

Incorporación de las competencias al modelo de construcción de currículos de ingeniería basados en problemas: el caso de la ingeniería de sistemas

Incorporation of competences into the model for constructing engineering curricula based on problems: the case of the computer science engineering

German Urrego-Giraldo¹ y Gloria Lucía Giraldo²

1. Dpto. Ingeniería de Sistemas, Universidad de Antioquia Colombia.

2. Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia

gaurrego@udea.edu.co; glgiraldog@unal.edu.co

Recibido para revisión 01 de Marzo de 2009, aceptado 23 de Octubre de 2009, versión final 01 de Diciembre de 2009

Resumen—Este artículo describe la incorporación del concepto de competencia al modelo de construcción de planes de estudio basados en problemas de los contextos social, y organizacional, para programas de ingeniería. El modelo orienta los programas hacia la formación integral de los ingenieros considerando cuatro dimensiones de formación: ser, saber, hacer, y comportarse. La determinación de las competencias soportadas por un programa de Ingeniería de Sistemas ilustra el funcionamiento del modelo.

Palabras Clave—Competencias, Modelo Curricular, Orientado por Competencias, Dimensiones de Formación.

Abstract—In this article the incorporation of competences into the model for determining thematic contents based on problems of social and organizational contexts, for engineering programs, is described. This model orients engineering programs to the integral training, considering four training dimensions: to be, to know, to do, and to behave. The determination of competences supported by a Computer Science Engineering Program illustrates the model functioning.

Keywords—Competences, Curricular Model, Competences-Oriented, Training Dimensions.

I. INTRODUCCIÓN

Como en todo proceso, en los procesos de formación de Ingenieros su correcta especificación y el modelo de gestión que se aplique, son determinantes en el logro de sus

objetivos. El concepto de gestión se extiende desde las entradas hasta las salidas pasando por la realización de las actividades y el aprovechamiento de los recursos considerados en el proceso. En los procesos de formación, la gestión de las entradas, de la ejecución y de los resultados del proceso hacen parte del modelo curricular adoptado para la formación. El currículo constituye la base para el desarrollo de la relación pedagógica y el aseguramiento de la calidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Dentro de cada escuela o concepción pedagógica se crean modelos de gestión curricular que pretenden definir y ordenar de la mejor manera los elementos constitutivos o relacionados con los procesos formativos, considerados, en términos generales, como procesos de enseñanza y procesos de aprendizaje. En la actualidad se reconoce una tendencia a centrar el interés en el aprendizaje, a la par que se adopta un modelo pedagógico de carácter exploratorio e investigativo. En esta tendencia es clara la concepción del acuerdo de Bolonia [1], impulsor de la integración curricular en la comunidad Europea.

Se reconoce en las diferentes tendencias curriculares el origen social de las demandas que dan lugar a la creación y gestión de un programa de formación, pero en muchos casos esto no se hace explícito y, en otros casos, no se aplican de manera sistemática y rigurosa como insumos del modelo curricular.

En la comunidad Europea, por ejemplo, se definieron los llamados indicadores de Dublín [2], en los cuales se crea un marco de dimensiones de formación, compuesto por cinco categorías de resultado del aprendizaje, dentro de las cuales se especifican las competencias que los estudiantes deben adquirir

en el primer nivel profesional, en el nivel de maestría, y en el nivel de doctorado. Estas categorías de resultado son: conocimiento y entendimiento, aplicación del conocimiento y el entendimiento, capacidad de juzgar, comunicación, y habilidades de aprendizaje. Estas cinco dimensiones de desarrollo humano determinan un concepto amplio de formación en el cual faltaría un énfasis en el comportamiento social de los individuos que les posibilite comprometerse y actuar en función de desarrollar un ideal de sociedad equitativa y solidaria. Tampoco hace explícita el modelo mencionado, la necesidad de una mirada permanente a los cambiantes problemas del contexto social, los cuales le dan la razón del ser al programa y a su propuesta curricular.

La propuesta que se presenta en este artículo se orienta hacia la formación integral de los estudiantes y centra la creación y evolución del currículo en los problemas identificados en los contextos social y organizacional. El ideal de formación integral que se propone busca involucrar en el aprendizaje las dimensiones que caracterizan los seres humanos: física, intelectual, emocional, afectiva y social. En este sentido Delors [3] referencia la formación en un marco de facultades humanas expresadas por los verbos *Ser, Saber, Hacer y Convivir*. En busca de formar ingenieros íntegros, que potencien y apliquen sus capacidades mentales y físicas en función de su desarrollo como seres humanos, actuando con compromiso y responsabilidad en bien de la sociedad, en este trabajo se introduce la dimensión *Comportarse* en vez de la dimensión *Convivir*, con la intención de lograr un compromiso con el hacer en asocio de los otros y no quedarse en vivir en compañía de los otros. La formación en la dimensión del *comportarse*, por ejemplo, busca ir más allá en la responsabilidad y compromiso con la sociedad que lo expresado en los resultados del aprendizaje, por los indicadores de Dublín [2], como la categoría *comunicación*.

En cuanto a la consideración de los problemas del contexto social para responder a los cambios y asegurar la pertinencia y la eficacia del currículo, nuestra propuesta busca establecer una relación explícita entre los problemas y los planes de estudio y de estos con su efecto en la solución de los problemas originalmente planteados. Para expresar esta última relación se introduce el concepto de competencia como una medida de logro en los procesos de formación soportados por los contenidos y estrategias de los planes de estudio. Para afianzar y explotar las relaciones antes mencionadas, en este trabajo se extiende, hasta la obtención de las competencias, un modelo de construcción de los contenidos de las unidades temáticas de los currículos de Ingeniería, a partir de problemas identificados en el contexto social. Este último modelo hace parte de un trabajo presentado en la conferencia de Ingeniería Concurrente de 2009 [4]. El modelo se puso en práctica en el diseño curricular para el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Antioquia. El enfoque basado en problemas le da objetividad a la definición y tratamiento de las

competencias. Se busca con el presente trabajo contribuir a completar el ciclo que se inicia con los problemas, sigue con la determinación de las unidades temáticas que fundamentan la enseñanza, continúa con el desarrollo de las competencias y termina con la verificación de la correspondencia entre las competencias alcanzadas con apoyo del programa de formación y los requisitos de intervención expresados por los contextos social, y organizacional, en forma de problemas.

Por otro lado, muchos modelos curriculares han utilizado el concepto de problema con base en las técnicas de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) [5, 6, 7], pero estos trabajos se han centrado fundamentalmente en el diseño de unidades temáticas y en la adopción de estrategias de enseñanza y de aprendizaje referidas a dichas unidades, sin enmarcar el programa completo y su currículo en la identificación de problemas de los contextos social y organizacional y en la búsqueda de solución de estos problemas. Este enfoque centrado en los problemas que dan origen al programa no se ha encontrado en los modelos curriculares existentes.

El concepto de competencia aparece en la psicología cognitiva, la psicolingüística y la neuropsicología [8, 9] y de estas disciplinas se extiende a la educación y al campo laboral [9, 10]. En estos campos, en los cuales se define y se aplica el concepto de competencia, se le da a este concepto el sentido de logro, de resultado, de guía para pasar de la teoría a la práctica [11, 12, 13, 14]. La Formación orientada por competencias surgió inicialmente con la finalidad de propiciar el logro de competencias laborales. Se considera, en todos los campos, el concepto de competencia como una forma de llevar al plano de lo concreto las dimensiones físicas, intelectuales, afectivas, sociales que caracterizan a los seres humanos. En la educación, por ejemplo, las competencias se tratan, en muchos modelos, como competencias laborales y pretenden enfocar las referidas facultades humanas en los procesos de aprendizaje. Nuestra propuesta se incorpora en un modelo de construcción de currículos para programas de Ingeniería basado en el concepto de problema, el cual expresa los requisitos de los contextos social y organizacional. En la propuesta se introduce el concepto de competencia como una medida de logro de los estudiantes en su formación integral por medio del currículo. Igualmente se establece la conexión entre las áreas y unidades temáticas y las competencias, y la verificación de la correspondencia entre las competencias y los propósitos de formación derivados de los problemas del contexto social.

El desarrollo del presente artículo considera en la sección 2 la descripción del modelo para el logro de las competencias a partir de los contenidos obtenidos con base en los problemas que dieron origen al programa de formación. La determinación de las competencias profesionales es explicada en la sección 3. La correspondencia entre las competencias y los propósitos de formación definidos a partir de los problemas es explicada en la sección 4. La conclusión y el trabajo futuro, y la bibliografía se tratan en las dos últimas secciones.

II. DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS COMPETENCIAS

Un modelo previamente construido para la determinación de los contenidos de las áreas y unidades temáticas a partir de problemas identificados en los contextos social y organizacional, es tomado como base para la introducción del concepto de competencia en los currículos en Ingeniería. En la presente sección se describe el modelo original y su extensión para incorporar las competencias que se adquieren con la ayuda de los contenidos antes referidos.

A. Modelo para la Obtención de los Contenidos de las Áreas y Unidades Temáticas

En el modelo para la obtención de los contenidos temáticos de los currículos de ingeniería, propuesto en [4], diversas fuentes de conocimiento nutren las componentes del currículo,

como se aprecia en la Figura 1. La primera fuente de conocimiento, compuesta por la psicología, la pedagogía, la filosofía, y su filial la epistemología, aporta las dimensiones humanas de la formación integral de los individuos, el modelo pedagógico que establece las relaciones de los estudiantes y de los docentes con el conocimiento y con los recursos necesarios para el aprendizaje. Igualmente contribuye esta primera fuente a la conformación de Unidades de Organización Curricular (UOC), la cuales son unidades de conocimiento definidas con la intención de satisfacer los propósitos de formación de un programa.

El conocimiento incorporado en las UOCs es el requerido para afrontar la solución de los problemas identificados en el contexto social, los cuales dieron origen al Programa de Formación. Este conocimiento proviene principalmente de la segunda fuente de conocimiento, denominado en la Figura 1, Áreas del Conocimiento Universal.

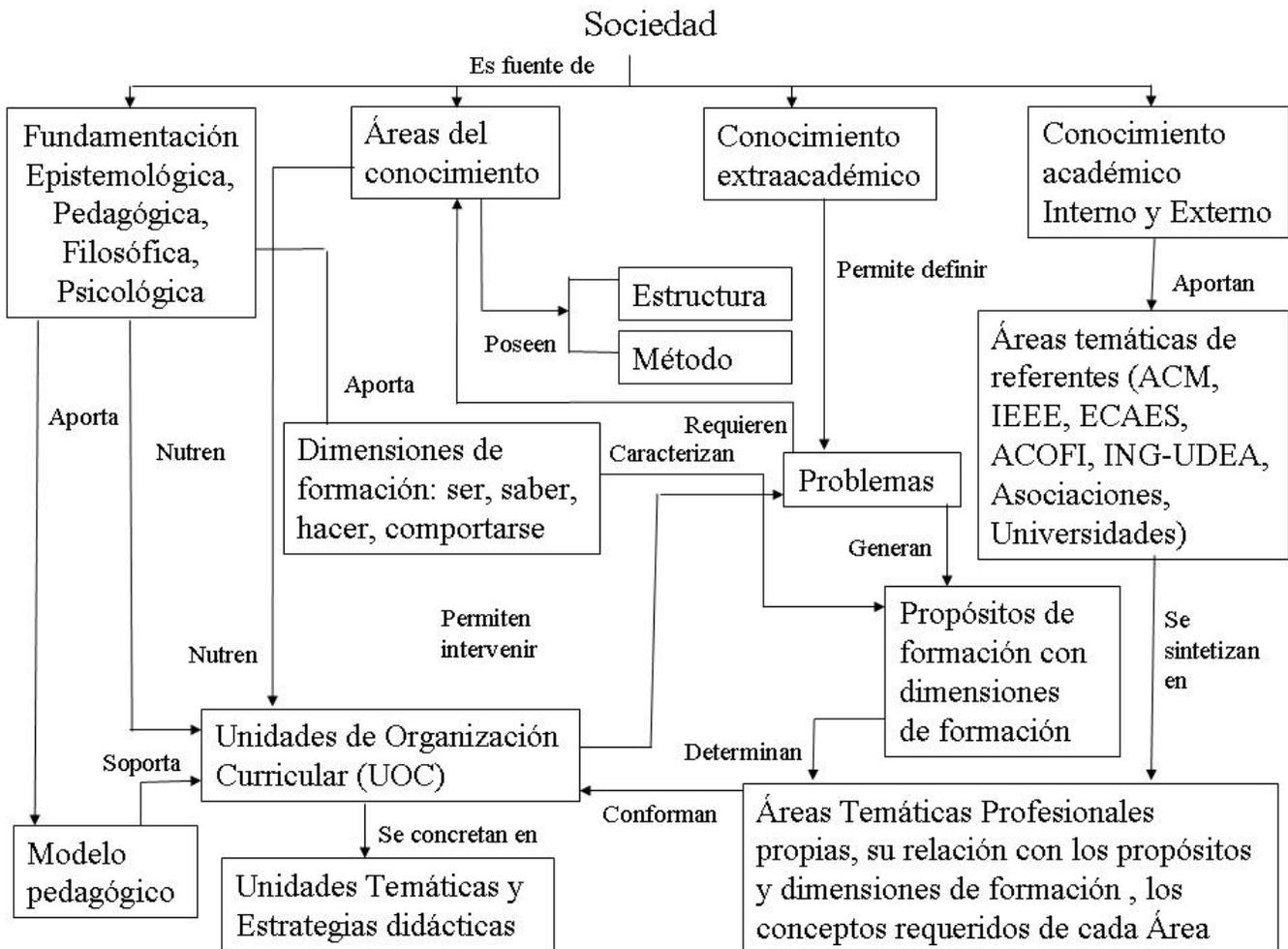


Figura 1. Obtención de Contenidos Temáticos y Competencias

Los problemas, los propósitos y las dimensiones de formación son los elementos centrales del modelo de construcción de las Áreas y Unidades Temáticas propuesto en [4]. Los mencionados problemas son definidos a partir del conocimiento del contexto social denominado conocimiento extraacadémico, en la tercera fuente de conocimiento representado en la Figura 1. Se incluyen en esta fuente los conocimientos existentes o producto de la investigación en torno a la sociedad, las organizaciones y los individuos, en los cuales se manifieste o se demande la intervención de la Ingeniería. A partir de los problemas identificados en el contexto social se generan los Propósitos de Formación centrados en el *Ser*, el *Saber*, el *Hacer* y el *Comportarse*, adoptados como las cuatro dimensiones de la formación integral.

El Conocimiento Académico Interno y Externo, ubicado en la cuarta fuente de conocimiento propuesta para la construcción de los currículos [15, 16, 17, 18, 19], contiene el conocimiento de las Áreas Temáticas Generales trabajadas por los referentes académicos nacionales y extranjeros, tales como organizaciones científicas y técnicas, universidades, entidades oficiales y privadas encargadas del desarrollo y el control de los programas y de sus currículos. Incluye, también, los currículos actuales y el conocimiento y experiencias de la institución responsable del programa en cuestión. Las Áreas Temáticas Generales se depuran con base en los propósitos de formación incluyendo las dimensiones de la Formación Integral con el fin de determinar las Áreas Temáticas Propias del programa, de tal forma que incorporen los conceptos requeridos para satisfacer los propósitos de formación del programa en las cuatro dimensiones de formación antes mencionadas. Los conceptos de las Áreas Temáticas propias permiten conformar las UOCs, en las cuales los conceptos son nutridos y completados con los contenidos, estructuras y métodos ofrecidos por las Áreas del Conocimiento Universal correspondientes a la segunda fuente de conocimientos en la Figura 1. Con los propósitos de formación de cada área temática se conforman uno o varios objetivos, dando lugar, cada uno de ellos, a una UOC. Esos objetivos se expresan en términos de competencias que deben alcanzar los estudiantes con la ayuda de la UOC, significando con ello que la UOC se propone

contribuir al logro de dichas competencias.

En este artículo, por razones de simplicidad, nos referimos a las UOCs de la componente profesional, y de la componente de Ingeniería Básica del programa. La construcción de las UOCs de las ciencias básicas y de las competencias que ellas soportan es objeto de otro trabajo.

En el caso práctico de la Ingeniería de Sistemas, que nos ocupa, se identificaron los problemas de los contextos social y organizacional, enunciados en la Tabla 1, y extraídos de los estudios sobre desarrollo de la industria del software, mencionados en [4].

Tabla 1. Necesidades de Intervención por parte de la Ingeniería de Sistemas

1. Desarrollo de soluciones informáticas para la transacción (transmisión, consulta, almacenamiento y procesamiento) de información a través de amplias redes de computadores.
2. Desarrollo de sistemas informáticos que apoyen la gestión organizacional moderna
3. Desarrollo de herramientas informáticas didácticas, que apoyen el proceso docente-educativo.
4. Automatización y control de procesos.

A partir de los problemas se generaron 18 propósitos de formación referidos en [4], los cuales aparecen en la Tabla 2, con sus correspondientes dimensiones de formación.

Estos propósitos contribuyeron a la determinación de nueve áreas temáticas propias: Algoritmia y Programación, Matemáticas Discretas, Administración de Información, Elementos Sociales y Profesionales, Ingeniería de Software, Sistemas de Información, Arquitectura de Máquinas y Sistemas operativos, Ciencia computacional, y Comunicación de Datos. Cada área temática tiene asociados los propósitos de formación que la determinaron. Los propósitos de formación de cada área temática propia se reunieron en un objetivo, dando lugar a la conformación de una UOC con el mismo nombre y contenidos, tal como se expone en [4] y se representa en la Tabla 3.

Tabla 2. Propósitos de Formación del Programa Ingeniería de Sistemas

Propósitos de formación específica	Saber	Hacer	Ser	Comportarse
El programa se propone que el egresado logre:				
1. Comprender y aplicar leyes, conceptos, principios y teorías básicos del campo de las <i>Ciencias de la Computación</i> , como sustento científico y tecnológico en el desarrollo de software y hardware.	S			
2. Comprender y aplicar conceptos, principios y teorías del campo de la ingeniería de software en la especificación, diseño e implantación de sistemas que se ajusten a condiciones técnicas, económicas éticas, sociales, y legales.	S	S		
3. Abstracter comportamientos y modelar fenómenos en dominios que pueden caer fuera del ámbito de la computación, apreciando el valor de dichas competencias intelectuales en el proceso de diseño en ingeniería.			S	S
4. Evaluar las soluciones planteadas, al igual que los impactos producidos, bajo estándares de calidad aceptados por la comunidad profesional perteneciente al ramo.		S		

Propósitos de formación específica	Saber	Hacer	Ser	Comportarse
El programa se propone que el egresado logre:				
5. Identificar posibles violaciones de seguridad, privacidad y propiedad intelectual; conocer las consecuencias legales de ellas y estimar su impacto sobre la información de las instituciones, durante el desarrollo y la utilización del software.	S	S		
6. Comprender y aplicar leyes, conceptos, principios y teorías básicos del campo de la <i>Ingeniería de Computadores</i> , para que en el desarrollo de sistemas se tengan en cuenta las restricciones impuestas por la relación software-hardware	S	S	S	S
7. Comprender y aplicar leyes, conceptos, principios y teorías básicos del campo de los <i>Sistemas de Información</i> computacionales con el objeto de diseñar, desarrollar, documentar y evaluar proyectos coherentes, claros, viables – legal, técnica y económicamente - y congruentes con los objetivos de las organizaciones.	S	S		
8. Gerenciar dependencias encargadas de los sistemas de información de las organizaciones.		S	S	S
9. Emplear su potencial creativo en el desarrollo y su capacidad innovadora en la adaptación de tecnologías, para la satisfacción de necesidades de su entorno socio-económico.		S		
10. Desempeñarse con ética en su ejercicio profesional y su conducta personal.		S	S	S
11. Suministrar soporte técnico, con transparencia y honestidad, para garantizar el funcionamiento de los sistemas de información de las organizaciones.			S	S
12. Desempeñarse con respeto, iniciativa y efectividad en equipos de trabajo, para el desarrollo de proyectos institucionales.		S	S	S
13. Comunicar en forma verbal, escrita y gráfica, y argumentar de manera clara, coherente y respetuosa, propuestas relacionadas con el desarrollo de sistemas de información y las repercusiones de su implantación en la organización y el medio.			S	S
14. Gestionar proyectos, en especial los que involucran tecnologías informáticas, estableciendo compromisos aceptables dentro de los límites de costo, tiempo, conocimiento, y sistemas existentes.		S	S	S
15. Comunicar sus ideas en una segunda lengua, con un buen nivel de competencia.	S	S	S	S
16. Administrar su propio aprendizaje y desarrollo personal, actualizándose en los avances de la disciplina, aprendiendo nuevos modelos, técnicas y tecnologías a medida que ellas emergen.		S		
17. Reflexionar críticamente el entorno global, con el objeto de plantear soluciones a problemas del contexto donde se desenvuelve.			S	S
18. Comprender conceptos y teorías acerca del proceso cognitivo, para aplicarlos en el desarrollo de sistemas.	S		S	S

Del mismo modo, se obtuvieron las UOCs denominadas de Ingeniería Básica, correspondientes a aquellas áreas propias que no se alinean directamente con los propósitos del programa de formación en estudio, pero que son soporte esencial para el logro de dichos propósitos. Estas áreas temáticas propias constituyen, también, Unidades de Organizaciones Curricular (UOC) que deben ser ofrecidas por el programa para garantizar el apoyo que requieren otras UOCs de la componente profesional del programa.

Tal como en el caso de la componente profesional, para el caso de estudio en Ingeniería de Sistemas, cada área temática de la componente Ingeniería Básica dio lugar a una UOC, aunque en otros casos se puedan obtener varias UOCs por cada área propia.

Las dos UOCs de Ingeniería Básica conformadas para el programa Ingeniería de Sistemas son: Evaluación de Proyectos, y Obtención y Aplicación de Conocimiento.

Tabla 3. UOCs del Programa Ingeniería de Sistemas

UOC del programa de Ingeniería de Sistemas	Objetivo general de la UOC	Propósitos de formación
Algoritmia y Programación	Conocer, evaluar y usar las principales técnicas de solución de problemas y de representación de la información, utilizando el computador como herramienta, y experimentar con lenguajes de comunicación con la máquina desde el punto de vista del usuario y el formal.	1,2,3,4,6
Matemáticas Discretas	Comprender y aplicar los conceptos y propiedades de las estructuras matemáticas, en la representación y estudio de fenómenos discretos.	1

<i>UOC del programa de Ingeniería de Sistemas</i>	<i>Objetivo general de la UOC</i>	<i>Propósitos de formación</i>
Administración de Información.	Capturar, representar, organizar, transformar y presentar la información, con base en algoritmos eficientes y efectivos, para el acceso, actualización y almacenamiento físico y lógico de la información, incluyendo aspectos de seguridad, privacidad e integridad.	2, 5, 7
Elementos Sociales y Profesionales.	Desempeñar la profesión con conocimiento, aptitud y actitud de manera ética, con fluidez en la comunicación, con acople multidisciplinario y responsabilidad social.	8,9,10,12,13,15, 16,17
Ingeniería de Software	Construir software, mediante la aplicación de metodologías de desarrollo, operación, mantenimiento y estándares internacionales, que satisfaga las necesidades del cliente con altos niveles de calidad.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 17, 18, 10, 12, 13
Sistemas de Información	Gestionar las tecnologías informáticas para soportar las estrategias organizacionales, haciendo énfasis en los procesos de negociación, administración y control	5, 7, 8, 9, 11, 14, 17, 10, 12,13
Arquitectura de Máquinas y Sistemas operativos	Comprender y aplicar principios básicos, metodologías y técnicas de diseño de los Sistemas Computacionales, en forma jerárquica desde componentes primarios hasta Sistemas Complejos.	6,2
Ciencia computacional	Simular diferentes tipos de sistemas, construyendo y utilizando formulaciones matemáticas, métodos, herramientas computacionales y visuales.	1,3,4,13
Comunicación de Datos	Comprender y aplicar los conocimientos básicos requeridos para el proceso de transmisión de información, el modelamiento, el diseño y la evaluación de rendimiento en redes de datos, utilizando criterios de eficiencia, seguridad, legalidad e interoperabilidad	1., 5., 6., 11., 18.

El objetivo general de cada UOC, construido a partir de los propósitos de formación a los cuales debería contribuir, se enunció con el espíritu de incidir en lo posible en las cuatro dimensiones de la formación integral antes descritas.

Los conocimientos de las UOCs se concretan en las Unidades Temáticas (cursos, talleres, conferencias, seminarios, etc.), para las cuales se adoptan las estrategias didácticas apropiadas.

En nuestro caso de aplicación, en el programa de Ingeniería de Sistemas para la UOC Ingeniería de Software cuatro unidades temáticas fueron determinadas: Ingeniería de Requisitos, Ingeniería de Software, Construcción de Software, y Calidad del Software.

En igual forma se obtuvieron las unidades temáticas para las dos UOCs de la componente de Ingeniería Básica. Los contenidos temáticos de la UOC “Obtención y Aplicación del Conocimiento” se agruparon en tres unidades temáticas: estadística para Ingenieros, diseño de experimentos y procesos estocásticos. A su vez los contenidos temáticos de la UOC “Evaluación de Proyectos” se reunieron en dos unidades temáticas: Ingeniería Económica, y Economía y Gestión de proyectos.

Los desarrollos del modelo para la obtención de las Unidades Temáticas y su aplicación al programa de Ingeniería de Sistemas descrito en esta sección se encuentran en [4] y constituyen la

base para la definición y desarrollo de las competencias cuyo modelo, expuesto en este artículo completa el modelo que permitió obtener las unidades temáticas del programa a partir de los problemas de los contextos social y organizacional. El modelo completo considera las mutuas implicaciones de las cuatro dimensiones de formación propuestas y reconoce la influencia del medio cultural y el papel de los modelos pedagógicos en el desarrollo de las competencias de manera simultánea dichas dimensiones.

Las cuatro unidades temáticas o cursos de la UOC Ingeniería de Software y los cinco cursos de las dos UOC de ingeniería básica antes descritas fueron incluidas, en [20], en el nuevo pensum del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Antioquia adoptado en el año 2008.

En la siguiente sección se indica cómo se obtienen las competencias que deben alcanzar los Ingenieros.

B. Extensión del modelo para Incorporar las Competencias

A partir de las UOCs conformadas por medio del modelo esbozado en la Figura 1 se determinan las competencias a ser desarrolladas por cada UOC. El modelo extendido para incluir las competencias y sus relaciones con los problemas, y con los propósitos y dimensiones de formación es descrito en la Figura 2. El concepto de competencia completa los conceptos y relaciones explicadas en la

primera sección y representados en el modelo de la Figura 1 donde se muestra que las competencias se definen y desarrollan con el apoyo de las UOCs, dan respuesta a los requisitos expresados por los problemas y satisfacen los propósitos de formación del programa.

El aporte de la pedagogía, la psicología, la filosofía y su filial la Epistemología se centra en las UOCs y en las dimensiones de formación, a través de las cuales se refleja en las competencias.

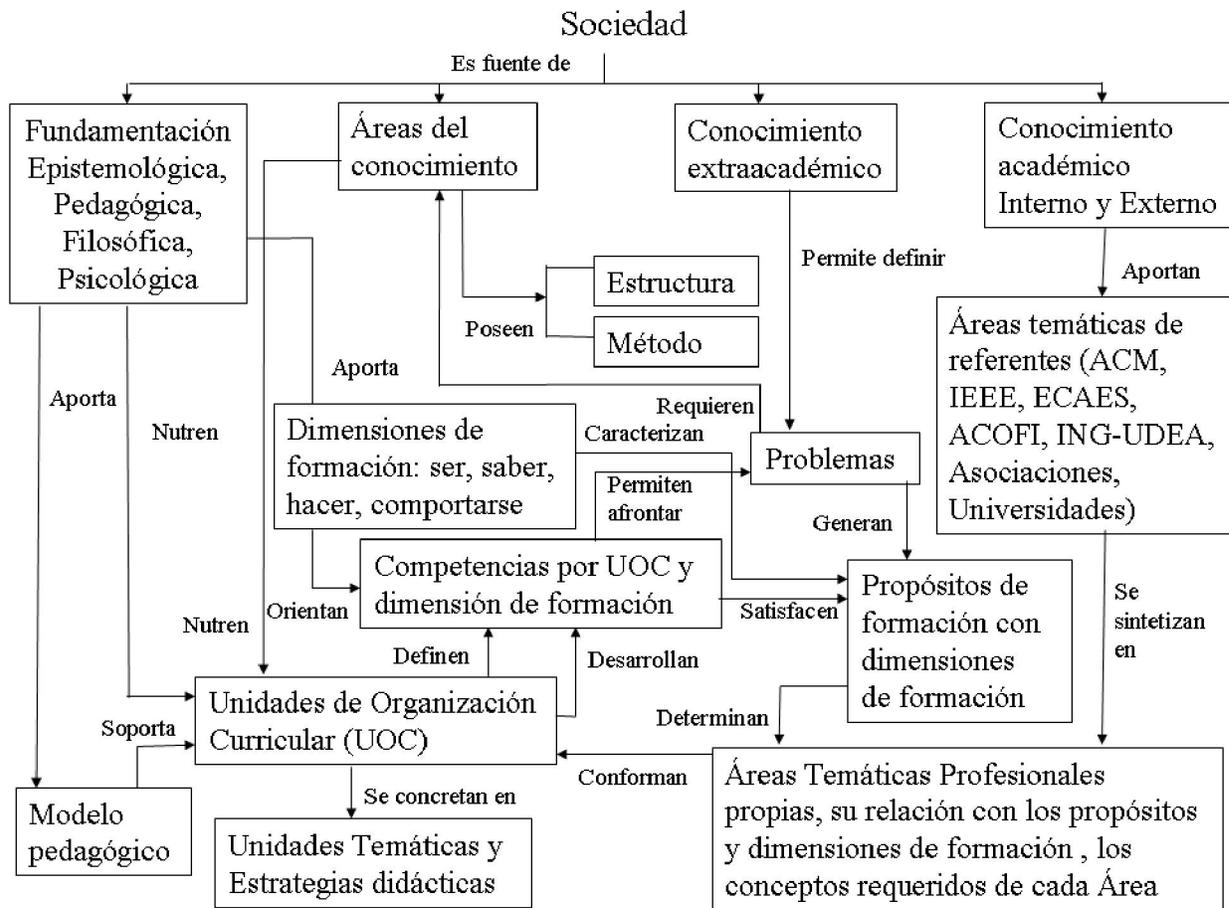


Figura 2. Desarrollo de las competencias a partir de las UOCs

Las UOCs se construyen para incorporar los contenidos temáticos que desarrollan las competencias que satisfacen los propósitos de de formación del programa en las cuatro dimensiones adoptadas para la formación integral de los ingenieros. Las competencias expresan los logros de los estudiantes del programa y el grado de satisfacción que den a los propósitos de formación es una medida de los logros del programa. Estas verificaciones son ilustradas en la sección 4.1.

Las competencias a ser alcanzadas con el apoyo de las UOCs deben permitir afrontar la solución de los problemas. Esto podrá ser verificado con base en el modelo que se presenta en este artículo, como se explica en la sección 4.2.

La determinación de las competencias usando el modelo ampliado se describe en la sección siguiente.

III. DETERMINACIÓN DE LAS COMPETENCIAS

En el modelo referido en la sección anterior, para la determinación de las áreas y las unidades temáticas y la conformación de las UOCs de las componentes profesional, y de ingeniería básica de los programas de ingeniería, se asegura la correspondencia entre dichas unidades temáticas y los problemas identificados en el contexto social. En este trabajo la inclusión del concepto de competencia permite evidenciar la correspondencia entre las unidades temáticas y los propósitos de formación a través de las competencias obtenidas. El modelo ampliado constituye la base para verificar si los estudiantes alcanzan las competencias previstas y si estas realmente se manifiestan en la intervención de los problemas del contexto social que dieron origen al programa de formación.

Las UOCs soportan el desarrollo de las competencias de los estudiantes. Para cada UOC se establece una competencia general y múltiples competencias específicas organizadas por cada una de las cuatro dimensiones adoptadas para la formación Integral. En los párrafos siguientes se describen los procedimientos para obtener las competencias.

A. Competencias Generales de las UOCs

De acuerdo con los propósitos de formación correspondientes a cada UOC se establece un objetivo general para cada una de ellas. Este objetivo se expresa en términos de capacidades que deben desarrollar los estudiantes mediante el programa de ingeniería. Concebidos los objetivos de las áreas y de los programa en términos de logros de los estudiantes se aprecia claramente que el objetivo general de cada UOC representa la competencia general que el estudiante debe alcanzar con el soporte de esta UOC. Esto significa que el objetivo de la UOC es que los estudiantes alcancen las competencias propuestas ella. De la misma manera, los propósitos de formación del programa también están expresados en términos de competencias que deben alcanzar los estudiantes, con lo cual se equiparan los objetivos de las UOCs con la competencia general que ellas soportan y con los propósitos de formación del programa.

En nuestro caso referido a la Ingeniería de Sistemas, una de las nueve áreas temáticas propias enunciadas en la sección anterior, denominada área de Ingeniería de Software se ilustra en la Tabla 4.

El propósito de formación general de la UOC constituye el objetivo de esa unidad. Al estar enunciado en términos de capacidades que debe alcanzar el egresado, expresa una competencia general soportada por la UOC, tal como se aprecia en la columna 2 de la Tabla 4. La última columna contiene los números de los propósitos de formación del programa, entre los 18 propósitos definidos en [4], a los cuales contribuye la UOC Ingeniería de Software.

Tabla 4. Competencia general de una UOC y Propósitos de Formación que satisface

UOC del programa	Objetivo general de la UOC (Competencia General que soporta la UOC)	Propósitos de formación del Programa
Ingeniería de Software	Construir software, mediante la aplicación estándares internacionales y de metodologías de desarrollo, operación, y mantenimiento, que satisfaga las necesidades del cliente, con altos niveles de calidad.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 17, 18.

3.2. Competencias Específicas de las UOCs

Para cada propósito de formación correspondiente a una UOC, en cada una de las dimensiones adoptadas para la formación integral (ser, saber, hacer, comportarse) se define qué logros específicos debe alcanzar el egresado, en concordancia con los conceptos incorporados en la competencia general de la UOC y de los contenidos temáticos previamente establecidos. El procedimiento detallado para la obtención de las competencias específicas de cada UOC es como sigue:

- 1-Identificar los propósitos de formación que son soportados por cada UOC y las dimensiones de formación asumidas por cada uno.
- 2-Identificar los conceptos mencionados en la expresión de la competencia general que debe soportar la UOC.
- 3-En cada UOC, para cada dimensión de formación de cada propósito se pregunta ¿Qué es lo que el estudiante debe lograr, en dicha dimensión de formación, para que el programa asegure que alcanzó el propósito de formación?. Esta reflexión se guía por los conceptos identificados en la competencia general y los conceptos temáticos de la UOC y es realizada por especialistas en los contenidos de esta.

Las respuestas a cada pregunta constituyen las competencias específicas que deben alcanzar los estudiantes con base en la

Tabla 5. Competencias Específicas por Dimensión de Formación en una UOC

UOC Profesional: Algoritmos y Programación			
Competencia (Objetivo General): Conocer, evaluar y usar las principales técnicas de solución de problemas y de representación de la información utilizando el computador como herramienta, y experimentar con lenguajes de comunicación con la máquina desde el punto de vista del usuario y desde el punto de vista formal.			
Dimensión de formación	Propósito de formación	Número de competencia	Descripción de la competencia específica
Saber	1	1	Conocer la teoría fundamental de la computación
Hacer	1	1	Aplicar los conceptos de la teoría fundamental de la computación
Ser	2	1	Considerar los elementos éticos, sociales y legales en el momento de modelar, diseñar e implementar soluciones algorítmicas
Comportarse	4	1	Plantear de manera rigurosa y oportuna, formulaciones lógicas al equipo de trabajo

UOC en cuestión y en la dimensión de formación en la cual se plantea la pregunta.

4-La respuesta debe tener como sujeto tácito al estudiante, y al responderla se comienza con la expresión “El estudiante esta en capacidad de”, seguida de un verbo en infinitivo y luego el objeto completo de la respuesta.

Con el fin de verificar la correspondencia de las competencias con los propósitos y con las dimensiones de formación se construye una tabla de competencias para cada UOC, indicando en columnas diferentes el número del propósito de formación, la dimensión de formación en la cual se formula la competencia, el número de orden de la competencia dentro de la UOC, el propósito de formación y la dimensión de formación. En la última columna se describe la competencia.

La Tabla 5 muestra un extracto de las competencias específicas para la UOC profesional Algoritmos y Programación del programa de Ingeniería de Sistemas. A manera de ejemplo se describe sólo una competencia específica para cada uno de los ejes conceptuales de la formación integral, pero en el caso real se identificaron múltiples competencias en cada uno de ellos.

Teniendo en cuenta los 18 propósitos de formación enunciados en [4], en este ejemplo, las competencias de las dimensiones de formación del *saber* y del *hacer* son obtenidas del propósito de formación 1 del programa de Ingeniería de Sistemas, Tabla 5, mientras que las competencias de las dimensiones del *ser* y del *comportarse* provienen de los propósitos de formación 2 y 4 respectivamente.

Las competencias específicas son marcadas como esenciales o complementarias para el programa, dando lugar a que los temas dentro de cada UOC que no sean esenciales puedan constituir unidades alternativas, complementarias o electivas dentro del currículo

En cada UOC, para cada dimensión de formación, se expresa un objetivo enunciado en términos de la competencia general que, con ayudada de la UOC debe alcanzar el egresado en una dimensión de formación, mediante una síntesis de sus competencias específicas.

Teniendo en cuenta los 18 propósitos de formación enunciados en [4], en este ejemplo, las competencias de las dimensiones de formación del *saber* y del *hacer* son obtenidas del propósito de formación 1 del programa de Ingeniería de Sistemas, Tabla 5, mientras que las competencias de las dimensiones del *ser* y del *comportarse* provienen de los propósitos de formación 2 y 4 respectivamente.

Las competencias específicas son marcadas como esenciales o complementarias para el programa, dando lugar a que los temas dentro de cada UOC que no sean esenciales puedan constituir unidades alternativas, complementarias o electivas dentro del currículo

En cada UOC, para cada dimensión de formación, se expresa un objetivo enunciado en términos de la competencia general que, con ayudada de la UOC debe alcanzar el egresado en una dimensión de formación, mediante una síntesis de sus competencias específicas.

IV. VERIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS

El modelo de construcción de currículos, ampliado para incluir las competencias, permite la verificación de la correspondencia entre los contenidos de las unidades Temáticas del programa y los propósitos de formación y entre estos y las competencias. Por otro lado el mencionado modelo constituye la base para establecer sistemas de evaluación de la correspondencia entre las competencias del ingenieros y la intervención efectiva de los problemas del contexto social que dieron origen al programa de formación, así como también, la evaluación de la correspondencia entre el aprendizaje de los contenidos de las unidades temáticas y las competencias que adquiere el ingeniero.

A. Correspondencia entre las Competencias y los Propósitos de Formación

Cada propósito debe ser satisfecho por las competencias que adquiera el ingeniero con base en los contenidos de las UOCs que lo soporten. Los desajustes que pudieran presentarse en la correspondencia entre las competencias y los propósitos de formación pueden superarse mediante una revisión de las áreas y contenidos temáticos propios del programa.

Siguiendo con nuestro caso de aplicación, la UOC Ingeniería de Software soporta los propósitos de formación 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 17, y 18, como se aprecia en la Tabla 4. Esto indica que la UOC Ingeniería de Software tiene que contribuir al logro de los propósitos de formación antes enumerados, actuando en las dimensiones de formación correspondientes a cada uno de los propósitos. El propósito 5, por ejemplo, cubre las cuatro dimensiones de formación, y por la tanto la UOC Ingeniería de Software y sus unidades temáticas deben contribuir con sus contenidos y estrategias de enseñanza en las dimensiones del *ser*, del *saber*, del *hacer* y del *comportarse*, con la finalidad de que el programa pueda desarrollar las competencias para satisfacer dicho propósito enunciado como sigue: Identificar posibles violaciones de seguridad, privacidad y propiedad intelectual; conocer las consecuencias legales de ellas y estimar su impacto sobre la información de las instituciones, durante el desarrollo y la utilización del software.

Las competencias determinadas por la UOC Ingeniería de Software representan logros de formación en el *ser*, en el *saber*, en el *hacer*, y en el *comportarse*. Por ejemplo, las competencias soportadas por esta UOC, expuestas en la última columna de la Tabla 6, en las cuatro dimensiones referidas en la columna dos

de esta tabla, muestran como estas competencias si apuntan a la satisfacción del propósito de formación 5, antes referido. Las columnas dos y tres de la tabla contienen el número de

identificación del propósito de formación y el número de orden de la competencia dentro de cada una de las cuatro dimensiones de la formación integral, respectivamente.

Tabla 6. Correspondencia entre las Competencias y los Propósitos de Formación

UOC Profesional: Ingeniería de Software			
Competencia (Objetivo General): Construir software, mediante la aplicación de metodologías de desarrollo, operación, mantenimiento y estándares internacionales, que satisfaga las necesidades del cliente con altos niveles de calidad.			
Dimensión de formación	Propósito de formación	Número de competencia	Descripción de la competencia específica
Saber	5	4	Comprender los conceptos y teorías que garantizan la construcción de software seguro.
Hacer	5	8	Identificar los aspectos de seguridad que afectan la privacidad de la información en los proyectos de ingeniería de software.
Ser	5	2	Ser respetuoso de los derechos de propiedad intelectual, la seguridad y la privacidad de la información en el desarrollo de proyectos de ingeniería de software.
Comportarse	5	1	Emprender acciones individualmente, en los equipos de trabajo, dentro de las organizaciones y en la sociedad para salvaguardar la información y aumentar el beneficio social con el mejoramiento de la seguridad en los sistemas y en el manejo de la información.

La correspondencia entre el propósito de formación número 5 y las competencias, de las cuales para el ejemplo sólo se toma un extracto, permite establecer la satisfacción de los propósitos de formación mediante las competencias adquiridas, en las cuatro dimensiones de formación adoptada en nuestro modelo para la búsqueda de la formación integral de los ingenieros.

B. Verificación de la Correspondencia entre las Competencias y los Problemas

Las Competencias alcanzadas por los graduados del programa deben ser las requeridas para hacer frente a la solución de los problemas planteados en los contextos social y organizacional. Las posibles incongruencias detectadas en esta correspondencia conducen a la verificación y aseguramiento de la correspondencia entre los problemas y los propósitos de formación.

En el programa Ingeniería de Sistemas, las competencias generales soportadas por cada una de las nueve UOC, Tabla 3, expresan capacidades de los egresados que efectivamente los habilitan para hacerle frente a los problemas enunciados en la Tabla 1. Esto indica la congruencia interna del currículo, el cual parte de los problemas, genera los propósitos de formación, construye las áreas y unidades temáticas, desarrolla las competencias con el soporte de estas unidades, y finalmente constata que las competencias alcanzadas por los egresados les permiten aplicarse a la solución de los problemas.

C. Verificación de resultados con base en el modelo de Competencias

Además de la verificación de la coherencia interna del modelo propuesto para la creación de currículos basados en problemas

y centrados en competencias, otros modelos pueden ser elaborados para la verificación de los resultados en la aplicación de los currículos. Se puede, por ejemplo, estudiar la correspondencia entre las competencias del ingenieros y la intervención efectiva de los problemas del contexto social que dieron origen al programa de formación, así como también, la evaluación de la correspondencia entre el aprendizaje de los contenidos de las unidades temáticas y las competencias que adquiere el ingeniero. Estas evaluaciones hacen parte de trabajos futuros.

V. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

La integración conceptual y práctica, mediante modelos verificables, de los conocimientos de la ingeniería básicas y de los conocimientos reunidos en la componente profesional de los programas de ingeniería posibilita a los ingenieros la mirada global y coherente de los proyectos, la intervención de los problemas con autonomía intelectual, conocimiento, capacidad y sentido crítico, y actuar con responsabilidad, honestidad y compromiso en bien de la sociedad y de la dignificación de la persona humana.

El ejercicio de formar ingenieros integrales, centrando la formación en los conceptos de ser, saber, hacer y comportarse, habilita a los ingenieros para propiciar el aporte concertado de múltiples campos de la Ingeniería, aprovechando la creciente tendencia a la especialización y diversificación de los campos de la ingeniería, y el desarrollo acelerado de la innovación tecnológica en los múltiples campos.

El enfoque propuesto en este trabajo, valida en la práctica la correspondencia entre la problemática social que se pretende resolver y las competencias de los egresados, quienes deben afrontar la solución de los referidos problemas.

La consideración de los Propósitos de Formación, como mediadores entre los problemas y las Áreas de Conocimiento que permitan afrontarlos, facilita la evaluación del modelo propuesto, a la luz de las experiencias con los modelos tradicionales, centrados precisamente en los propósitos de formación.

La determinación de las Competencias a partir del conocimiento incorporado en las UOCs del programa y su posterior validación frente a los problemas y propósitos de Formación muestra la solidez del modelo y posibilita su evaluación y mejoramiento continuos.

Algunos trabajos en curso aplican el modelo propuesto para construir el currículo de otras ingenierías y establecen comparaciones con propuestas construidas con otros modelos. Algunos de sistemas de gestión de conocimiento, tales como comunidades de práctica y memorias organizacionales, están en construcción, con base en ontologías de conocimiento curricular, para apoyar la evolución de los currículos.

El modelo propuesto abre caminos para potenciar el impacto de la ingeniería con base en la coincidencia de los conceptos de la Ciencia Básica y la integración de los conceptos de la componente profesional de los programas de las diversas ingenierías. El enfoque de la racionalización de los problemas y el desarrollo de competencias resalta los puntos de coincidencia de distintas ramas de la ingeniería y crea un referente para la formación del pensamiento ingenieril. Se requiere también el desarrollo de ontologías y otros modelos de representación del conocimiento que facilite la "interoperabilidad" de distintas ramas de la ingeniería y armonice su aplicación en problemas complejos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nick, C., 2007. Bologna: Curriculum Reform and other Considerations. Editor, World Education News & Reviews.
- [2] Joint Quality Initiative, 2004. Shared 'Dublin' descriptors for Short Cycle, First Cycle, Second Cycle and Third Cycle Awards.
- [3] Delors, J., 1996. La educación encierra un Tesoro. Madrid. Santillana. Unesco.
- [4] Giraldo, G. L. and Urrego-Giraldo G., 2009. Problem-based Construction of Engineering Curricula for Multidisciplinary and Concurrent Engineering Practice. Submitted to CE2009.
- [5] Davies, T., 2006. Creative teaching and learning in Europe: Promoting a new paradigm. *The Curriculum Journal*, 17(1), pp. 37-57.
- [6] Rau, D.C., S.T. Chu, and Y.P. Lin, 2004. Strategies for Constructing Problem-Based Learning Curriculum in Engineering Education. *Proceedings of Int. Conference on Engineering Education (ICEE 2004)*. Florida, United States.
- [7] Koschmann, T., Kelson, A.C., Feltoovich, P.J. y Barrows, H.S., 1996. Computer-Supported Problem-Based Learning: A principled approach to the use of computers in collaborative learning. In T.D. Koschmann

- (Ed.), CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. pp. 83-124.
- [8] Gelman, R. y Greeno, J.G., 1989. On the nature of competence. Principles for understanding in a domain. In L.B. Resnick (Ed). *Knowing, learning, and instruction*. Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- [9] Hymes, D., 1967. Models of the interaction of language and social setting. *Journal of social Issue*.
- [10] Mouthaan, T. J., Olthuis W. Vos Hen., 2003. Competence-Based EE-Learning:(How) Can We Implement In. *Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education (MSE'03)*
- [11] Brunner, J.J., 2001. Competencias de empleabilidad. Revisión bibliográfica. Internet.
- [12] Puig J. and Hartz B., 2005. Concepto de competencia y modelos de competencias de empleabilidad. *Primer Encuentro Internacional de Educación Superior: Formación por competencias*. Medellín.
- [13] Carióla, M.L. y Quiroz, A.M., 1997. Competencias generales laborales y curricula. En M. Novick, M.A. Gallart (coordinadoras): *Competitividad, redes productivas y competencias laborales*. Montevideo, CINTERFOR y Red Educación y Trabajo.
- [14] EICE., 2004. Ingeniería Informática. Libro Blanco sobre las titulaciones universitarias de normal informática en el nuevo espacio europeo de educación superior. <http://www.sc.edu.es/siwebso/Bolonia/textos/EICE/Libro%20Blanco%20v113.pdf>.
- [15] Tuning Project, s.a. Tuning Educational Structures in Europe. <http://www.tunig.unideusto.org/tunigeu>
- [16] Proyecto Tuning. Reflexiones y Perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final 2004. <http://www.tunig.unideusto.org/tunigal>
- [17] ACM, Computer Curricula, Information Tecnology Volume, Oct. 2005 http://www.acm.org/education/curric_vols/IT_October_2005.pdf
- [18] Crawley, E. F., 2002. Creating the CDIO Syllabus: A Universal Template for Engineering Education. *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Boston, MA, USA.
- [19] Crawley, E. et al., 2007. *Rethinking Engineering Education, the CDIO Approach*. Springer: New York.
- [20] Profesores del programa Ingeniería de Sistemas, 2008. Nuevo Penum. http://grupo-ingenieria-y-software.udea.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=5. Universidad de Antioquia.

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

Facultad de Minas



Escuela de Ingeniería de Sistemas

Pregrado

- ❖ Ingeniería de Sistemas e Informática.



Áreas de Investigación

- ❖ Ingeniería de Software.
- ❖ Investigación de Operaciones.
- ❖ Inteligencia Artificial.

Escuela de Ingeniería de Sistemas
 Dirección Postal:
 Carrera 80 No. 65 - 223 Bloque M8A
 Facultad de Minas, Medellín - Colombia
 Tel: (574) 4255350 Fax: (574) 4255365
 Email: esistema@unalmed.edu.co
<http://pisis.unalmed.edu.co/>



Posgrado

- ❖ Doctorado en Ingeniería-Sistemas.
- ❖ Maestría en Ingeniería de Sistemas.
- ❖ Especialización en Sistemas con énfasis en:
 - Ingeniería de Software.
 - Investigación de Operaciones.
 - Inteligencia Artificial.
- ❖ Especialización en Mercados de Energía.

