este tópico, ampliamente comentado, criticado pero no evaluado tanto por profesores del área como de ingeniería, y por los directamente involucrados (los estudiantes).

El trabajo consta de dos partes:

- 1) Análisis de esta modalidad pedagógica, el cual incluye:
 - a) Aportes positivos al proceso de enseñanza - aprendizaje.
 - b) Fallas detectadas.
 - c) Inconveniencia en su aplicación, tal como se planteó.
- 2) Sugerencia de una propuesta en donde se combinen: clase magistral, clase tradicional y uso del computador.

Introducción. La modalidad "*Curso Magistral*" ha sido implementada en diferentes etapas de la vida académica de la Universidad Nacional, sede Bogotá, siempre con el propósito de mejorar la enseñanza de la matemática y de la Estadística. Se han utilizado las herramientas y medios audiovisuales disponibles en la época.

El período que registra esta ponencia es el comprendido entre los años 92 y 95. Se inició durante la rectoría del Dr. Antanas Mockus quien impulsó las políticas de "*Las Pedagogías Intensivas*", para la enseñanza de las ciencias básicas. Se interrumpió por decisión de las directivas del Departamento de Matemáticas y Estadística (1995 -1996).

En el profesorado de esta dependencia de la universidad ha existido siempre la inquietud y el interés por mejorar la calidad de la docencia.

1. ANÁLISIS DE LA MODALIDAD

1.1 Descripción.

Para la regencia de la cátedra, la primera clase semanal de 2 horas se dictó en un auditorio a los tres grupos asignados al docente, cuyo número de alumnos oscilaba entre 100 y 120, estas dos horas constituyeron la clase magistral, allí se hizo uso primordialmente de acetatos donde se consignaba lo fundamental y relevante de los temas correspondientes a esta semana.

Los estudiantes y según el profesor, tuvieron la oportunidad de formular preguntas, para otros esta posibilidad no se dió.

Cada grupo por separado asistía a otras 3 horas de clase donde se profundizaba sobre los temas tratados en la magistral, se aclaraban dudas y se trabajaban ejercicios relacionados con el material visto. Una de las responsabilidades de los estudiantes para estas 3 horas era la de exponer los ejercicios seleccionados de manera cuidadosa. Hubo 3 parciales, un examen final y uno de habilitación, todos con los temas iguales.

1.2 Aportes Positivos Al Proceso De Enseñanza - Aprendizaje.

1.2.1 A docentes.

El grupo profesoral involucrado en este programa, laboró con mística y compromiso. Hubo preocupación por elaborar un material didáctico de óptima calidad, se presentó la oportunidad de redactar buenas notas de clase, el diálogo entre profesores de una misma asignatura fue constante a lo largo del semestre por la necesidad de diseñar las pruebas. Se ejerció control sobre ellos en cuanto a cumplimiento y cubrimiento de temas.

1.2.2 A los estudiantes.

Se pretendía que adquirieran disciplina de estudio, que crearan el hábito de prepararse sistemática y metódicamente y no la víspera de la pruebas, que vista la magistral efectuarán una mínima (por lo menos) consulta bibliográfica, o en su defecto al docente, sobre aquellos tópicos que hubiesen quedado confusos.

Todos tuvieron las mismas oportunidades y las mismas responsabilidades. De manera semiorganizada cuestionaron la metodología.

1.3 Fallas Detectadas.

No se estructuró el método con la debida anticipación. No hubo una preparación adecuada y de cierta manera se improvisó. No hubo análisis sobre encuestas realizadas a estudiantes de algunas asignaturas. La gran mayoría de los estudiantes no se atrevieron a preguntar durante la clase magistral, ya fuese por timidez para expresarse ante grupos numerosos, o por la falsa convicción de que en una clase magistral, sólo se escucha, no se cuestiona (falta de explicación por parte del docente, en esta última situación). El número de estudiantes que asiste al 100% de las clases es muy reducido, con esta modalidad se incrementó el ausentismo.

1.4. Inconvenientes En Su Aplicación.

La metodología era aplicada para estudiantes con gran disciplina de estudio, disciplina adquirida desde los años de educación básica-elemental y básica-media.

A la gran mayoría no les fue simpática, la sintieron muy despersonalizada, poco práctica y poco ajustada al facilismo.

Algunos seres humanos no aceptan fácilmente los cambios. La idea fue buena pero faltó análisis suficiente sobre ella. Las estadísticas señalan que la mortalidad académica se mantuvo.

2. SUGERENCIA PARA LA NUEVA MODALIDAD CURSO DE 5 HORAS.

Uno de los retos de un docente comprometido con su tarea, debe ser el de lograr la menor mortalidad académica sin sacrificar la exigencia y la excelencia, para lograr este objetivo debe de estar dotado de capacidad para la autocrítica que le permita reflexionar sobre las fallas cometidas para así introducir innovaciones en el desarrollo de su cátedra, investigar para no caer en la repetición.

En el ocaso del Siglo XX, los avances de la informática proveen herramientas que permiten en cierta manera este cometido, sin que se incurra en el peligroso error de convertir al ser humano en esclavo de la máquina, carente de capacidad de análisis y de sensibilidad humana y social.

Una metodología que podría ser exitosa consiste en utilizar la clase magistral para explicar la parte conceptual de los tópicos a tratar en la semana. Con anterioridad a esta sesión el estudiante recibe por escrito el respectivo material; de esta manera tendría de antemano información.

En las tres horas restantes destinadas a la explicación y ampliación de los temas, se desarrollan en forma analítica y rigurosa problemas y ejercicios; una o dos de ellas se dedican cada dos semanas a trabajar en el computador, haciendo uso de uno de los programas Scientific Word, Matemática, Derive o cualquier otro que se compruebe sea el más conveniente.

La selección de los problemas planteados en lo posible se debe ajustar a aplicaciones relacionadas con cada una de las carreras; algunos docentes no hacen diferencia entre la cátedra dictada a matemáticos y la dirigida a ingenieros. Lo anterior desmotiva al estudiante hecho que tiene como consecuencia una gran pérdida de recursos humanos.

Sólo con mística, compromiso y humildad lograremos formar los profesionales y científicos del Siglo XXI, y lo más importante ciudadanos provistos de grandes valores humanos.

UNA EXPERIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LOS FLUIDOS Y TERMODINAMICA EN LA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Ivan Morales, Antonio Mejía, Jaime Villalobos, Carlos Muñoz, Universidad Javeriana

RESUMEN

Es una experiencia elaborada en el Departamento de Física de la Universidad Javeriana al programa de Física II (fluidos y termodinámica) para las carreras de Ingeniería Civil, Industrial y Electrónica, que se comenzó a aplicar desde 1994 por que se detectó que los propósitos de esta asignatura no se estaban cumpliendo, lo que nos llevó a replantear los contenidos programáticos y el enfoque. Con esta experiencia logramos darle al estudiante una visión de la física más cercana a su realidad, buscando la generalidad del conocimiento independiente de su disciplina y acercándolo a las bases de la tecnología a partir de una visión microscópica de la materia creando la necesidad del trabajo interdisciplinario entre las diferentes áreas del conocimiento como el caso de la Ingeniería.

1. DIAGNOSTICO

En 1993 se realizó una encuesta a estudiantes de Ingeniería de la Universidad Javeriana sobre la asignatura de fluidos y termodinámica y como resultado se encontró que no le veían aplicabilidad y coherencia dentro del plan de estudios, hecho que nos llevó a reflexionar sobre el enfoque y los contenidos sin cambiar la estructura metodológica y que simultáneamente se pudiera aplicar a las tres ingenierías (Civil, Electrónica e Industrial).

1.1. De los contenidos: aparentemente se soluciona de forma simple, partiendo de las necesidades para cada una de estas carreras y para la que esta asignatura debe ser soporte real desde el punto de vista conceptual, encontrando necesidades como la línea de aguas y termodinámica en Civil, termodinámica y procesos en Industrial, electricidad y magnetismo, ondas y en general problemas de conducción eléctrica en Ingeniería Electrónica.

Luego de este análisis se pudo establecer un contenido básico que básicamente era el mismo que el programa que se estaba dictando de tiempo anterior .

1.2 Del enfoque: se hizo el análisis del enfoque que se impartía en esta asignatura y se encontró que se desarrollaba macroscópicamente permitiéndole al docente ser tan general como él quisiera con la presentación de los temas o por el contrario ser riguroso en unos tópicos descuidando otros . Esta falta de uniformidad la consideramos nosotros como el factor importante a solucionar y sobre ella se establece la propuesta.

2. JUSTIFICACION

La Física como área del conocimiento juega un papel importante en la Ingeniería por que parte de una realidad ser detectada a través de los sentidos y/o medidor buscando lo invariante, lo que se conserva, pasando esta realidad a un plano mental y como resultado se propone un modelo teniendo como base un simbolismo lógico y del cual se derivan leyes, dándole una interpretación a esa realidad que a su vez se valida con el experimento (real o mental).

Lo interesante del modelo es que a partir de este se pueden prever y establecer comportamientos temporales o atemporales de los problemas objeto en ingeniería y otras áreas del conocimiento; esta es la real importancia de la Física .ES UNA HERRAMIENTA CONCEPTUAL .

En la Física clásica hay dos visiones : macroscópica y microscópica . Estas visiones no compiten, no son excluyentes; son complementarias. La visión macroscópica se sustenta a partir de las interacciones entre la naturaleza y estas son detectadas por los sentidos o instrumentos (cambios de velocidad) susceptibles de medir y bajo un modelo propuesto se validan. Estos modelos son determinísticos , mientras en la visión microscópica la realidad es el producto de interacciones entre las constituyentes elementales de la materia o entre estas y ondas que dan como resultado efectos macroscópicos medibles a través de instrumentos y que obviamente deben ser coherentes con los modelos establecidos.

Las ventajas de una visión con respecto a la otra las podemos resumir:

VISION MICROSCOPICA

Permite construir conceptos , generalizar y desbordar las fronteras del conocimiento.

Generalizar a estados de no equilibrio.

Comprender el equilibrio.

Los sistemas de muchas partículas se pueden restringir de acuerdo a las necesidades sin perder generalidad.

VISION MACROSCOPICA

La conceptualización ocurre a partir de principios fundamentales tomados como dogmas.

Genera dificultad en el estudiante para entender lo universal y aplicarlo.

Se estudian casos particulares de equilibrio.

No hay una clara interpretación como en el caso del gas ideal que se define a partir de unas variables de estado.

3. PROPUESTA

Para nuestro propósito en este caso particular de la enseñanza de los fluidos y la termodinámica donde su visión es totalmente macroscópica, se propuso la realización de un curso de Física con orientación microscópica (física molecular clásica) basados en la complementareidad de las dos visiones y además permitía solucionar los conflictos que a continuación se enunciarán:

Establecer un cuerpo de contenidos programáticos que cumplan doble función:

Dar un manejo conceptual básico y único para todas las ingenierías de la Universidad Javeriana como son los de flujo, fenómenos de transporte, densidad, presión, temperatura, fundamentales para Electrónica, Civil e Industrial.

Unificación de los contenidos evitando la posibilidad de profundizar un contenido más que otro por que la visión microscópica es única, independientemente del profesor que la dicte.

Acercar al estudiante al fenómeno, por que su carácter microscópico explica el porqué del comportamiento macroscópico y con el apoyo del laboratorio se refuerza este marco conceptual posibilitando la aplicación particular de cada disciplina.

Mostrar al estudiante una noción cercana al trabajo real de la Física darle la posibilidad de conocer campos concretos donde hay producción de tecnología y acercamiento a la instrumentación como es el caso de bajas presiones bombas de vacío, termometría y aplicaciones.

Inter-relacionar las diferentes ramas de la Física y mostrarla como una unidad.

Desdibujar las fronteras entre las ciencias naturales y las áreas consideradas profesionales para los estudiantes de Ingeniería.

3.1 CONTENIDOS PROGRAMATICOS DE LA PROPUESTA

El programa se divide en siete capítulos , de los cuales el último es realizado parcialmente en laboratorio.

Capítulo 1 Propiedades mecánicas de los sólidos

Se dan las nociones acerca de la elasticidad y se definen conceptos como presión , esfuerzos todo desde el punto de vista macroscópico para ser utilizados en mecánica de fluidos, resistencia de materiales, estática , campos y ondas . Se introducen ayudas matemáticas como vector de superficie y proyección de superficies.

Capítulo 2 Gases

Básicamente es un capítulo de teoría cinética, allí se deduce la ecuación de estado para el gas ideal, de allí se construye el concepto de densidad, temperatura, presión a partir de consideraciones totalmente microscópicas . Tiene aplicación en los cursos de electricidad y magnetismo, termodinámica y procesos y todas las áreas de la física.

Capítulo 3 Hidrodinámica

Complementada con el capítulo de teoría cinética se llegan a nociones importantes como el concepto de línea de flujo, flujo, corriente para aplicarse en mecánica de fluidos, electricidad y magnetismo.

Capítulo 4 Termodinámica

Se estudia la termodinámica como generalización de los experimentos y se complementa con la teoría cinética. Este capítulo incluye la ley cero la primera y segunda ley.

Capítulo 5 Mecánica estadística

Se refuerza lo visto en el capítulo anterior , se introducen conceptos como probabilidad, funciones de distribución (Maxwell – Boltzmann) y se explica la entropía desde el punto de vista microscópico.

Capítulo 6 Fenómenos de transporte

Se generaliza la ecuación de transporte y se aplican a la conducción, difusión, viscosidad, circuitos térmicos.

4. SEGUIMIENTO A LA PROPUESTA

En el primer semestre de 1997 se realizaron entrevistas a tres profesores de termodinámica vinculados a Ingeniería Civil e Industrial y las notas definitivas de sus cursos desde el segundo semestre de 1993 hasta el primer semestre de 1997 y encuestas a ochenta alumnos de Ingeniería Civil e Industrial que habían cursado las asignaturas de termodinámica y mecánica de fluidos de Ingeniería Industrial y Civil respectivamente. Como las muestras tomadas excluyen a estudiantes de Ingeniería Electrónica y otro tipo de asignaturas cuyo pre-requisito es la física de fluidos y termodinámica mostraremos resultados cualitativos que consideramos importantes para este propósito.

4.1. Respecto a las entrevistas con los profesores

Hay un cambio positivo por parte de los estudiantes frente a las asignaturas de termodinámica tanto en actitud como de estructura conceptual que les permiten abordar el curso con menor dificultad que se manifiesta en mejores resultados en sus cursos. Lo anterior coincide con las notas definitivas.

Recomiendan trabajar más la interpretación microscópica de la segunda ley.

4.2. Respecto a las encuestas aplicadas a estudiantes

La totalidad de los encuestados reconocen que la nueva estructura en la física de fluidos y termodinámica les permiten abordar la termodinámica y la mecánica de fluidos sin dificultad.

La totalidad reconocen el laboratorio de esta física sirve para aclarar la aplicación de la física a problemas reales.

El sesenta por ciento reconoce que con el nuevo enfoque cambiaron la concepción de la física.

La totalidad la consideró dentro de las asignaturas más importante dentro de su semestre académico.

La mayoría propone cambios no de enfoque sino metodológicos por el grado de complejidad que involucra esta asignatura.

CONCLUSIONES

A pesar de la heterogeneidad de los cursos se realizan exámenes globales para garantizar el nivel y mejoramiento de la asignatura.

Se garantiza una mejor comprensión de los fenómenos físicos en forma genérica y su aplicabilidad y conexión al plan de estudios de cada Ingeniería.

Ha cambiado la actitud de los estudiantes disminuyendo la mortalidad académica en asignaturas donde es pre-requisito.

Los estudiantes tienen la opción de acercarse a la tecnología.

Los laboratorios permiten la aplicación concreta.

Es un ejemplo de acercamiento al trabajo interdisciplinario.

La enseñanza de la física debe partir de lo fundamental.

La necesidad de conformar un grupo de profesores del Departamento de Física y profesores de Ingeniería para tratar temas como la metodología para la enseñanza de las ciencias naturales.

7. BIBLIOGRAFIA

MATVEEV, Física Molecular, 1987, Moscú.

KIKOIN, KIKOIN, Física Molecular, 1979 Moscú.

M. ALONSO, E. FINN, Física, 1995, México.

D. ROLLER, R. BLUM, Física, 1982, Barcelona.

ANÁLISIS DE LA ENSEÑANZA DE LOS CURSOS DE MATEMÁTICAS EN LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA

1997

Doris Hinestroza G., Guillermo Valdés R.

Universidad del Valle

Facultad de Ciencias

Departamento de Matemáticas

Resumen : Se analiza la situación de los cursos de matemáticas que toman los estudiantes de ingeniería en sus dos primeros años en la Universidad del Valle. Más precisamente, se analiza el problema de las altas tasas de los estudiantes que pierden estos cursos y se presentan dos modelos pedagógicos que podrían disminuirla.

1. LOS CURSOS

Los cursos por semestre en matemáticas para las ingenierías son los siguientes :

Semestre	Cursos	
Primero	Cálculo I	Geometría Vectorial
Segundo	Cálculo II	Algebra Lineal
Tercero	Ecuaciones Diferenciales	

Esta es la secuencia tradicional de las matemáticas para ingeniería.

2. MODELOS EN USO

A nivel nacional se identifican tres modelos:

1. Los estudiantes comienzan con cursos de nivelación, que pretenden preparar a los alumnos para el cálculo y el álgebra lineal.
2. Los estudiantes comienzan con un curso especial de cálculo, que incluyen temas de preparación para el cálculo (un período muy corto de 4 a 6 semanas), que incluye a la geometría analítica.
3. Los estudiantes entran directamente al curso de cálculo, sin considerar temas preparatorios.

En la realidad el modelo 1 tiende al modelo 2.

La Universidad Nacional pasó del 1 al 3 y actualmente se discute sobre la conveniencia del regreso al modelo 1.

Muchos autores de textos escolares escriben textos para el modelo indicado en 2. Los textos se suelen llamar *Cálculo con geometría analítica*.

3. EL NIVEL DE LOS CURSOS EN LA UNIVERSIDAD.

Hay que reconocer los contenidos nuevos de la secuencia tradicional de las matemáticas para ingeniería; estos contenidos nuevos son los que determinan en última instancia el nivel de formación matemática que los alumnos deben haber adquirido antes de su ingreso a la universidad o a la secuencia.

En el Cálculo convergen las formas elementales de las matemáticas, la geometría y el álgebra, con los procesos infinitos de las matemáticas superiores. Por otro lado, los cursos de Álgebra Lineal suponen una madurez matemática que asegure cierto grado de solvencia en el uso de los conceptos abstractos de función y de estructuras algebraicas. Además, las aplicaciones geométricas que se presentan en álgebra lineal y cálculo se basan en elementos básicos de la geometría analítica. Tanto los conceptos y elementos que acabamos de mencionar, como los procesos infinitos, adicional a que no son cultivados en el bachillerato, requieren para su dominio de las matemáticas elementales del álgebra y la geometría del bachillerato.

Como una consecuencia natural, el alumno que entra a la universidad directamente a la secuencia de cursos de matemáticas, si no tiene ni lo uno ni lo otro, está condenado al fracaso.

4. EL VERDADERO NIVEL MATEMÁTICO DE LOS PRIMÍPAROS.

El sistema de ingreso a la Universidad no exige el nivel de formación matemática que en la sección anterior describimos sucintamente, y no puede exigirlo, porque de hacerlo, una buena parte de los bachilleres que aspiran a ingresar a la universidad se quedarían por fuera.

Como no todos los estudiantes traen la formación requerida, es necesario darle la oportunidad al que no la tiene para que la adquiera. Muchos de ellos consecuentemente deben tomar cursos con modelos pedagógicos ajustados a su situación y que le permitan alcanzar dicho nivel.

En la Universidad del Valle sólo el 25% de los estudiantes tienen éxito en los cursos que se ofrecen en el primer semestre. En otras Universidades, este porcentaje se reduce a un 15 % cuando se incluye el curso de álgebra lineal. Esta anómala situación debe remediarse si queremos elevar el número de estudiantes de ingeniería con una buena formación matemática, este reto es ineludible por la creciente matematización de la ingeniería.

5. UN EXAMEN DE CLASIFICACIÓN

Hasta el año 1995 en la Universidad del Valle se realizaba un examen de clasificación que determinaba si el estudiante debería recibir un curso remedial de Matemática Fundamental y luego seguía la secuencia tradicional. Este examen permitió caracterizar la formación matemática del admitido a la Universidad del Valle y demostrar sus grandes carencias.

Desafortunadamente, el año pasado los estudiantes de ingeniería no tomaron este examen por decisión de la Facultad de Ingeniería. Este año se aplicará de nuevo, pero no será obligatorio para el estudiante tener en cuenta los resultados del mismo.

6. RESULTADOS PREOCUPANTES

En los últimos diez años ha aumentado la preocupación en la mayoría de las universidades del país y del mundo sobre el alto fracaso estudiantil en los cursos de matemáticas que se imparten a los estudiantes de ingeniería y de ciencias. Más del 40 % de los estudiantes en el primer semestre universitario pierden el curso de matemática fundamental, un curso que se supone "revisa" una parte de la matemática del bachillerato. Estas altas tasas podrían serlo más si no fuera por que en alguna medida los niveles de exigencia dependen del profesor y algunos acomodan su exigencia al nivel del grupo. Como consecuencia del fracaso escolar muchos estudiantes desertan o se atrasan en sus estudios universitarios; y una buena parte de ellos sufren un gran daño psicológico, social y económico.

Este problema del fracaso escolar en matemáticas es muy importante porque:

- Muestra la gran brecha existente entre las matemáticas del bachillerato y las de la universidad.
- Muestra la insuficiencia de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Tanto en el bachillerato como en la universidad.
- Hace muy difícil mejorar la calidad de nuestra enseñanza y la calidad académica de los profesionales que se forman en nuestras universidades.

7. OPINIONES ENCONTRADAS

Muchos profesores creen que la enseñanza de las matemáticas en el bachillerato es mala y que la universidad no tiene porque remediar esta situación. Ante este hecho la solución para ellos es hacer exámenes de admisión más exigentes. En nuestro concepto el problema no está en la selección, para nosotros cualquiera sea el instrumento de selección que se utilice llevará a la escogencia de prácticamente el mismo grupo de estudiantes. Es decir, entre los mejores aspirantes para los cupos de las universidades colombianas siempre tendremos un grupo considerable (más del 60%) de ellos sin la formación matemática que la secuencia tradicional exige.

Siendo, pues, realistas tenemos que reconocer que a la universidad llega una población estudiantil, a la que no se le pueden cerrar las puertas, con una formación matemática deficiente disímil; de tal modo, las universidades del país tienen la obligación de buscar métodos de enseñanza efectivos académicamente.

El fracaso escolar se refleja en los cursos de matemáticas para ingeniería.

Hay una corriente que apoya la idea de tener más cursos profesionales y, reducir, en consecuencia, los cursos de fundamentación. Otro grupo plantea la conveniencia de atender la transición del bachillerato a la universidad y darle la oportunidad al estudiante de tomar cursos remediales de matemáticas.

Ambas tendencias se pueden ver claramente definidas en los currículos de las diferentes carreras de ingeniería.

Dado que en ambos casos la tasa de los estudiantes que pierden los cursos de matemáticas es alta, la pregunta que surge es : ¿Por qué todavía se insiste en la posición 1?

8. MODELOS PEDAGÓGICOS PASIVOS.

En general la docencia se ha reducido al trabajo activo del profesor y el pasivo del estudiante. El estudiante escucha el "discurso" de su profesor. No hay interacción y no hay seguimiento del estudiante; y solo se sabe que tanto asimiló el estudiante cuando se hacen los exámenes parciales y finales. Es en este modelo donde ocurren las altas tasas de alumnos fracasados.

La explicación es clara, como hay un desconocimiento total de la gran diversidad de formación que tiene el estudiante y hay un grupo bastante grande de estudiantes que están inhabilitados para aprovechar y estudiar con éxito sus cursos, el fracaso es la norma. Una explicación adicional puede darse : como no hay un consenso acerca de los énfasis que deben darse en las carreras técnicas y el concepto de formación matemática que debe guiar tal enseñanza, cada profesor hace y deshace en sus cursos.

9. MODELO PEDAGÓGICO PROPUESTO.

Con base en un examen de clasificación, los estudiantes tomarán diferentes secuencias que se distinguirán no sólo por su contenido sino por tener un modelo pedagógico adecuado a las condiciones de los estudiantes. Hay que hacer un estudio de los cursos, de sus contenidos y de como mejorar el modelo pedagógico, para que los cambios metodológicos propuestos aseguren que los estudiantes con un nivel bajo de formación matemática aprovechan los cursos y superan las deficiencias.

Para definir el modelo hay que reconocer :

1. Los diferentes niveles de formación matemática que tienen los estudiantes que ingresan y ubicarlos de acuerdo a su nivel.
2. Buscar una forma de interacción profesor-estudiante para que los estudiantes participen más activamente en su propio proceso de formación. Para ello, el modelo de la clase tradicional debe cambiar a un método donde la clase expositiva sea sólo una parte y se acorte para dar cabida: a los controles de lecturas de guías de estudio preparadas especialmente, a los talleres y a la evaluación de tareas.

Este modelo deberá ayudar para que el estudiante aprenda a utilizar mejor su tiempo, sea más autónomo en su estudio, y más responsable de sus deberes.

El profesor tendrá seguramente más trabajo por el seguimiento del estudiante, pero esta mayor responsabilidad que tiene deberá ser retribuida por el mayor éxito de sus alumnos; la eliminación de la deserción escolar y de los cursos para repitentes, compensará económicamente los mayores costos de este sistema.

Como hacer que el modelo funcione.

1. Hacer una inducción al grupo de profesores que usarán este modelo.
2. Tener un grupo de asistentes de docencia. (También deben tener la inducción).
3. Tener preparada la guía para cada una de las clases que tendrá el estudiante.
4. Crear la interacción entre estudiante-estudiante y entre estudiante-profesor mediante el trabajo cooperativo. Se formarán grupos de trabajo de tres o cuatro estudiantes que trabajan en cada guía y en cada taller.
5. El trabajo independiente del estudiante se controlará mediante tareas, las cuales pueden elaborarse en grupos, exámenes cortos sobre las mismas tareas y con un examen final.
6. El profesor debe, en conjunto con su grupo de asistentes, hacer las revisiones de las tareas, de los exámenes cortos, que le serán devueltos al estudiante oportunamente con sus respectivas correcciones y soluciones.

10. UN ENSAYO DEL MODELO ANTERIOR

Este modelo se experimentó por primera vez en un curso de Cálculo II para 90 estudiantes, el semestre que acaba de terminar. Al finalizar el curso quedaron 73 estudiantes después de cancelaciones. Se tienen las siguientes observaciones y opiniones del curso por parte de estudiantes del mismo.

Favorables:

- El porcentaje de los alumnos que perdieron fue de un 20%.
- Hubo una gran aceptación por parte de los estudiantes en la metodología empleada. Según se puede deducir de la lectura de las encuestas.
- Hubo mucho más interés de los estudiantes en el curso de cálculo ya que tuvieron un aprendizaje continuo debido al seguimiento diario por parte de profesores y asistentes.
- Mayor satisfacción de los estudiantes y del profesor por el trabajo realizado.
- Se le da más confianza al estudiante ya que cuando el profesor conoce sus errores los puede corregir a tiempo

Desfavorables :

Los estudiantes con un número muy alto de cursos tienen dificultades para seguir el ritmo de trabajo. (Ver las encuestas).

11. COMPLEMENTO AL MODELO 1.

El modelo 1 se puede complementar con el uso del computador y con una mejora sustancial del ambiente de estudio.

Para tener el primer complemento es necesario:

1. preparar materiales especiales, o usar los textos nuevos que involucran el computador como una estrategia de aprendizaje.
2. La elaboración de tareas debe ser en forma diferente con el fin de involucrar el trabajo en el computador.
3. Incluso los mismos exámenes pueden involucrar el computador

Recomendaciones para mejorar el ambiente del aprendizaje :

- El aprendizaje debe ser activo, cooperativo.
- Debe haber mayor investigación, desarrollo y práctica de experiencias en metodologías de enseñanza para cursos de ingeniería.
- Mejorar el ambiente físico de estudio.
- El aprendizaje debe ser integral, es decir orientado a la formación de la persona más que a la simple transmisión de información.

Aunque estos complementos no se han implementado en la Universidad del Valle, el grupo de Educación Matemática de la misma universidad está escribiendo materiales sobre el uso del computador en la enseñanza de las matemáticas que podremos usar en un futuro y contribuir genuinamente al mejoramiento de la educación colombiana.

También en el Plan de Nivelación Universitaria se ha creado un ambiente de aprendizaje como el que aquí hemos esbozado.

12. LA REESTRUCTURACIÓN DE LA ENSEÑANZA HACIA EL SIGLO XXI

La enseñanza en el futuro será personalizada, el estudiante tendrá la oportunidad real de aprender un tópico al ritmo que considere conveniente. A las instituciones les debe interesar el incremento de la capacidad que tiene un individuo de aprender por su propia cuenta y no cuanto sabe. Se deben definir los contenidos mínimos que un estudiante de un determinado plan debe conocer para que el pueda estudiar por su cuenta los modelos matemáticos que se estudian en las materias profesionales de la carrera.

La enseñanza del futuro será exigente, si no podemos exigirle al estudiante, el sistema educativo no tendría sentido. El estudiante debe trabajar duro para alcanzar una buena formación. No existen caminos fáciles para el aprendizaje de la ciencia, la técnica o el arte. La universidad debe dar la oportunidad para el trabajo independiente supervisado.

13. ACCIONES FUTURAS.

1. Debe recuperarse la importancia que tenía el Examen de Clasificación. Es un instrumento que tiene dos fines: uno externo, que le da información a los colegios sobre el nivel mínimo de formación matemática que debería tener todo estudiante que quiere ingresar a una carrera de Ingeniería; a nivel interno debe servir para definir los modelos instruccionales adecuados para los grupos que resulten.
Este examen puede dar lugar a cambios curriculares que pueden ayudar a definir la flexibilidad curricular ; a adoptar modelos pedagógicos distintos, adecuados al nivel de formación y al nivel de educación del estudiante.
2. Mejorar el ambiente de aprendizaje, las ayudas tecnológicas deben ser parte normal en todo salón de clase. Además debería fomentarse el estudio de los problemas metodológicos y ambientales y su incidencia en el aprendizaje.
3. Debe haber mayor comunicación entre los programas de estudio y los departamentos, el trabajo en equipo dirigido hacia el mejoramiento de la enseñanza en todos los niveles debería ser preocupación de todos los estamentos en las Universidades.

14. BIBLIOGRAFIA

1. SOCIEDAD COLOMBIANA DE MATEMATICAS-ICFES, Propuesta de un plan nacional para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las Matemáticas, 1989.

2. GRUPO EDUCACION MATEMATICA, El problema del bajo aprovechamiento estudiantil en los primeros cursos universitarios de Matemáticas, Matemática Enseñanza Universitaria Vol. I, n° 1, 1990, pag. 51.

3. J. ALVAREZ, M. MARMOLEJO, Sobre el Bajo Aprovechamiento Estudiantil en los Primeros Cursos Universitarios de Matemáticas en la Universidad del Valle, Matemáticas - Enseñanza Universitaria Vol. I, n° 2, 1990, pag. 85.

APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DINAMICOS A LA INGENIERIA

Mauro Montealegre Cardenas
Universidad Surcolombiana
e-mail: nmonteal @ neiva-server 1.usucolombia.com

Resumen

Presentamos el desarrollo de un proceso para aplicar el enfoque "cualitativo" en el conocimiento de las dinámicas involucradas en los modelos matemáticos referentes a diversos campos del conocimiento, específicamente, como ejemplos relevantes, aquí relacionamos modelos matemáticos de: Fluidos, circuitos eléctricos y Reacción – Difusión.

Este enfoque conduce al conocimiento de los factores que afectan la Estabilidad Estructural de los equilibrios y los ciclos que aparecen en los flujos respectivos y detectar la presencia de dinámicas caóticas. Estudiar los modelos matemáticos desde la óptica cualitativa permite conocer los factores de evolución como son: Las tendencias, la caracterización de atractores, aspectos aleatorios implicados, además de la generalización a sistemas análogos.

La metodología es la siguiente: Descripción de los modelos (Significado de variables, parámetros y el proceso, expresión aproximada de modelo mediante una Ecuación Diferencial Ordinaria o de diferencias, a partir de las Ecuaciones Diferenciales Parciales Correspondientes); Estudio y clasificación de equilibrios; estudio de la estabilidad de ciclos y la presencia de otro tipo de órbita, reducir la dimensión por medio de las aplicaciones de Poincaré; soluciones y valores que pueden generar caos en el modelo, implicaciones para el conocimiento del fenómeno en cuestión. Existe abundante software para la simulación de estos procesos.

A) Equilibrios y Ciclos .

Un sistema dinámico generalmente tiene la siguiente presentación :

$$(A1) \quad \begin{cases} \frac{dx}{dt} = f_u(x), \\ x(n+1) = f_u(x(n)); \end{cases}$$

Donde x pertenece al espacio de fases o de comportamiento; t es el tiempo continuo en el caso de la primera ecuación, n es el tiempo discreto en el caso de la segunda ecuación; u pertenece al espacio de parámetros o de control; f_u es el campo vectorial que puede depender de parámetros. Nos interesa el grado de diferenciabilidad de f_u , con respecto a la terna (t, x, u) , en la mayoría de los casos es de clase C^1 .

1) Estudio y cualidad de los equilibrios.

Estos se consiguen haciendo la evolución dada por el sistema (A1) igual al cero del espacio de fase, esto es :

$$(A2) \quad f_u(x) = 0 ,$$

Para cada equilibrio, calculamos los valores propios del Jacobiano de f_u :

$$(A3) \quad Jf_u(x_o) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_u(x_o)}{\partial x_i} \end{bmatrix}$$

De estos valores propios, $\lambda_u = \alpha(u) + ib(u)$, nos interesa es el signo positivo o negativo de $\alpha(u)$ o si ocurre que para algún u_o , $\alpha(u_o) = 0$. En este último caso x_o es un punto de bifurcación y u_o un valor de bifurcación; ocurre que al perturbar un poco el sistema aparezcan dos equilibrios o no existan equilibrios para los sistemas próximos. Un equilibrio que bifurca puede generar un ciclo y un nuevo equilibrio, es la bifurcación de Andronov – Hopf. La presencia de bifurcaciones hace que el sistema (A1) deje de ser Estructuralmente Estable.

Un equilibrio se denomina equilibrio estable si $\alpha(u) < 0$ para todo u pequeño, inestable en el caso de $\alpha(u) > 0$, para todos los valores propios de (A3). En sistema sin bifurcación de equilibrio se tiene que : (A4) $a_i(m) a_j(u) < 0$ con $\lambda_u \in \mathfrak{R}$,

decimos que el sistema tiene un punto de silla en x_o . Ver Figura 1 para una muestra diversos tipos de equilibrio.

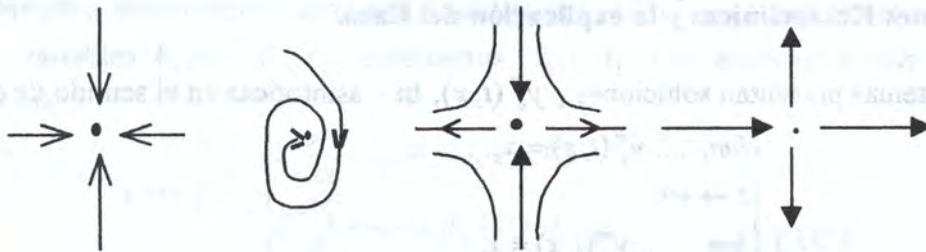


Figura 1. Equilibrios

2) Estudio y cualidad de los ciclos u órbitas periódicas.

Una órbita periódica, o un ciclo, aparece en un sistema (A1) cuando una solución y_u satisface,

$$(A5) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial y_u(t)}{\partial t} = f_u(y_u(t)), \end{array} \right.$$

Con $y_u(t, x) = y_u(t + T, x)$ para algún $T > 0$ y todo $t \in \mathfrak{R}$, T es el periódico de la órbita.

La cualidad de las órbitas se mide mediante la aplicación de primer retorno de Poincaré Π_u , definida sobre una sección transversal \sum_u a la órbita y_u : $\Pi_u : \sum_m \rightarrow \sum_u$,

La derivada de Π_u con respecto a $y \in \sum_u$ es dada por la siguiente relación:

$$(A6) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \Pi_u}{\partial y}(x_1) = \exp \left\{ \int_0^T \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| (y_u(t)) dt \right\}, \\ x_1, \dots, y_u(t, x_1) = y_u(t + T, x_1) \end{array} \right.$$

Ver (6).

Si $\frac{\partial \Pi u_0}{\partial y}(x_1) < 1$ la órbita es atractora, > 1 es repulsora, e igual a 1 la órbita periódica bifurca.

En este último caso la órbita periódica puede generar dos órbitas periódicas para un sistema f_u próximo de f_{u_0} , ver Figura 2. Si el sistema (A1) tiene ciclos que bifurcan, (A1) no es Estructuralmente Estable.

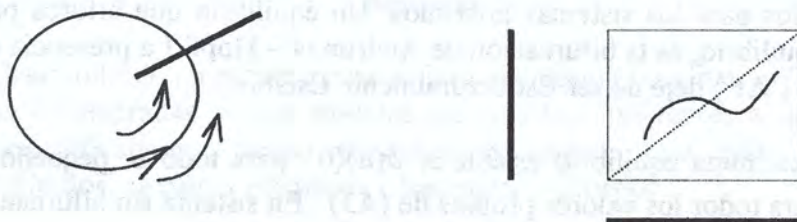


Figura 2. Órbitas periódicas o ciclos

B) Soluciones Homoclínicas y la explicación del Caos.

Algunos sistemas presentan soluciones, $y_u^H(t, x)$, bi-asintóticas en el sentido de que,

$$(B7) \begin{cases} \lim_{t \rightarrow +\infty} y_u^m(t, x) = x_0 \\ \lim_{t \rightarrow -\infty} y_u^m(t, x) = x_1 \\ x_0, x_1 \end{cases}$$

x_0, x_1 equilibrios del sistema. Este tipo de soluciones siempre produce bifurcaciones, ver (5). y_u^H , puede producir: una órbita periódica, dos órbitas periódicas, el fenómeno de duplicación homoclinica, una cascada de órbitas periódicas ver (8) ; inclusive órbitas Homoclínicas en \mathcal{R}^3 pueden producir el fenómeno de caos muchas veces explicable por la presencia dinámica de tipo Henón . Ver (7). Diversas posibilidades de órbitas Homoclínicas (o heteroclinicas en caso de que $x_0 \neq x_1$) se ilustra en la figura 3.

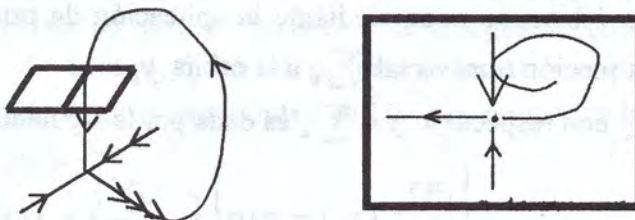


Figura 3. Órbitas Homoclínicas

C) Software Disponible para Simulación.

Entre otros son ampliamente conocidos los siguientes paquetes :

- 1) DYNAMICS, Yorke j. A (1991), Institute for physical science and Technology, University of Maryland.
- 2) AUTO, Software for continuation problems in ordinary Differential Equations with applications. California Institute of Tecnollgy , Pasadena.
- 3) PHASER, an animator / simulator for dynamical systems, Huseyim Kocak, department of Mathematic and computer science, University of Miami, hk@math.Miami . edu
- 4) HOM CONT : An auto 86 driver for homocline bifurcation analysis , versión 2.0, Archampaneys@bristol .ac.uk

D) Modelos Matemáticos Relevantes

1) Ciertos circuitos electrónicos con: tres conductantes G_1, G_2, G_3 ; capacitors C_0 y C ; una inductancia ; variables V_1, V_2 y I_L ; parámetros i_1, i_2, i_3 ; con ecuaciones que describen el siguiente sistema :

$$(D8) \quad \begin{cases} C_1 \frac{dV_1}{dt} = -i_1(V_1) + i_2(V_2 - V_1) \\ C \frac{dV_2}{dt} = -i_1 - i_2(V_2 - V_1) - i_3(V_2) \\ L \frac{dI_L}{dt} = V_2 \end{cases}$$

Su retrato de fases, o sea el ambiente con las soluciones, es presentado en la figura 4 . Para un estudio completo ver (4).

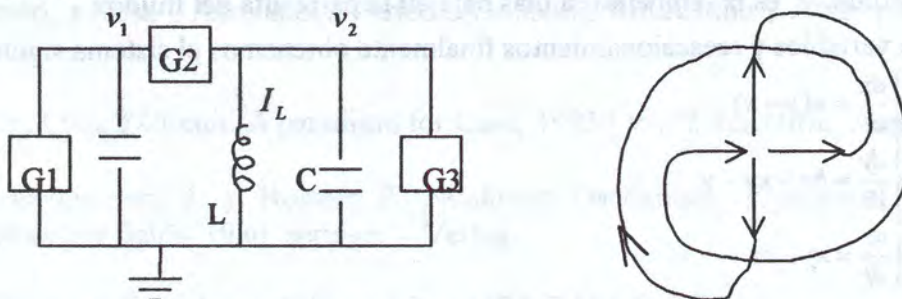


Figura. 4. Circuitos Eléctricos

2) Modelo de Lorenz.

En (1) se estudia un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales para representar un fluido hidrodinámico disipativo forzado; el cual se asume bidimensional. En el caso de Fluido atmosférico, sea (x,z) un plano perpendicular al suelo, el movimiento de fluido se debe al fenómeno denominado "Convección", se resume diciendo que "el aire caliente sube". Este

fenómeno fue ampliamente estudiado por Lorde Rayleigh . Modelo es bosquejado junto con su espacio de fase en la figura 5 .

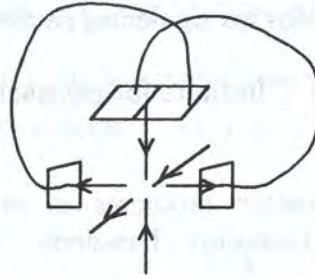


Figura 5. Modelo de Lorenz

Sean V_x y V_y los componentes de la velocidad del fluido y $\psi(x, y, t)$ la función del fluido, entonces el sistema satisface las siguientes relaciones:

$$(D9) \begin{cases} V_x(x, y) = \frac{\partial \psi(x, y, t)}{\partial y} ; \\ V_y(x, y) = -\frac{\partial \psi(x, y, t)}{\partial x} \end{cases}$$

Si $\rho(x, y, t)$ es la densidad del fluido, $p(x, y, t)$ es la presión, u es el coeficiente de viscosidad, g es la gravedad, $T(x, y, t)$ es la temperatura, tenemos el siguiente sistema de Navier - stokes:

$$(D10) \begin{cases} \rho \frac{\partial V_y}{\partial t} + \rho V_y \text{ gra } dV_y = -\rho g - \frac{\partial p}{\partial z} + u \Delta V_y, \\ \rho \frac{\partial V_x}{\partial t} + \rho V_x \text{ gra } dV_x = -\frac{\partial p}{\partial x} + u \Delta V_x, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + V \cdot \text{gra } dT = D_T \Delta T \end{cases}$$

Δ es el laplaciano, D_T es el coeficiente de difusión térmica .

El parámetro de control es $ST = T_w - T_c$, donde T_w es la temperatura mas alta que se tiene en la parte baja del fluido, T_c es la temperatura mas baja en la parte alta del fluido.

Por cambio las variables y reescalonamientos finalmente obtenemos el sistema siguiente:

$$(D11) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = a(y - x) \\ \frac{dy}{dt} = bx - xy - y \\ \frac{dz}{dt} = xy - cz \end{cases}$$

Donde "x" depende de $\psi(t)$, "y" de la diferencia vertical de temperatura, "z" la desviación con respecto a cambios lineales de temperatura ; a (Número de Prandtl), b (Número de Rayleigh), c (Rescalonamientos), son parámetros ; para ciertos valores de ellos, ($a = 10, b = 1, c = 8/3$), el sistema produce soluciones homoclínicos simétricos hacia una equilibrio . Al perturbar un poco el sistema (D11), variando un poco los parámetro, observamos dinámicas caóticos; es decir, si el sistema (A1) tiene soluciones homoclínicas no es Estructuralmente Estable.

3) La Ecuación de Reacción – Difusión

Relacionado con reacciones químicas, ver (3). En particular consideramos el siguiente caso:

$$(D12) \begin{cases} \frac{\partial y}{\partial t} = u - (1 + iR)|u|^2 u + (1 + ib) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\ \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=\pm 1/2} = 0 \end{cases}$$

donde i es la unidad de los números complejos , se pueden aproximar las soluciones de (D12) por Series de Fourier :

$$(D13) u(x,t) = \sum \{ a_n(t) \cos(2\pi x) + b_n(t) \sin(2\pi x) \} ,$$

con $a_0 = x(t) \in \mathfrak{R}$, $I_m b_0 = y(t) \in C$, $z(t) = \Re_e b_0 \in C$, C es el conjunto de números complejos.

En este sistema (x,y,z) tenemos un retrato de fase análogo al de Lorenz. Por consiguiente para algunos valores de parámetros aparecen dinámicas caóticas, es decir, el sistema no es Estructuralmente Estable.

Bibliografía

- (1) Edward Lorenz, Deterministic Nonperiodic Flow, Journal of the Atmospheric sciences, 1986, Vol 20, p.p 130-141
- (2) Charles R. Doering J.D Gibbon, Applied Analysis of the Navir-Stokes equations, 1995, Cambridge University prees.
- (3) Y. Kuramoto, s.Kosa ; Anomalous Periodic Doubling Bifurcations, 1982, physical letters, Vol 92A, # 1 .
- (4) Modam, R, Chua's Circuit: A paradigm for Chaos, 1993 (Word Scientific, Singapore).
- (5) Guckenheimer, J. y Holmes P. Nonlinear Oscilations, Dynamical systems, end Bifurcations of vector fields, 1980, springer – Verlag.
- (6) Jorge Sotomayor, Ecuaciones Diferenciales, 1980, IMPA Brasil.
- (7) J. Palis y F. Takens, Dynamics at Homoclinic Bifurcations, 1993, Cambridge University Press.
- (8) M. Montealegre C, Bifurcaciones Homoclinicas Resonantes, 1996, Universidad de Sao Paulo, Brasil.

LA MATEMÁTICA Y LA FÍSICA EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE INGENIERÍA. ALGUNOS INDICADORES

Jaime Malpica Angarita y José Jesús Martínez Páez

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA

RESUMEN

Se presentan los criterios para la realización de la reforma académica de los planes de estudio de la Universidad Nacional, los problemas a solucionar, cómo se inició la reforma de los planes de estudio de las carreras de ingeniería agrícola, civil, eléctrica, mecánica, química y de sistemas, de la Facultad de Ingeniería de la sede de Santafé de Bogotá, y cómo han sido algunos de sus resultados, según una evaluación posterior. En seguida se presenta una serie de gráficas sobre resultados académicos, indicados por el número de estudiantes inscritos, número de estudiantes que aprueban, y sus porcentajes de aprobación, para los cursos de matemática y física, antes y después de la reforma. Se busca que el lector observe estos indicadores y tome conciencia del desperdicio en los recursos.

1. REFORMA ACADÉMICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL

La Universidad inicia la reforma académica con la publicación de los Lineamientos sobre Programas Curriculares, en la Propuesta Académica No. 1 (mayo /89) y la Propuesta Académica No. 3 (noviembre /89), que luego se formalizaron en un acuerdo "Por el cual se aprueban los criterios para la organización de los programas curriculares de pregrado en la Universidad Nacional de Colombia" (Acuerdo No. 14 de 1990, del Consejo Académico)[2].

En términos generales los lineamientos acogidos para la modificación de los planes de estudio fueron :

1. Contextualización. Relación con el contexto nacional actual y proyectado, y con la dinámica de la cultura universal.
2. Flexibilización. Un plan de estudios debe tener un componente flexible, con líneas de profundización (conjunto de asignaturas), asignaturas de la estrategia de contextualización, y asignaturas de apertura (cursos electivos y de otros planes de estudio libremente escogidos por los estudiantes).

3. Coherencia conceptual interna. La definición de un núcleo profesional (tratándose de ingenierías) que contemple lo estrictamente indispensable para la formación del ingeniero, según su objeto de estudio, correspondiente a la parte no flexible.
4. Formación integral del estudiante.
5. Selección de nuevas modalidades pedagógicas,

con el fin de solucionar los problemas detectados, en los programas curriculares, de falta de coherencia, desactualización, enciclopedismo, ausencia o superficialidad de sus relaciones con el contexto nacional, así como cuestionamientos, sobre el uso excesivo de la exposición oral tradicional de parte del profesor.

2. REFORMA ACADÉMICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA

En ingeniería la reforma empieza con las áreas de Matemáticas (en el semestre I del 92) y Física (en el semestre II del 92), para todas las carreras, atendiendo hacia modalidades pedagógicas en las que el trabajo del estudiante y el trabajo docente sobre el trabajo del estudiante, se reconozcan como el eje de la nueva Universidad. Eventualmente se hizo la reforma de los planes de estudios de cada una de las seis carreras de la Facultad.

3. EVALUACION DE LA REFORMA ACADÉMICA EN INGENIERÍA

En la evaluación de la reforma académica de las carreras de la Facultad de Ingeniería, según el Informe de la Facultad de Ingeniería sobre la Reforma Académica [1], se extractan los siguientes resultados:

El número de asignaturas no se redujo sustancialmente y tampoco la intensidad horaria presencial. Algunas reducciones de número de asignaturas se lograron gracias a la fusión de Teoría y Laboratorios en asignaturas denominadas "Teórico - Prácticas".

Aunque todos los documentos de Reforma Curricular especificaban los recursos tanto humanos como físicos necesarios para llevar a buen término el proceso, los Departamentos continúan teniendo básicamente la misma infraestructura.

El cambio a Pedagogías Intensivas no está explícitamente en los planes de estudio, ni tampoco está favorecido, dado el trabajo presencial exigido.

En algunos casos los Departamentos se resisten a ofrecer las asignaturas con las características y contenidos definidos por las carreras.

Las relaciones Profesor - Estudiante, en las asignaturas profesionales, han mejorado sensiblemente. Ha ocurrido lo contrario en las asignaturas de tipo magistral ofrecidas por Matemáticas y Física.

4. OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y GRÁFICAS.

En la Figura 1, se presentan los polígonos de número de estudiantes inscritos y número de estudiantes que aprueban cada una de las asignaturas : Álgebra Lineal, Cálculo I Cálculo II, Cálculo III, Cálculo IV, Matemáticas Especiales, y Probabilidad y Estadística, del semestre I-87 al II-93, y sus líneas de tendencia, antes de la reforma curricular.

En la Figura 2, se presentan los porcentajes de aprobación de cada una de las asignaturas indicadas anteriormente y sus líneas de tendencia, antes de la reforma curricular.

En la Figura 3, se presentan los polígonos de número de estudiantes inscritos y número de estudiantes que aprueban cada una de las asignaturas : Física I, Física II, Física III y Física IV, del semestre I-91 al II-93, y sus líneas de tendencia, antes de la reforma curricular. Aquí no se incluyeron los cursos de Física Experimental I y Física Experimental II, eran materias que se calificaban separadamente.

En la Figura 4, se presentan los porcentajes de aprobación de cada una de las asignaturas indicadas en el párrafo anterior y sus líneas de tendencia, antes de la reforma curricular.

En la Figura 5, se presentan los polígonos de número de estudiantes inscritos y número de estudiantes que aprueban cada una de las asignaturas : Matemáticas I, Matemáticas II, Matemáticas III, Matemáticas IV, Matemáticas V y Probabilidad y Estadística, del semestre I-92 al II-96, y sus líneas de tendencia, después de la reforma curricular.

En la Figura 6, se presentan los porcentajes de aprobación de cada una de las asignaturas indicadas en el párrafo anterior y sus líneas de tendencia, después de la reforma curricular.

En la Figura 7, se presentan los polígonos de número de estudiantes inscritos y número de estudiantes que aprueban cada una de las asignaturas : Física I, Física II, y Física III, del semestre II-92 al II-96, y sus líneas de tendencia, después de la reforma curricular. Esos cursos son teórico - prácticos.

En la Figura 8, se presentan los porcentajes de aprobación de cada una de las asignaturas indicadas en el párrafo anterior y sus líneas de tendencia, después de la reforma curricular.

5. OBSERVACIONES

Los polígonos presentan resultados completamente aleatorios, prácticamente independientes de las modalidades pedagógicas, es decir, se presentan resultados similares después de la reforma.

La realidad es que no hubo diseño de metodologías de enseñanza, aprendizaje y evaluación apropiadas, que permitieran causar cambios de magnitud considerable en los indicadores presentados. Como se puede ver, las líneas de tendencia lo confirman.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ORTEGA LLANOS. G., Informe de la Facultad de Ingeniería sobre la Reforma Académica. Facultad de Ingeniería. Santafé de Bogotá, marzo 1995.
2. VICERRECTORÍA ACADÉMICA, COMITÉ DE PROGRAMAS CURRICULARES, Programas de Pregrado, Reestructuración Académica, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, 1994.
3. OFICINA DE PLANEACIÓN, Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional 1970 - 1995 Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, 1996.
4. OFICINA DE PLANEACIÓN, Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional 1970 - 1995 Artes e Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, 1996.
5. SALAZAR CONTRERAS, J., Resumen Académico Alumnos Primer Semestre Admitidos II Periodo 1993. Facultad de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.
6. SALAZAR CONTRERAS, J., Informe Comparativo : Mortandad Académica en Física y Matemáticas antes y después de la Reforma Curricular. Facultad de Ingeniería. Santafé de Bogotá, 1994.
7. COMITÉ CONJUNTO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y EL DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS, Estadísticas de porcentajes de aprobación por profesor y por asignatura, semestrales, años 1987 - 1990, Universidad Nacional de Colombia.

NUMERO DE ALUMNOS INSCRITOS Y QUE APRUEBAN LOS CURSOS DE MATEMATICAS (ANTES DE LA REFORMA)

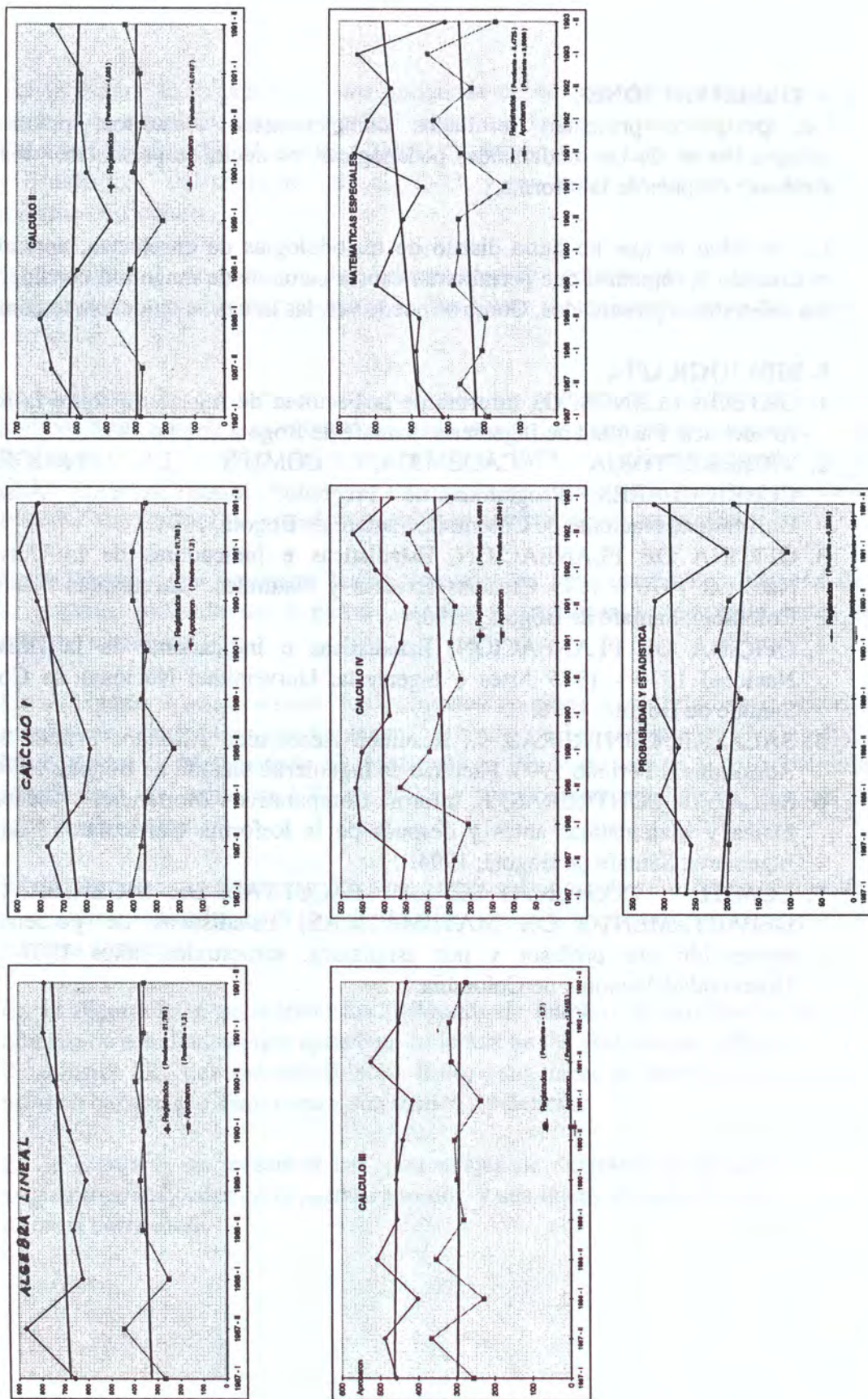


FIGURA 1

PORCENTAJES Y LINEAS DE TENDENCIA DE APROBACION

PORCENTAJES Y LINEAS DE TENDENCIA DE APROBACION DE LOS CURSOS DE MATEMATICAS (Antes de la Reforma)

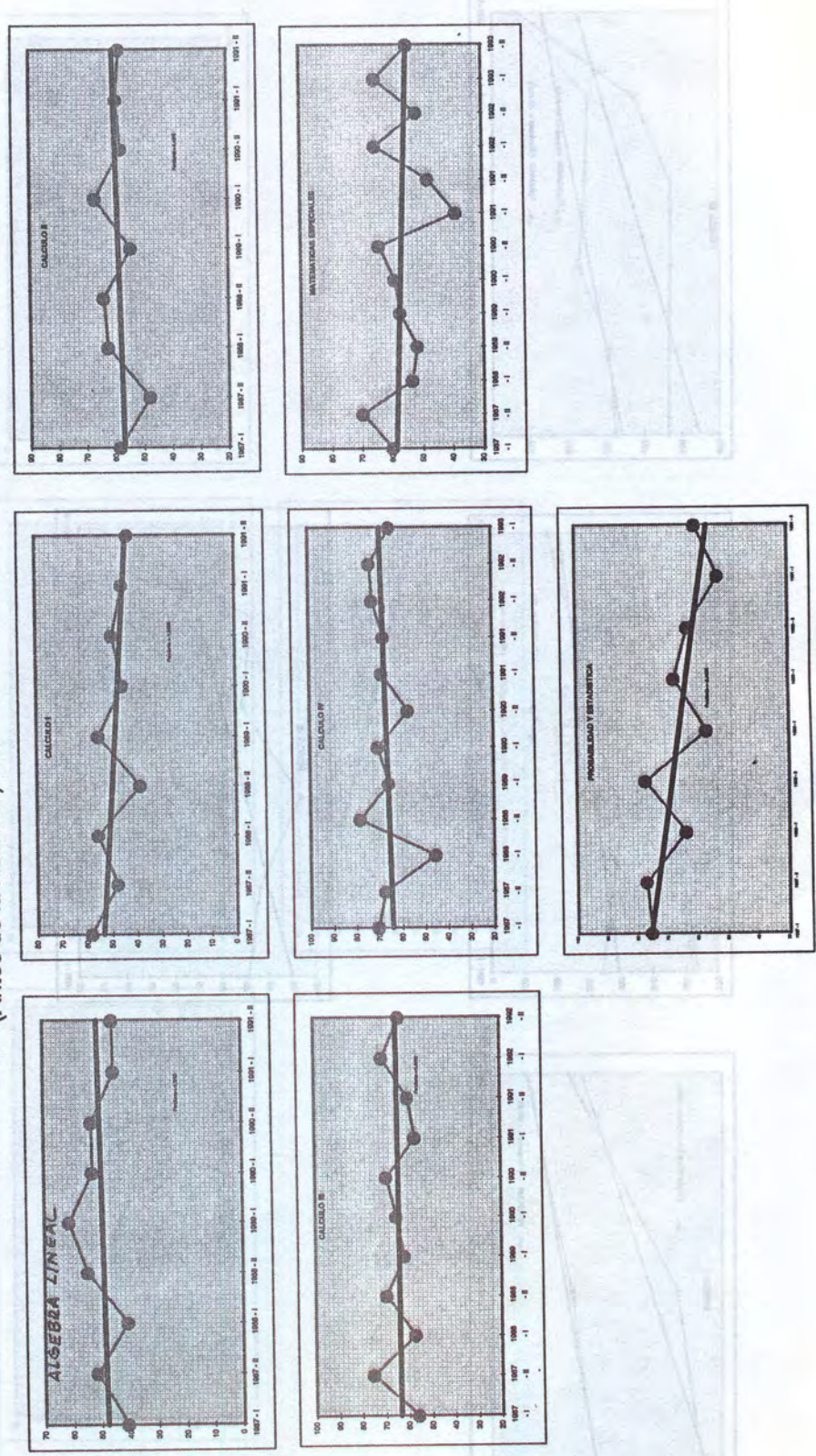


FIGURA 2

MINISTERIO DE EDUCACION Y CULTURA
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 LOS CUROSOS DE MATEMATICAS

**NUMERO DE ALUMNOS INSCRITOS Y QUE APRUEBAN
LOS CURSOS DE FISICA
(ANTES DE LA REFORMA)**

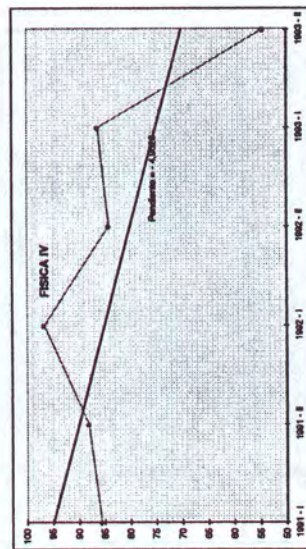
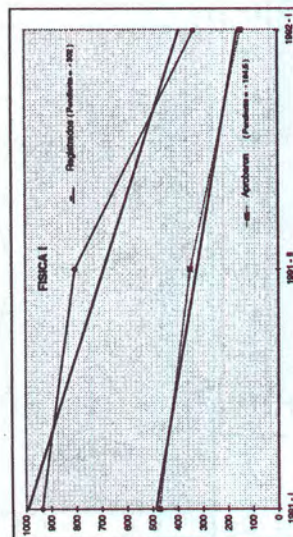
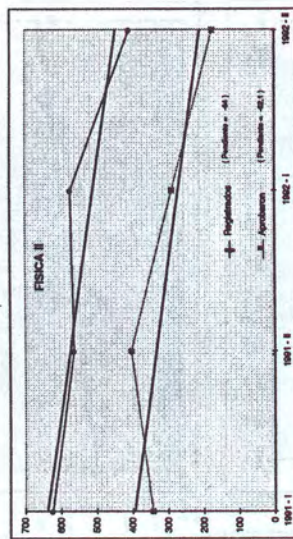
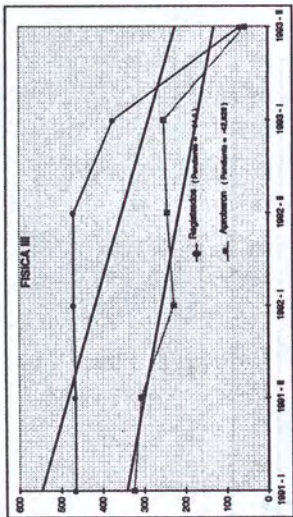


FIGURA 3

PORCENTAJES Y LINEAS DE TENDENCIA DE APROBACION DE LOS CURSOS DE FISICA (Antes de la Reforma)

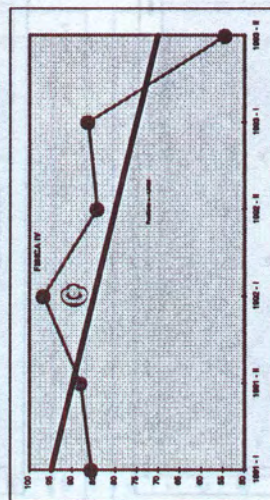
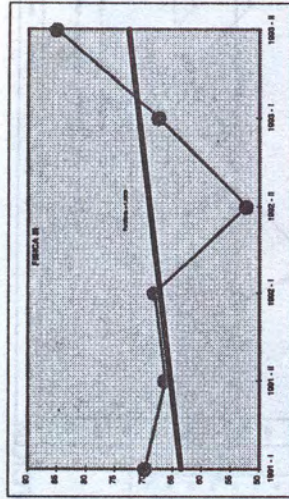
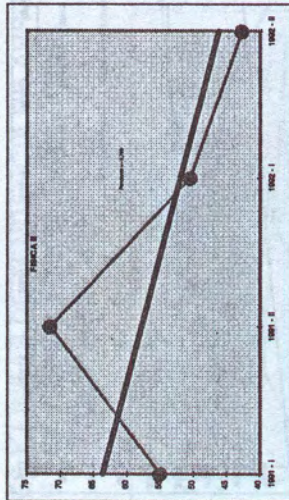
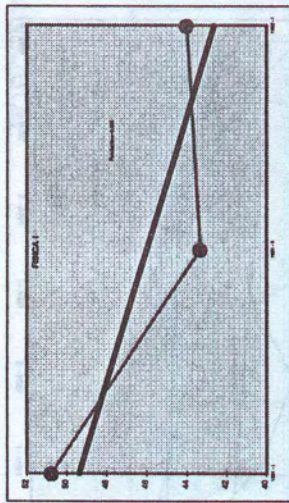


FIGURA 4

Estadística de TV Apudatos
 LOS CURSOS DE FÍSICA
 MÉTODO DE VÍ DÍAS: INSTRUCCIÓN A OTE VUASANT

**NUMERO DE ALUMNOS INSCRITOS Y QUE APRUEBAN
LOS CURSOS DE MATEMATICAS
(DESPUES DE LA REFORMA)**

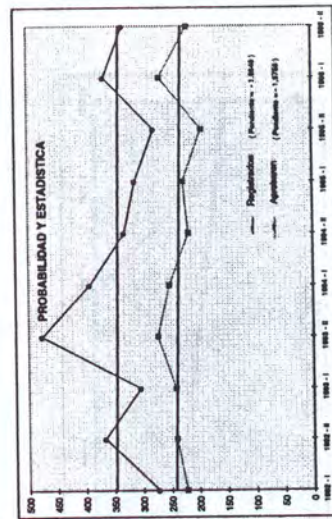
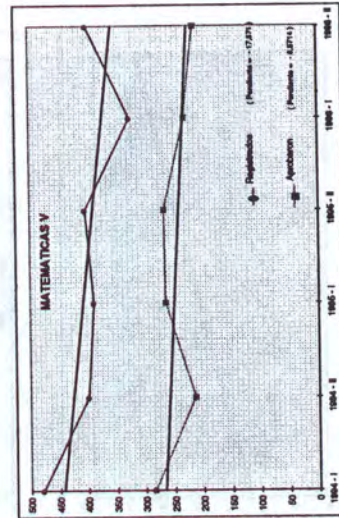
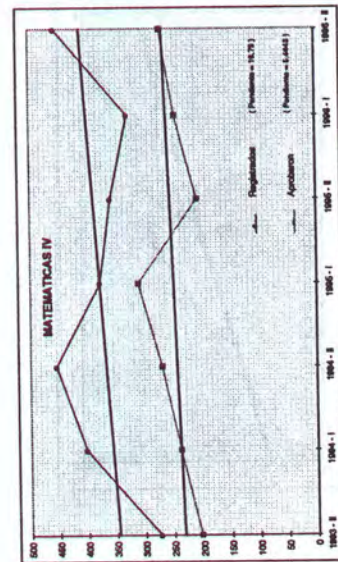
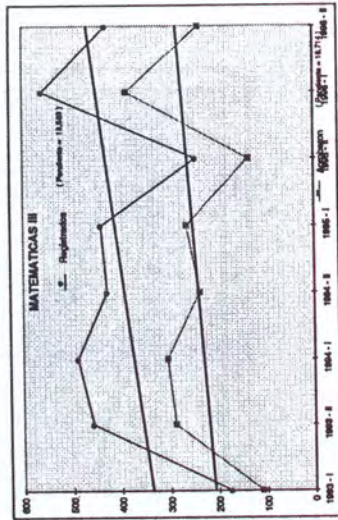
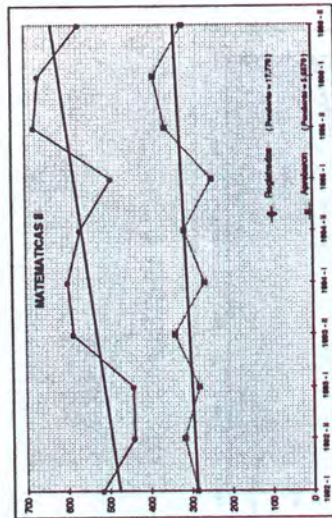
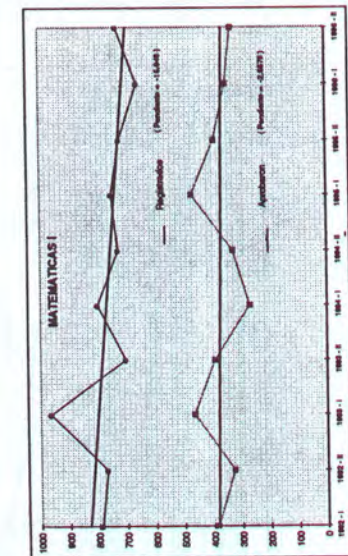


FIGURA 5

PORCENTAJES Y LINEAS DE TENDENCIA DE APROBACION DE LOS CURSOS DE MATEMATICAS (Despues de la Reforma)

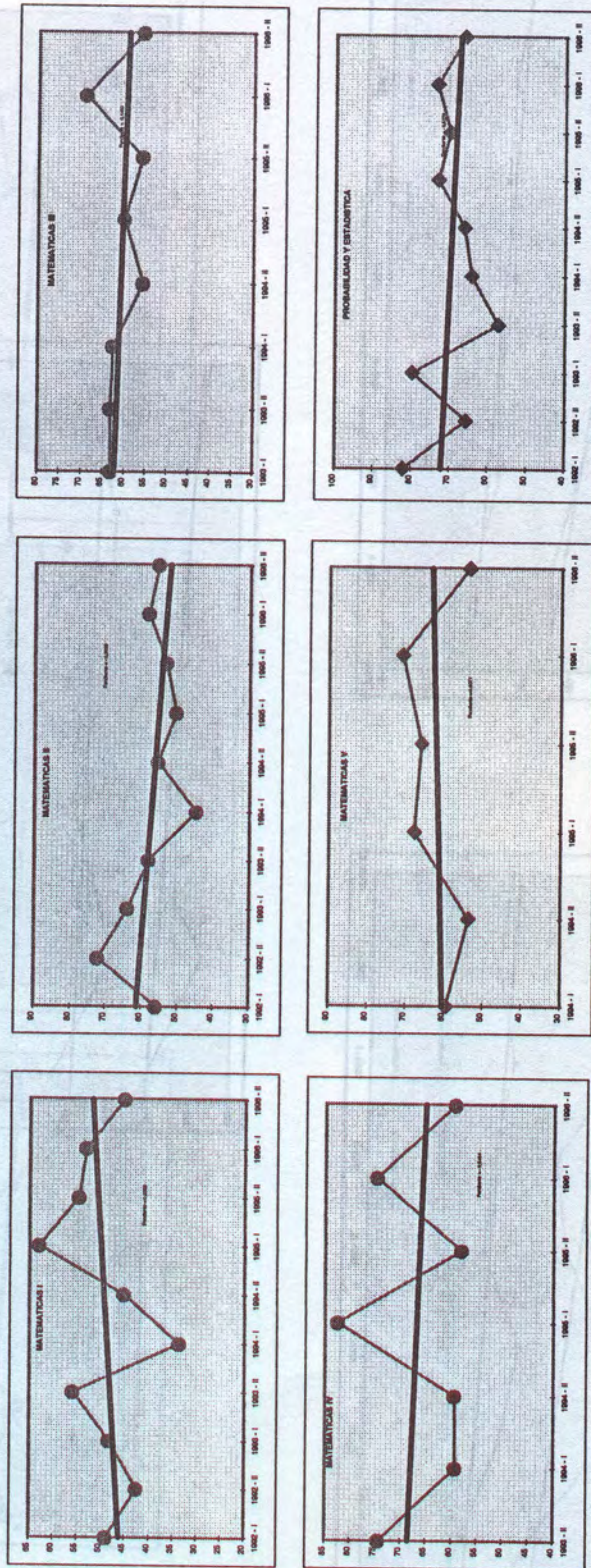


FIGURA 6

**NUMERO DE ALUMNOS INSCRITOS Y QUE APRUEBAN
LOS CURSOS DE FISICA
(DESPUES DE LA REFORMA)**

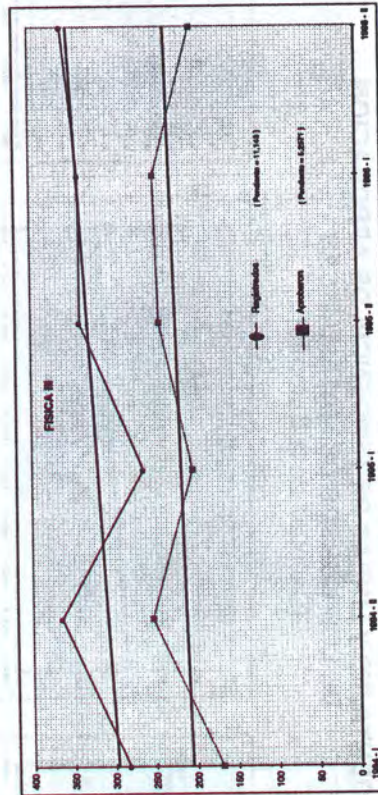
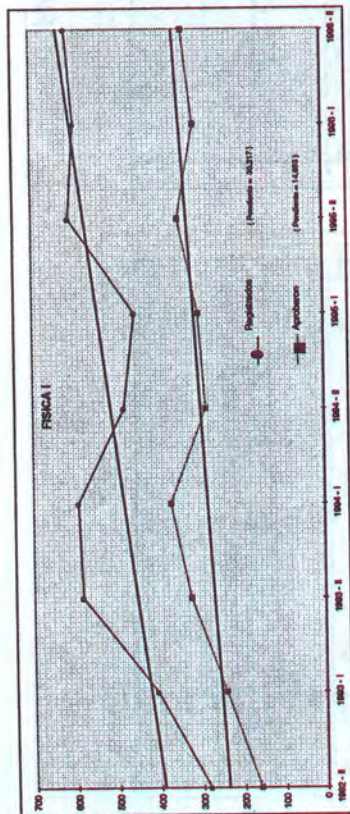
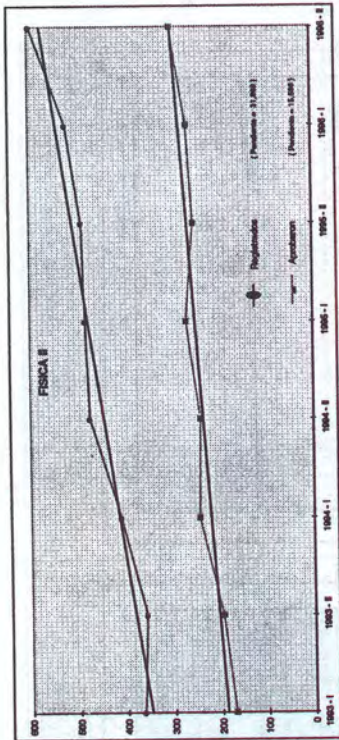


FIGURA 7

**PORCENTAJES Y LINEAS DE TENDENCIA DE APROBACION
DE LOS CURSOS DE FISICA
(Despues de la reforma)**

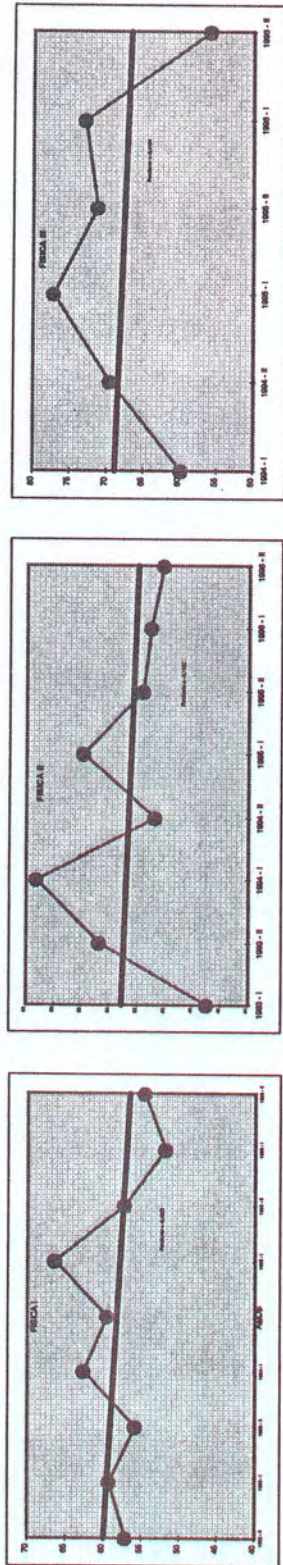


FIGURA 8



ACOFI

ASOCIACION COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERIA