

# Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes

## Instructional planning model in intelligent tutorials systems

Francisco J. Arias S., MSc(C)., Jovani A. Jiménez B., PhD., Demetrio A. Ovalle C., PhD.  
GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial Escuela de Ingeniería de Sistemas  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín  
{fjarias, jajimen1, dovalle}@unalmed.edu.co

Recibido para revisión 10 de enero de 2009, aceptado 20 de mayo de 2009, versión final 30 de mayo de 2009

**Resumen-** Con el crecimiento y popularidad del Internet los sistemas de educación basados en la Web se están volviendo más y más atractivos, sin embargo, la mayoría de éstos no son más que una red de páginas con contenido estático. Para mejorar estas aplicaciones se debería ofrecer más adaptabilidad, permitiendo de esta manera adecuar los contenidos educativos a las características de los usuarios. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar un modelo de planificación Instruccional que pueda ser aplicado en los Sistemas Tutoriales Inteligentes. Dicho modelo se fundamenta en el nivel de conocimientos de los estudiantes, en la teoría de planificación de la Inteligencia Artificial (IA) y en la estructura de cursos aplicada en el Sistema Tutorial Inteligente CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos).

**Palabras Clave-** E-learning, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Planificación Instruccional, Secuenciamiento del Currículo, Nivel de Conocimientos.

**Abstract-** As a result of the growing and expansion of Internet Web based educational systems are becoming more and more attractive, however, most of them are nothing but static content pages network. In order to improve these applications it should be provided to them more adaptability, enabling them to offer educational content in correspondence with the characteristics of the students. In this way, the aim of this paper is to present an instructional planning model to be incorporated into the Intelligent Tutoring System. This model is essentially based on the level of knowledge of students in the planning theory of Artificial Intelligence (AI) and based also on the course's structure used by the CIA Intelligent Tutorial System (Intelligent Adaptive Virtual Courses).

**Keywords-** E-learning, Intelligent Tutorial Systems, Instructional Planning, Curriculum Sequencing, Student Level of Knowledge.

### I. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Tutoriales Inteligentes se diferencia de los métodos de aprendizaje tradicionales por que en estos no solo se escucha y se toma nota en forma pasiva, si no que los estudiantes, de forma autónoma y personalizada, realizan algunas actividades de aprendizaje significativo que buscan principalmente responsabilizarlo con tareas específicas y desarrollar la confianza y la experiencia directa.

El principal enfoque que se ha dado a los Sistemas Tutoriales Inteligentes es la capacidad de adaptación. A través de esta habilidad, se pretende que el sistema permita que el proceso de enseñanza/aprendizaje sea planificado y ejecutado de acuerdo a las características de cada estudiante y a su ritmo de estudio de forma individualizada.

Existen diversos tipos de adaptación [6]:

- Adaptación de planes instruccionales: busca determinar una secuencia de acciones consistentes, coherentes y continuas, teniendo en cuenta principalmente los Objetivos Instruccionales de un curso y el nivel de conocimiento de un estudiante. Cabe resaltar que una buena planificación de la instrucción debe facilitar la evaluación continua y sistemática de cada uno de los elementos que integran los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Adaptación de evaluaciones: busca determinar un conjunto de preguntas relacionadas con una secuencia de acciones determinada previamente, teniendo en cuenta el nivel de conocimientos y el plan instruccionales que está siguiendo un alumno.

- Adaptación de contenidos: busca seleccionar los mejores objetos de aprendizaje según las características particulares que posee cada estudiante.

En este artículo se pretende abordar la adaptación de planes instruccionales, por lo cual se propone un modelo para generar planes de actividades adaptados a las características de los estudiantes. Dicho modelo se fundamenta en el nivel de conocimientos de los estudiantes, en la teoría de planificación de la Inteligencia Artificial (IA) y en la estructura de cursos aplicada en el Sistema Tutorial Inteligente CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos).

El contenido del artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se presentará una breve descripción del marco teórico y el estado del arte de la problemática abordada. En la sección 3 se mostrará la estructura de los cursos que se aplico para el desarrollo del STI CIA. En la sección 4 se detallará el modelo propuesto para llevar a cabo la planificación instruccional. En la sección 5 se muestran algunos resultados que se obtuvieron al desarrollar el modulo de planificación instruccional siguiendo el modelo propuesto en este artículo y finalmente en la sección 6 se presentarán las conclusiones y el trabajo futuro.

**II. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA Y ESTADO DEL ARTE**

En esta sección se realizará una contextualización de los conceptos que intervienen en la problemática de estudio, como son: Sistemas Tutoriales Inteligentes, planificación, planificación Instrucciona l y Técnicas de Planificación Instrucciona l. Posteriormente se realizará la revisión del estado del arte, donde se detallarán brevemente algunos trabajos relacionados con la construcción de Sistemas de enseñanza/aprendizaje.

**A. Sistemas Tutoriales Inteligentes**

Los STI son sistemas computacionales que están diseñados para impartir instrucción y apoyar inteligentemente los procesos de enseñanza aprendizaje mediante la interacción con el alumno [2].

Los STI están diseñados para que el estudiante realice un conjunto de actividades que le ayudaran a adquirir nuevo conocimiento. Dichos planes son constantemente re-planificado de acuerdo a los hallazgos encontrados en el aprendiz.

Para poder llevar a cabo dicha planificación, los STI hacen uso de 4 modelos (ver figura 1):

- Modelo Pedagógico. Es el encargado de decidir qué acciones pedagógicas se realizan, cómo se realizan y cuándo se realizan teniendo siempre en cuenta las características de los estudiantes, de tal manera que se puedan elegir de forma apropiada un conjunto de acciones a resolver. dicho modelo se encarga de controlar y criticar el rendimiento del aprendiz.
- Modelo Dominio. Es el componente que provee el dominio

del conocimiento que se pretende enseñar. Este conocimiento debe estar organizado pedagógicamente para facilitar la tarea del módulo pedagógico.

- Modelo del Estudiante. Encargado de administrar la información de cada estudiante. Algunos elementos que dicho modelo conoce son las características de aprendizaje del alumno, el nivel académico, las dificultades y las motivaciones. Dicha información es de gran importancia para hacer posible la planificación y re-planificar de actividades [1]. Cabe resaltar que el nivel académico es dinámico (este cambia a medida que el estudiante avanza en el curso), y las características de aprendizaje del alumno son estáticas (se captura por medio de diversos test).

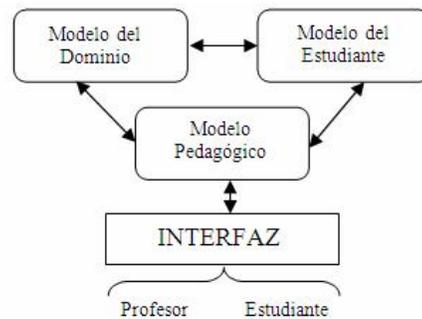


Figura 1. Arquitectura Genérica STI [1].

**B. Planificación**

La planificación desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial (AI por sus siglas en ingles) consiste en encontrar un conjunto de acciones que permitan alcanzar un estado objetivo, a partir de un estado inicial. Es importante aclarar que las acciones deben ser formuladas sobre un conjunto de elementos (propios del dominio) y pueden ser llevadas a cabo, siempre y cuando se cumplan un conjunto de restricciones previamente definidas (Ver Figura 2).

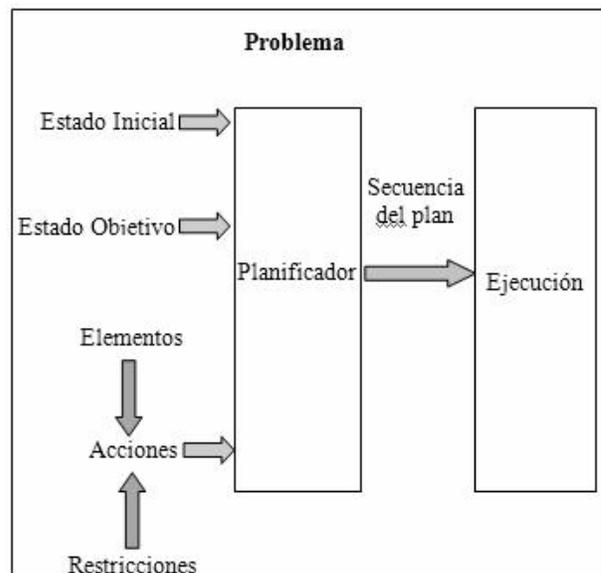


Figura 2. Sistema de Planeación Clásico (Tomada de [7]).

En la gran mayoría de problemas, podemos abstraer los elementos necesarios para construir un sistema de planificación: problema, un punto de partida o estado inicial, un objetivo a alcanzar o estado final, elementos que son relevantes en el problema (definidos por el tipo de dominio), acciones a nuestra disposición para resolver el problema (estas acciones deben ser aplicadas sobre los elementos y toda acción conlleva a un resultado) y las restricciones o precondición sobre las acciones.

Es importante aclarar que los resultados que se obtienen de aplicar una acción pueden habilitar o inhabilitar una restricción.

### C. *Planificación Instruccional*

La Planificación Instruccional tiene como principal objetivo lograr procesos de enseñanza y aprendizaje de calidad, pertinentes desde el punto de vista social, tecnológico y científico, los cuales permitan a los estudiantes alcanzar aprendizajes significativos y su formación integral [3]. La Planificación Instruccional es para los docentes y los estudiantes como una especie de brújula, la cual sirve de guía a la hora de seleccionar y organizar los contenidos, medios, estrategias, metodologías, tiempo y duración del proceso de enseñanza.

De esta forma se puede decir entonces que la Planificación Instruccional constituye una de las tareas más importantes en los sistemas educativos para lograr la adaptación de la instrucción al aprendiz. Es el componente encargado de determinar la secuencia de las acciones (Plan) de manera consistente, coherente y continua, las cuales maximizan las actividades de aprendizaje de cada alumno para alcanzar los Objetivos Instruccionales durante una sesión de aprendizaje.

Cabe resaltar que una buena planificación de la instrucción debe facilitar la evaluación continua y sistemática de cada uno de los elementos que integran los procesos de enseñanza y aprendizaje y además.

### D. *Técnicas de Planificación Instruccional*

La evolución de las técnicas de IPs ha sido paralela a los avances de las técnicas de resolución de problemas en la AI [7]. Los primeros sistemas de los años 60s disponían de un plan instruccional condicional prefijado por un profesor. Este definía el curso mediante una secuencia de actividades de enseñanza estableciendo ciertos puntos de decisión en los que, dependiendo de las necesidades del aprendiz se podía tomar un camino u otro. Estos planes eran costosos de crear y difíciles de modificar.

El siguiente paso en la evolución fueron los planificadores algorítmicos, en los que se implementa la secuencia de actividades de enseñanza en un algoritmo. Estos algoritmos se complicaban en gran medida en dominios complejos y eran difíciles de alterar. Para mejorar la flexibilidad de los planificadores se utilizaron sistemas de producción combinados con agendas y/o pizarras con costosa construcción y mantenimiento.

Posteriormente surgen técnicas de planificación instruccional que utilizan el razonamiento basado en casos.

A continuación se explicará en qué consisten los planes instruccionales prefijados, los planificadores algorítmicos y la planificación instruccional fundamentada en el razonamiento basado en casos.

1) *Planes instruccionales prefijados*: Estos planes definen los cursos mediante una secuencia de actividades de enseñanza estableciendo ciertos puntos de decisión, en los que dependiendo de las necesidades del aprendiz se puede tomar un camino u otro (ver figura 3) [8].

Es claro entonces que para generar un curso que satisfaga a todos los estudiantes, se requiere identificar todas las necesidades y generar un plan instruccional por cada tipo de necesidad, por lo cual crear cursos siguiendo planes instruccionales prefijados resulta muy costoso y difícil de modificar.

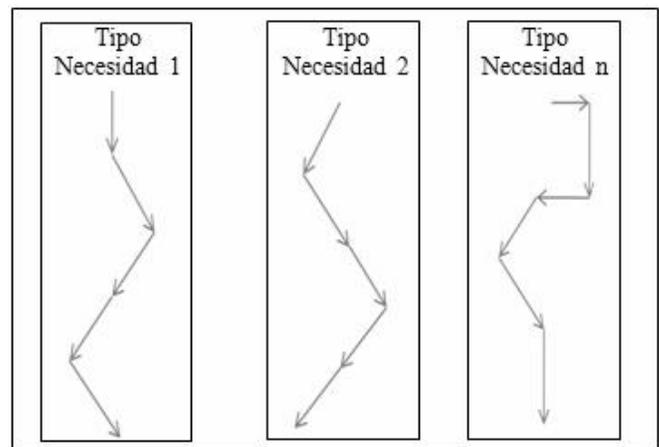


Figura 3. Plan instruccional por tipo de necesidad.

todos los estudiantes, se requiere identificar todas las necesidades y generar un plan instruccional por cada tipo de necesidad, por lo cual crear cursos siguiendo planes instruccionales prefijados resulta muy costoso y difícil de modificar.

2) *Planificadores Algorítmicos*: La idea de este tipo de planificación es crear todos los componentes de un curso y relacionar cada componente con uno o varios componentes, de tal manera que existan relaciones que conllevan al entendimiento de un curso de principio a fin.

Para desarrollar un planificado de este tipo se deben entonces identificar los objetivos educativos y relacionarlos entre sí [5], identificar las necesidades de los estudiantes y con la ayuda de un planificador (Planificación por red jerárquica de tareas HTN, Planificador Simple Hierarchical Ordered Planner 2, etc) generar un plan de principio a fin (ver figura 4).

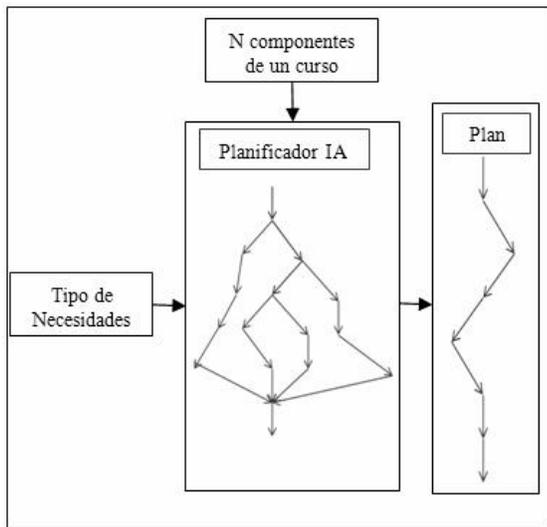


Figura 4. Planificadores algorítmicos.

3) Razonamiento basado en casos: El Razonamiento Basado en Casos (CBR por sus siglas en inglés) es una técnica de la AI que intenta llegar a la solución de nuevos problemas de forma similar a como lo hacen los seres humanos utilizando la experiencia acumulada hasta el momento en acontecimientos similares. Un nuevo problema se compara con los casos almacenados previamente en la base de casos (Memoria de Casos) y se recuperan uno o varios casos. Posteriormente se utiliza y evalúa una solución sugerida, por los casos que han sido seleccionados con anterioridad, para tratar de aplicarlos al problema actual.

En la figura 5 se representa la forma como se utiliza el razonamiento basado en casos para seleccionar un plan instruccional de un estudiante con necesidades similares a las de otro estudiante. Es importante aclarar que el caso que se representa en la figura debe ser recuperado de la memoria de casos.

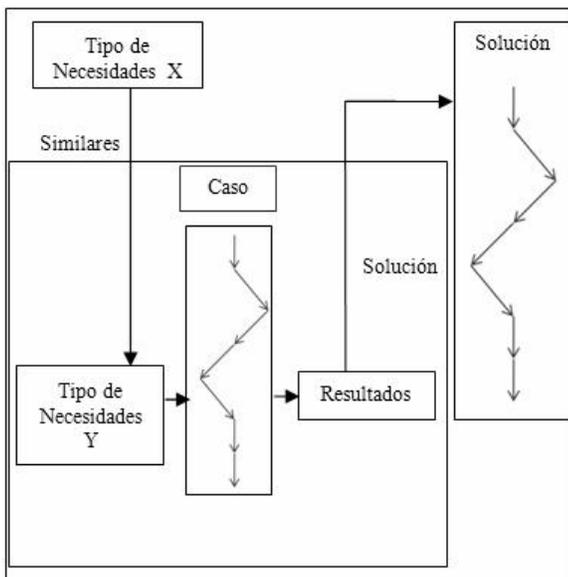


Figura 5. Selección de un plan utilizando el razonamiento basado en casos.

**E. Estado del Arte**

Algunos trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas de enseñanza/aprendizaje y adaptabilidad son:

Jiménez [6] propone un modelo de planificación instruccional usando Razonamiento Basado en Casos para Sistemas Multi-Agente pedagógicos. El modelo permite adaptar la instrucción a las necesidades específicas de cada aprendiz, concediendo al ambiente de enseñanza / aprendizaje de flexibilidad y autonomía gracias a los atributos de los agentes de software. Adicionalmente el sistema integra Ambientes Colaborativos de Aprendizaje Apoyados por Computador (CSCL) que permiten propiciar procesos de enseñanza /aprendizaje de manera colaborativa.

Una limitación de este trabajo es que los planes de actividades pueden ser generados de forma incompleta si las características de los casos no cubren de manera adecuada la totalidad del espacio de soluciones por lo cual se requiere de un gran repositorio de casos que se puedan adaptar a las características de cada estudiante.

Duque presenta en [4] un Modelo para la generación de cursos virtuales que se adaptan a las características propias de cada estudiante. El modelo está orientado por metas u objetivos educativos que se espera que cumpla un estudiante cuando toma un curso. En este trabajo se optó por técnicas de planificación inteligente.

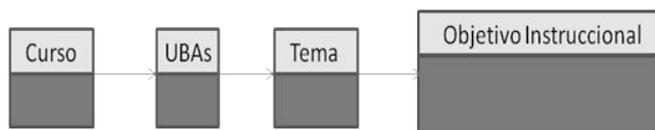
Una limitación de este trabajo es que cuando un estudiante se inscribe en un curso, se genera un listado de actividades que deben ser realizadas por el estudiante en cualquier orden sin tener en cuenta su nivel de conocimiento.

Salcedo et al. [9] describe una aplicación que integra los SMAs con los STIs, llamada Mistral la cual es una herramienta que facilita la creación y administración de cursos virtuales a distancia. Un aspecto especial de esta propuesta, que influye en la capacidad de adaptación al usuario, es la posibilidad de diagnosticar el nivel de conocimiento del estudiante, su perfil de usuario y sus estilos de aprendizaje. Esto se hace con el fin de poder elegir la mejor estrategia de enseñanza y el mecanismo de evaluación más adecuado para cada aprendiz.

Una limitación del trabajo de Salcedo es la generalidad para abarcar cualquier dominio del conocimiento pues algunas estrategias y actividades de enseñanza/aprendizaje son propias de ciertas áreas del conocimiento.

**III. ESTRUCTURA GENERAL DE UN CURSO EN EL STI CIA**

Los cursos del sistema CIA se encuentran soportados por una estructura general que contemplan 4 conceptos principales (ver figura 6):



**Figura 6.** Subdivisión de los cursos en 4 componentes principales.

- **Curso:** los cursos son los elementos más generales de la arquitectura. Estos representan un marco en el cual los distintos protagonistas del proceso (profesores, monitores y alumnos) pueden interactuar entre sí de forma instantánea, en cualquier momento y directa, desde cualquier lugar.
- Para definir el concepto curso es necesario especificar los siguientes elementos: Nombre y Descripción.
- **Unidad Básica de Aprendizaje (UBA):** elemento que recogen una gran cantidad de información. Pueden verse como una subdivisión de cursos y son similares a los capítulos de un libro. Una UBA no puede ser evacuada en una sola sesión de un curso [1].
- Para definir una UBA es necesario especificar los siguientes elementos: Curso asociado, Nombre y Descripción.
- **Tema:** elemento que envuelve un conjunto de conceptos que son importantes según el profesor para el aprendizaje del estudiante. Un tema puede ser evacuado en una sesión del curso.
- Para definir un Tema es necesario especificar los siguientes elementos: UBA asociada, Nombre y Descripción.
- **Objetivos Instruccionales:** Demuestran la intención del maestro sobre lo que los estudiantes deben aprender. Un objetivo instruccional se alcanza mediante la realización de actividades y de evaluaciones.

Para definir un Objetivo Instruccional es necesario especificar los siguientes elementos: Tema asociado, Nombre y Descripción.

#### IV. MODELO PROPUESTO

Teniendo en cuenta la subdivisión de cursos y los elementos necesarios para realizar planificación desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial, se definirán a continuación cada uno de los componentes del modelo de planificación instruccional a nivel de objetivos instruccionales en un curso.

- **Problema:** los estudiantes buscan adquirir los conocimientos de un curso específico.
- **Estado inicial:** el estudiante posee conceptos básicos en el área, los cuales le ayudarán a entender y aprender nuevos conceptos.

- **Estado final:** el estudiante ha adquirido nuevo conocimiento logrando de esta manera alcanzar uno o varios objetivos instruccionales.
- **Actividades:** para nuestro caso las actividades deben ser predefinidas por los docentes en el momento de construir un curso y deben estar asociadas a los objetivos instruccionales. Cuando se crean actividades se debe tener en cuenta que dichas actividades deben estar enfocadas a la búsqueda del objetivo instruccional al que se encuentra asociada
- **Elementos:** para nuestro caso los elementos son todos los objetos de aprendizaje que serán utilizados cuando se realice una actividad. Estos objetos de aprendizaje deben contar con metadatos específicos que permitan llevar a cabo la selección de contenidos de forma adaptativa.
- **Derechos:** La información sobre los derechos de propiedad y sobre el recurso.
- **Elementos relacionados principalmente con la instanciación del recurso:**
- **Restricciones:** las restricciones pueden ser formuladas a dos niveles.

El primer nivel tiene que ver con la estructura del curso y pueden ser denominadas como prerrequisitos por objetivo instruccional. Estos prerrequisitos indican que objetivos deben ser alcanzados, para intentar lograr otro objetivo instruccional. Debido a la subdivisión de los cursos en los 4 componentes detallados anteriormente, cuando se define un prerrequisito sobre un objetivo instruccional, dicho prerrequisito también puede aplicarse sobre un tema, una UBA y al curso (ver figura 7).

El segundo nivel tiene que ver con la formación de los estudiantes y pueden ser denominadas como prerrequisitos por estudiante. Los elementos de información del estudiante que el sistema almacenará con fines adaptativos son [1]: datos y características personales, perfil académico, perfil personal, características contextuales, historial y conocimiento de las tareas (ver figura 8).

Cuando el docente defina un curso a este detalle tendrá una estructura similar a la presentada en la figura 9. Las flechas continuas de la figura 9 representan los prerrequisitos que están asociados a cada objetivo instruccional. Cuando una flecha continua apunta a un tema, esto quiere decir que el objetivo instruccional tiene como prerrequisitos todos los objetivos instruccionales del tema apuntado.

A medida que los estudiantes avanzan en un curso, van adquiriendo nuevo conocimiento que les permite a su vez habilitar nuevos temas. De esta manera se puede lograr la planificación instruccional basada en el secuenciamiento del currículo.

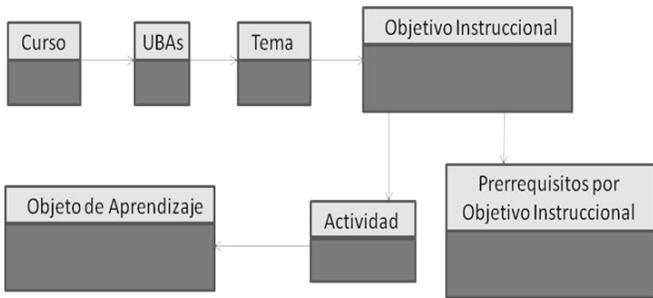


Figura 7. Subdivisión de cursos con restricciones de primer nivel.

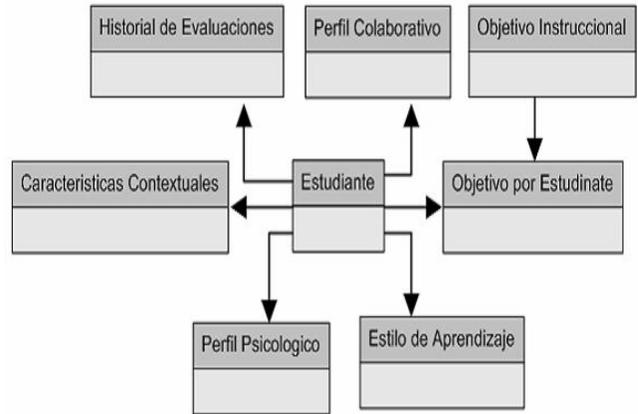


Figura 8. Subdivisión de cursos con restricciones de primer nivel.

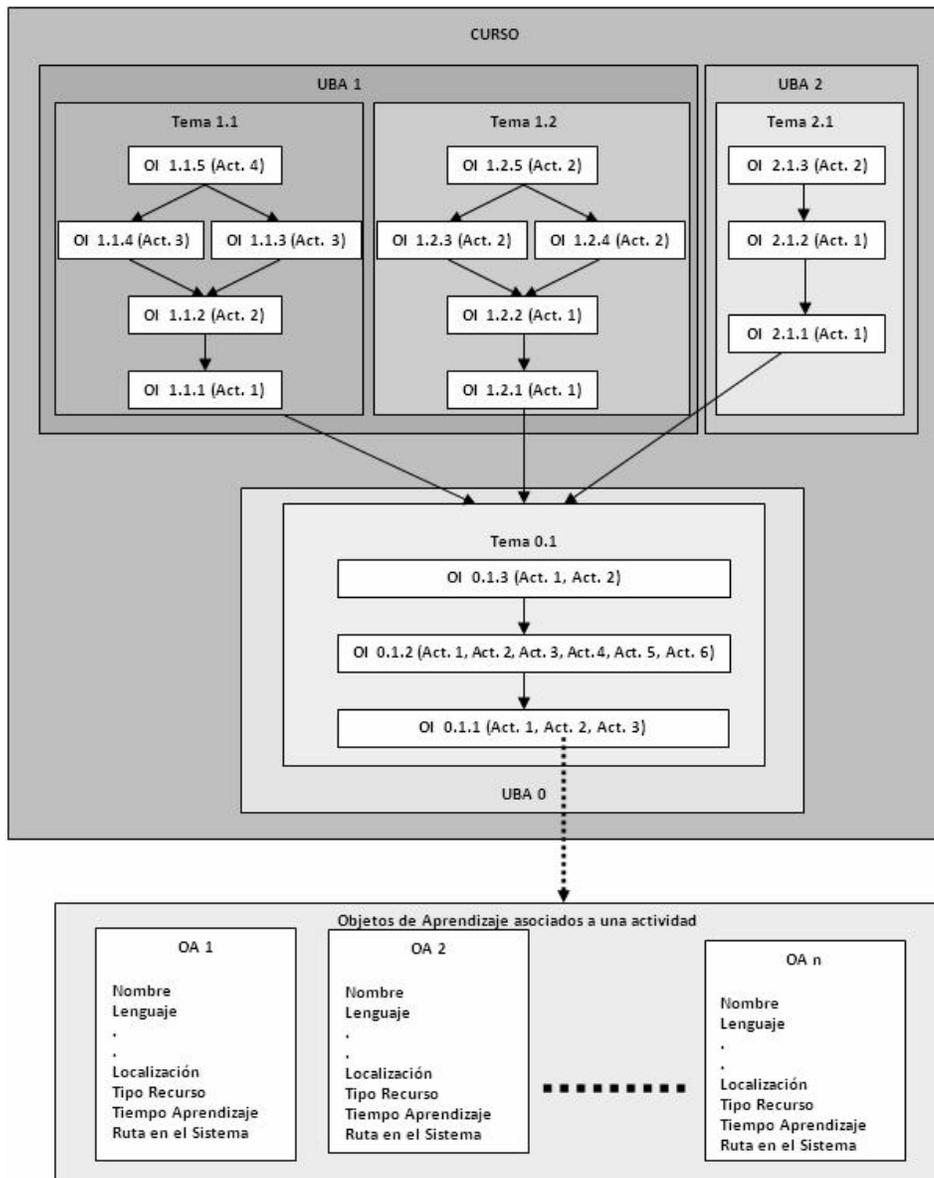


Figura 9. Subdivisión de cursos con restricciones de primer nivel.

Para verificar que un estudiante aprendió los conceptos relacionados con el tema o los objetivos instruccionales revisados, se realiza una evaluación del plan al finalizar su respectiva revisión.

**V. RESULTADOS**

A continuación se presentará algunos resultados que se obtuvieron al aplicar el modelo propuesto en este artículo, para un estudiante que se inscribe en el sistema.

Cuando el estudiante ingresa en el sistema, se le habilita la opción "Cursos Disponibles" donde puede seleccionar uno o varios cursos en los que desee participar (ver figura 10).

En el momento que el estudiante se inscribe en uno de los cursos que se encuentran disponibles en el sistema, inmediatamente se habilita el proceso de planificación generando un estado inicial y un estado final para dicho estudiante.

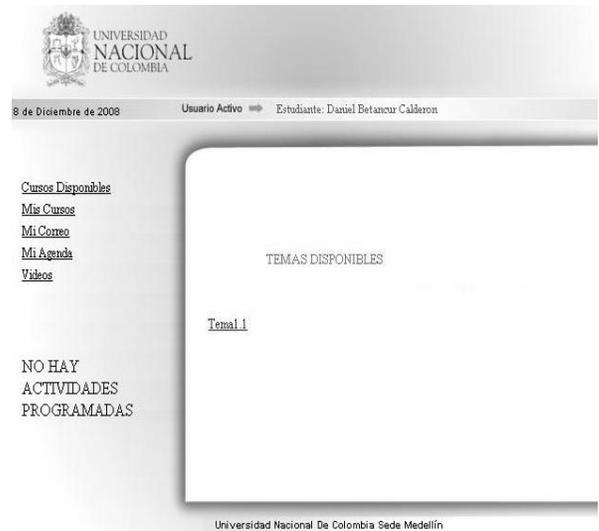
El estado inicial se encuentra conformado por los objetivos instruccionales del curso y los datos que indican si el objetivo ha sido aprobado, se encuentra habilitado o si ha sido estudiado en ocasiones anteriores. Por cada estudiante inscrito en un curso se debe generar una tabla que represente dicho estado inicial (ver figura 11).

Estado Final: El estado final es representado por una tabla similar a la enseñada en la figura 11, pero la gran diferencia es que en la columna de aprobado y habilitado deben existir solo unos y ningún cero, lo cual quiere decir que el estudiante ya ha alcanzado todos los objetivos instruccionales del curso.

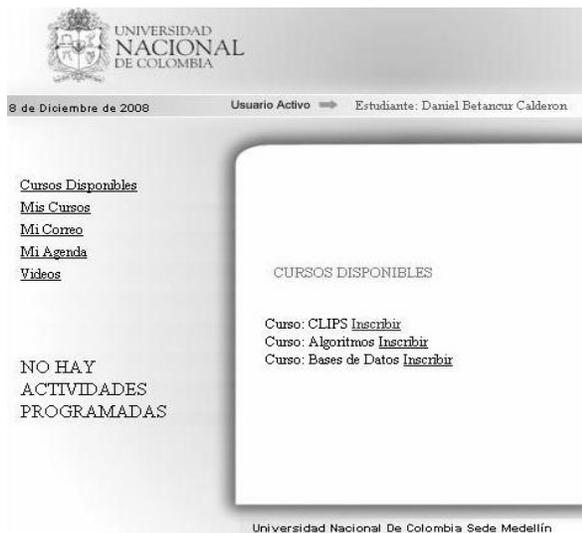
Siempre que un estudiante desee revisar el curso, se verifica si el estado inicial del estudiante es igual al estado final, en caso de ser diferente se debe verificar que objetivos instruccionales pueden ser presentados al estudiante (según el campo habilitado), agruparlos por tema y presentarle el tema o los temas disponibles y las actividades planificadas para el tema o los temas seleccionados (ver figura 12 y 13).

idEstudiante	idCurso	idUBA	idTema	idObjetivoInstruccional	aprobado	habilitado	estudiado
d	1	1	1	1	1	0	1
d	1	1	1	2	2	0	1
d	1	1	1	3	3	0	1
d	1	2	1	1	1	0	0
d	1	2	1	2	2	0	0
d	1	2	1	3	3	0	0
d	1	2	1	4	4	0	0
d	1	2	1	5	5	0	0
d	1	2	2	1	1	0	0
d	1	2	2	2	2	0	0
d	1	2	2	3	3	0	0
d	1	2	2	4	4	0	0
d	1	2	2	5	5	0	0
d	1	3	1	1	1	0	0
d	1	3	1	2	2	0	0
d	1	3	1	3	3	0	0

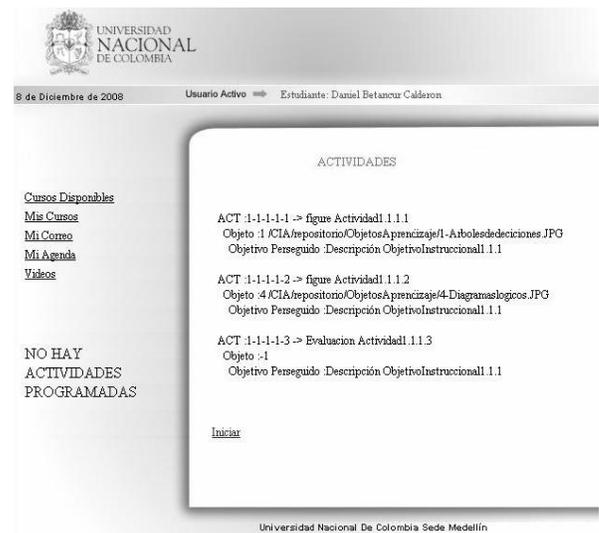
**Figura 11.** Estado Inicial de un estudiante en un curso.



**Figura 12.** Tema que agrupa Objetivos Instuccionales habilitados.



**Figura 10.** Cursos Disponibles.



**Figura 13.** Actividades planificadas para un tema seleccionado.

A medida que el estudiante revisa el plan generado, se le presentan diversos objetos de aprendizaje que le permiten adquirir nuevos conocimientos en el área (ver figura 14). En el momento se cuentan con 6 tipos de objetos de aprendizaje: imágenes, documentos, audio y videos.

Cuando el estudiante realiza todas las actividades que fueron planificadas, se lleva a cabo una evaluación, para verificar que conceptos a comprendido el alumno y que conceptos debe reforzar (ver figura 15).

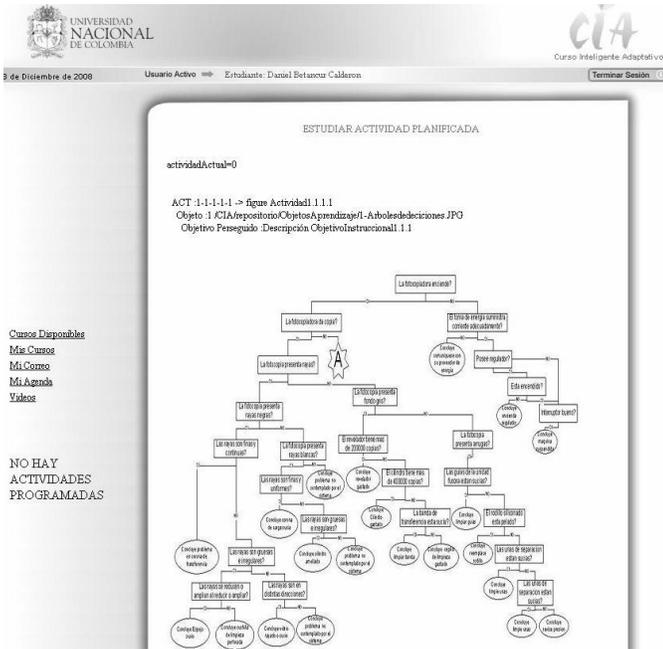


Figura 14. Objetivo de aprendizaje asociado a una actividad específica.

The screenshot shows a 'EVALUACION DEL TEMA' form. It begins with the instruction: 'Para las siguientes afirmaciones elija FALSO Y VERDADERO segun sea el caso:'. There are three numbered questions, each with two radio button options: 'FALSO' and 'VERDADERO'.  
 0) Los SBC no pretenden en ningún momento imitar el pensamiento humano, tan solo la habilidad de un profesional en el tema.  
 1) La Base de conocimientos se encarga de adquirir nuevo conocimiento y actualizar el existente.  
 2) La interfaz hombre-máquina explica el comportamiento del sistema, argumentando las razones por las cuales formula cierta pregunta, hace un razonamiento ó llega a una conclusión específica.  
 3) El Mecanismo de Aprendizaje es el módulo responsable de adquirir nuevo conocimiento y actualizar el existente.  
 Below these are 'Preguntas de SELECCION MULTIPLE CON MULTIPLE RESPUESTA:' followed by a question: '4) Cuáles son lenguajes de programación específicos de la Inteligencia Artificial para la generación de SBC'. There are four checkboxes: 'C', 'LISP', 'PASCAL', and 'PROLOG', with 'LISP' and 'PROLOG' checked.

Figura 15. Evaluación generada para un plan de actividades.

Cuando el estudiante finaliza la evaluación, se modifica el estado inicial, colocando un uno en el campo "aprobado" de cada objetivo instruccional que se alcanzó (los cuales fueron evaluados y aprobados) y habilitando los objetivos instruccionales que tengan como prerrequisitos objetivos instruccionales que se han aprobado. Los estudiantes pueden ver gráficamente el avance en un curso específico, tal como se muestra en la figura 16.

Avance en el curso por Objetivos Instruccionales

The screenshot shows a table titled 'Objetivo Instruccionales'. At the top, there are tabs for 'Prerrequisitos', 'Aprobado', 'Estudiado', 'Habilitado', and 'Pendiente'. Below this is a table with columns for 'Prerrequisitos' and three columns for 'Aprobado', 'Estudiado', and 'Pendiente'. The rows list various objective IDs from 1.1.1.1 to 1.3.1.3. A tooltip for 'ObjetivoInstruccion1.1.3' is visible, stating 'Conocer y entender los elementos principales de un motor de búsqueda.'

Figura 16. Avance del estudiante en un curso.

De esta manera a medida que los estudiantes realizan actividades y evaluaciones se modifica el estado inicial (asemejándose cada vez más al estado final) tal como se presenta en la figura 17, y se eliminan restricciones que permiten habilitar nuevas actividades, las cuales deben ser replanificadas (ver figura 18).

idEstudiante	idCurso	idUBA	idTema	idObjetivoInstruccional	aprobado	habilitado	estudiado
d	1	1	1	1	1	1	1
d	1	1	1	2	1	1	1
d	1	1	1	3	1	1	1
d	1	2	1	1	0	1	0
d	1	2	1	2	0	1	0
d	1	2	1	3	0	1	0
d	1	2	1	4	0	1	0
d	1	2	1	5	0	1	0
d	1	2	2	1	0	1	0
d	1	2	2	2	0	1	0
d	1	2	2	3	0	1	0
d	1	2	2	4	0	1	0
d	1	2	2	5	0	1	0
d	1	3	1	1	0	1	0
d	1	3	1	2	0	1	0
d	1	3	1	3	0	1	0

Figura 17. Estado Inicial modificado.

## VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se presentó en este artículo un modelo de planificación instruccional, el cual tiene en cuenta el nivel de conocimientos de los estudiantes, la teoría de planificación propuesta en el área de Inteligencia Artificial y la estructura de cursos aplicada en el Sistema Tutorial Inteligente (STI) CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos), con este modelo se busca superar las debilidades identificadas en la revisión del estado del arte para la generación de planes de actividades en los procesos de enseñanza / aprendizaje en Cursos Virtuales.

La validación de este modelo se realizó a través de la construcción de un módulo de planificación instruccional en el Sistema Tutorial Inteligente (STI) CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos). En CIA se planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para un curso virtual, adapta las evaluaciones y re planifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

Como trabajo futuro se pretende ampliar este modelo, de tal manera que contemple la recuperación de contenidos de forma automática.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado por COLCIENCIA (Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología), quien apoyó al estudiante Francisco Javier Arias Sánchez con la Convocatoria Jóvenes Investigadores (2008-2009), en la cual se está desarrollando el Proyecto "Modelo Multi-Agente para la Planificación Instruccional en Cursos Virtuales Adaptativos siguiendo el estándar SCORM". Adicionalmente se agradece a la DIME (Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín), quien financió el proyecto de investigación "Recuperación y gestión de objetos de aprendizaje para sistemas tutoriales inteligentes mediante agentes de software" y apoyo al estudiante Francisco Javier Arias Sánchez con la Convocatoria Nacional de Investigación 2009 Modalidad V, para desarrollar su tesis de maestría en Ingeniería de Sistemas.

## REFERENCIAS

- [1] Arias F.; Jiménez, M & Ovalle D. (2008) Modelo Multi-Agente basado en la Web para Planificación Instruccional y Evaluación Adaptativa en Cursos Virtuales. IX Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Caracas, Venezuela.
- [2] Brusilovsky, P., et al. (2007) Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. En P. Brusilovsky, A. Kobsa, and W. Nejdl (Eds.): The Adaptive Web, LNCS 4321, pp. 3 - 53, 2007.
- [3] Brusilovsky, P., Karagiannidis, C., Sampson, D. (2004) "Layered evaluation of adaptive learning systems", Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning, Vol. 14, Nos. 4/5, pp.402-421.
- [4] Duque, N., et al, (2007) Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente. Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol. 4 No. 1 ISSN 16577663. Junio de 2007.
- [5] Duque, N. (2005) Módulo de cursos virtuales adaptativos en un ambiente de planificación inteligente. Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- [6] Jiménez, J., et al., (2008) Uso de Técnicas de Inteligencia Artificial en Ambientes Distribuidos de Enseñanza. Revista Educación en Ingeniería Vol. N°5 Pp. 98-106 ISSN 1900-8260. Junio de 2008.
- [7] Jiménez, J. (2006) Un Modelo de Planificación Instruccional usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multi-Agente para entornos integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje. Tesis de Doctorado en Ingeniería - Área Sistemas e Informática. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- [8] Ovalle, D., et al., (2007) Análisis funcional de la estrategia de aprendizaje individualizado adaptativo. Proyecto de investigación - DIME - Vicerrectoría de investigación. Modelo de sistema multi-agente de cursos adaptativos integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje.
- [9] Salcedo, P., Labraña, C., Farrán, Y. (2002) Una Plataforma Inteligente de Educación a Distancia que incorpora la Adaptabilidad de Estrategias de Enseñanza al Perfil, Estilos de Aprendizaje y Conocimiento de los Alumnos. infoUYclei, Congreso Uruguayo de Informática y Centro Latinoamericano de Estudios en Informática.



**Francisco Javier Arias Sánchez.** Estudiante de segundo año de Maestría en Ingeniero de Sistemas de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Integrante del GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias. Ha trabajado durante los últimos tres años como monitor académico de investigación en los tres proyectos del GIDIA titulados: "Diseño e implementación de un sistema Multi-Agente que simule el comportamiento del mercado energético en Colombia", "Modelo de Sistema Multi-Agente de Cursos Adaptativos Integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje" y "Herramienta informática para el diagnóstico automático de eventos en líneas de transmisión de energía eléctrica", este último en colaboración con GAUNAL (Grupo de Automática de la Universidad Nacional de Colombia), ISA y cofinanciado por Colciencias



**Jovani Alberto Jiménez Builes.** Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Pasantía posdoctoral massachusetts institute of technology (USA), Tokyo Institute of technology (Japón) Doctor en Ingeniería Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Pasantía Doctoral Grupo de Inteligência Artificial Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil. Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. jajimen1@unal.edu.co (574)425-5222.



**Demetrio Arturo Ovalle Carranza.** Profesor Asociado, Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Director del GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias. Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia (1984). Magister en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia (1987). Doctor en Informática de la Université Joseph Fourier, Francia (1991). El área de énfasis de su investigación es Inteligencia Artificial, más específicamente Sistemas Híbridos Inteligentes integrando Redes Neuronales, Sistemas de Lógica Difusa, Redes de Sensores Inalámbricos y Sistemas Multi-Agente aplicados a la Computación Ubicua, Simulación de los Mercados de Energía, Detección de Fallas en Líneas de Transmisión, E-learning, etc. Otros tópicos de investigación que trabaja actualmente son: Inteligencia Artificial en Educación, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Sistemas basados en CBR (Case- Based Reasoning) y Técnicas de Planificación Inteligente aplicadas a la Construcción de Sistemas de Composición de Servicios Web.