

## GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CURSOS VIRTUALES PERSONALIZADOS Y COLABORATIVOS CON ENFOQUE MULTI-AGENTE

Francisco Arias Sánchez, Demetrio Ovalle Carranza y Jovani Jiménez Builes  
Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia)

### Resumen

Con el crecimiento y popularidad del Internet, los sistemas de educación están volviéndose más atractivos, sin embargo, la mayoría de éstos no son más que una red de páginas con contenido estático. Por esta razón, hoy en día, no se cuenta con una metodología específica que facilite la construcción de Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) que permitan adaptar los contenidos a las características del usuario y que adicionalmente facilite el uso de herramientas colaborativas que refuercen los conocimientos. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar una guía metodológica que permita llevar a cabo el análisis, diseño y desarrollo de STI con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje Asistidos por computador o CSCL (por su acrónimo en inglés Computer Supported Collaborative Learning) basados en el paradigma de Sistemas Multi-Agente (SMA). Cabe resaltar que esta aproximación metodológica se validará a través de la implementación de un prototipo el cual está siendo desarrollado en el proyecto CIA (Cursos virtuales Inteligentes Adaptativos).

**Palabras clave:** Cursos virtuales, sistemas tutoriales inteligentes, ambientes colaborativos de aprendizaje soportados por computador, sistemas multi-agente, aprendizaje personalizado activo.

### Abstract

With the growth and popularity of the Internet, educational systems are becoming more attractive, but most of these are a network of pages with static pedagogical content. For this reason today there aren't specific methodologies to facilitate the construction of Intelligent Tutorial Systems (ITS) allowing adapt contents to the user characteristics and facilitate the use of collaborative tools that enhance knowledge too. Therefore, the objective of this paper is to present a methodological guide for the analysis, design and development of ITS with Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) based on the paradigm of Multi-Agent Systems (MAS). It should be noted that this methodological approach will be validated through the implementation of a prototype which is being developed in the CIA (Adaptative Intelligent virtual courses) project.

**Keywords:** E-learning, intelligent tutorial system, computer supported collaborative learning, multi-agent systems, personalized active learning.

## Introducción

El propósito principal de los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) es facilitar a los alumnos el proceso de aprendizaje, planificando de forma automática un conjunto de actividades adaptadas a sus características, las cuales buscan responsabilizarlos con tareas específicas. De esta manera, podemos decir que los STI se diferencian de los métodos de aprendizaje tradicionales en que el aprendiz no solo escucha y toma nota en forma pasiva, si no que de forma autónoma y personalizada, realiza algunas actividades de aprendizaje significativo.

Por su parte los ambientes colaborativos de aprendizaje asistidos por computador o CSCL (por su acrónimo en inglés Computer Supported Collaborative Learning) son métodos instruccionales que buscan reforzar los conocimientos de los estudiantes a través del esfuerzo colaborativo, suministrando un ambiente que aviva y enriquece el proceso, permitiendo a los alumnos interactuar para solucionar un problema.

El enfoque Multi-Agente ha sido uno de los paradigmas más utilizados recientemente en el desarrollo de sistemas que integran las características de los STI con CSCL, pero no existe una metodología específica que sirva como guía para llevar a cabo su construcción.

Por lo tanto, el objetivo de este artículo es presentar una guía metodológica que permita llevar a cabo el análisis, diseño y desarrollo de STI con CSCL, basados en el paradigma de los SMA que permitan integrar en los cursos las características de aprendizaje personalizado activo descritos anteriormente. Es importante aclarar que esta aproximación metodológica se validará a través de la implementación de un prototipo el cual está siendo desarrollado en el proyecto CIA (Cursos virtuales 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 algunos trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas de enseñanza/aprendizaje. En la sección 3 se presentarán los componentes principales de la guía metodológica propuesta en este artículo,

haciendo énfasis en las estrategias de planificación y en las estrategias colaborativas que pueden ser utilizadas en este modelo. En la sección 4 se presentarán algunos resultados que se obtuvieron al desarrollar el sistema CIA (Cursos virtuales Inteligentes Adaptativos), haciendo uso de esta guía metodológica y, finalmente, en la sección 5 se presentarán las conclusiones y el trabajo futuro.

## Marco teórico y estado del arte de la problemática abordada

En esta sección se realizará una contextualización de los conceptos que intervienen en la problemática de estudio, como son: STI, CSCL y SMA. Posteriormente se presentarán algunos sistemas de enseñanza/aprendizaje que se han construido haciendo uso del paradigma de Sistemas Multi-Agente.

### Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI)

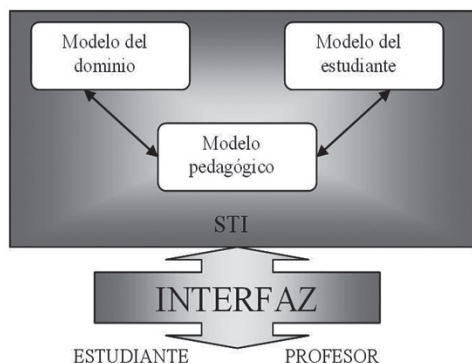
Un STI es una herramienta cognitiva computarizada que busca mejorar los procesos de enseñanza / aprendizaje de los aprendices a partir de la interacción entre varios modelos: dominio, pedagógico y estudiante (Ovalle, Arias, Hoyos, Betancur & Jiménez, 2007).

El término inteligente se refiere a la habilidad que posee el sistema sobre qué enseñar, cuándo enseñar y cómo enseñar imitando la actividad de un profesor real. Para lograrlo, un STI debe identificar las fortalezas y debilidades de un estudiante particular a fin de establecer un plan instruccional que sea consistente con los resultados obtenidos. Debe encontrar la información relevante sobre el proceso de aprendizaje de ese estudiante (como sus preferencias en estilos de aprendizaje) y aplicar el mejor medio de instrucción según sus necesidades individuales.

La arquitectura básica de un STI (ver figura 1) consta de varios componentes para modelar el

conocimiento a enseñar (plasmado en el modelo del dominio), el seguimiento de la actividad del estudiante (o modelo del estudiante), el conocimiento pedagógico que será plasmado en un plan instruccional (modelo pedagógico), y la interfaz de comunicación (con el estudiante y con el profesor) (Ovalle, Arias, Hoyos, Betancur & Jiménez, 2007).

Figura 1. Estructura Básica de un STI (tomada de (Ovalle, Arias, Hoyos, Betancur & Jiménez, 2007))



### Ambientes colaborativos de aprendizaje asistidos por computador

Los CSCL (por su acrónimo en inglés Computer Supported Collaborative Learning) se basan en métodos instruccionales que buscan promover el aprendizaje a través del esfuerzo colaborativo entre estudiantes en una determinada área, suministrando un ambiente que aviva y enriquece el proceso de aprendizaje y donde el alumno interactúa con otros colaboradores para solucionar un problema (Akhras & Self, 2002).

Según Arias & Ovalle (2008) los CSCL están estructurados por medio de una componente estática que contempla los elementos principales que estructuran cada trabajo colaborativo y una componente dinámica que contempla diversos elementos que van cambiando a medida que se realizan los diversos trabajos colaborativos.

### Sistemas multi-agente

Un SMA es una sociedad organizada compuesta por agentes semiautónomos que interactúan entre sí, ya sea para colaborar en la solución de un conjunto

de problemas o en la consecución de una serie de objetivos individuales o colectivos. Estos agentes informáticos pueden ser homogéneos o heterogéneos y pueden tener metas comunes o no, pero siempre involucrarán algún grado de comunicación entre ellos (Wooldridge, 2002).

Los principios de los SMA han mostrado un potencial adecuado en el desarrollo de sistemas de enseñanza debido al hecho de que la naturaleza de los problemas de enseñanza/aprendizaje son más fácilmente resueltos a través de un abordaje cooperativo (Arias, Marulanda & Ovalle, 2006).

Los SMA incluyen diversos agentes que interactúan o trabajan en conjunto. Pueden contener agentes homogéneos o heterogéneos. Cada agente es básicamente un elemento capaz de resolver autónomamente problemas y operar de manera asíncrona, con respecto a los otros agentes. Para que un agente pueda operar como parte del sistema, es necesaria la existencia de una estructura que permita la comunicación y/o interacción entre los agentes que componen el SMA.

El área de los SMA puede ser empleada en modelos de ambientes de enseñanza/aprendizaje donde los elementos pueden ser descompuestos en colecciones de agentes pedagógicos independientes intercambiando información y cooperando mutuamente para la consecución de los objetivos de enseñanza.

### Trabajos relacionados

Algunos trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas de enseñanza/aprendizaje mediante SMA son:

- MAS-PLANG (Multi Agent System – PLANG) Es una herramienta desarrollada para transformar el entorno educativo virtual de las USD (“Unitats de Suport a la Docència”) en un sistema hipertexto adaptativo teniendo en cuenta estilos de aprendizaje. Las técnicas de adaptación están dirigidas a la selección personalizada de los materiales didácticos, las herramientas de navegación y las estrategias de navegación del entorno educativo de acuerdo al estilo de aprendizaje del estudiante. Para el modelado del

estudiante se utilizaron técnicas de inteligencia artificial como el razonamiento basado en casos y la lógica difusa (Peña, Marzo & Fabregat, 2002).

- MACES (Multi-Agent Architecture for an Collaborative Educational System). Es un sistema educativo colaborativo para la educación a distancia desarrollado en la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) en Brasil. Su arquitectura está compuesta por agente humanos (usuarios y profesores) y por cinco clases de agentes de software: Agente diagnóstico, mediador, colaborativo, social y semiótico (Bocca, Jaques & Vicari, 2003).
- AMPLIA (Ambiente Multi-Agente Probabilístico Inteligente de Aprendizaje). Es un ambiente inteligente de aprendizaje, proyectado como un recurso adicional para la formación de los estudiantes de medicina, tiene como objetivo principal apoyar el desarrollo del raciocinio diagnóstico y el modelaje de las hipótesis diagnósticas en el área médica. El ambiente fue desarrollado en la UFRGS en Brasil. AMPLIA tiene como objetivo suministrar una infraestructura y herramienta necesarias para ambientes de Aprendizaje basados en SMA. Los usuarios (estudiantes, profesores y aplicaciones) son representados por agentes autónomos que hacen parte de una reunión social basada en objetivos, que se comunican, cooperan y negocian (Vicari, Flores, Seixas, Silvestre, Ladeira & Coelho, 2003).
- JADE (Java Agent framework for Distance learning Environments) Este sistema Multi-Agente pedagógico ofrece un conjunto de recursos para facilitar el desarrollo e implementación de ambientes computacionales para ser utilizados como instrumentos de la educación a distancia (EAD). Fue desarrollado en la UFRGS en Brasil (Silveira, 2001)

## Guía metodológica

Se propone en este artículo una guía metodológica para analizar, diseñar y desarrollar STI integrados con CSCL, basados en el paradigma de SMA. La guía metodológica toma su fundamento en que los Sistemas Tutoriales Inteligentes poseen una arquitectura básica (ver figura 1) compuesta por 3 modelos específicos (modelo del dominio, modelo

del estudiante y modelo pedagógico) y en que los ambientes colaborativos de aprendizaje asistidos por computador poseen una componente estática y una componente dinámica.

En la etapa 1 de análisis del sistema se contemplan los siguientes pasos:

- 1.1. Especificación de una estructura organizacional.
- 1.2. Definición de los elementos principales del modelo del dominio.
- 1.3. Definición de los elementos principales del modelo del estudiante.
- 1.4. Definición de los elementos principales del modelo pedagógico.
- 1.5. Definición de los elementos de la componente estática del trabajo colaborativo.
- 1.6. Definición de los elementos de la componente dinámica del trabajo colaborativo.
- 1.7. Selección de las estrategias de planificación.
- 1.8. Selección de las estrategias colaborativas.

En la etapa 2 de diseño del sistema se contemplan los siguientes pasos:

- 2.1. Identificación de los actores que participarán en el sistema.
- 2.2. Diseño de un modelo multi-agente pedagógico colaborativo.

En la etapa 3 del desarrollo del sistema se contempla únicamente el siguiente paso:

- Proponer una arquitectura distribuida para identificar la disposición que tendrán los componentes del sistema en el ambiente que será alojado.

A continuación se explicarán cada una de las etapas que componen la guía metodológica, y se detallarán claramente los pasos que contemplan dichas etapas.

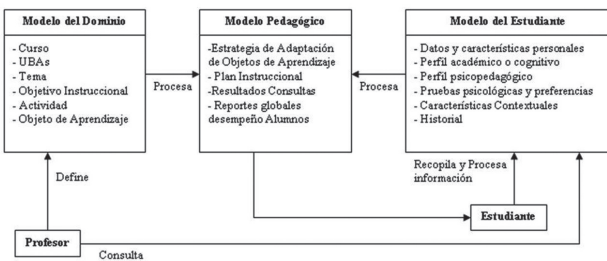
### Etapa de análisis

En esta etapa se pretenden capturar los conceptos principales que se deben tener en cuenta para desarrollar sistemas tutoriales inteligentes integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje, llevando a cabo el desarrollo de 8 pasos.

• **Especificación de la estructura organizacional**

El objetivo principal de este paso es obtener un primer acercamiento de la arquitectura que debe poseer el Sistema Tutorial Inteligente. La estructura organizacional puede ser diseñada con una configuración similar a la que se presenta en la figura 2, la cual permite suministrar un aprendizaje individualizado y tutoría flexible, de tal manera que se pueda proporcionar a los estudiantes un recurso didáctico adaptado a sus características y necesidades educativas.

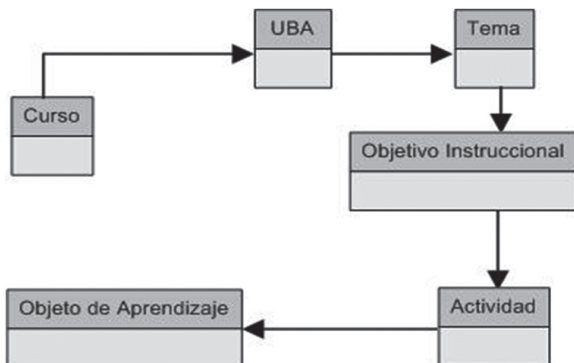
Figura 2. Estructura Organizacional del STI



• **Definición de componentes principales del modelo del dominio**

En este paso se definen los componentes principales del modelo del dominio, el cual comprende los conocimientos que se desean transmitir a los alumnos (el qué enseñar). Para ello, debe describir la estructura o forma en que éstos se encuentran organizados (ver figura 3).

Figura 3. Estructura del Modelo del Dominio de un STI



• **Definición de componentes principales del modelo del estudiante**

Para que un sistema tutorial pueda adaptar los contenidos a las necesidades de los usuarios, dicho sistema debe ser capaz de construir dinámicamente una representación de los intereses del usuario y sus características.

Por esta razón definir correctamente el modelo del estudiante es una etapa muy importante en los sistemas adaptativos, éste debe ser explícito y debe representar el conocimiento, las metas, los intereses y otras características que permitan al sistema distinguir entre varios usuarios (Jiménez & Ovalle, 2002). Las características que se almacenan del estudiante son relevantes en el desempeño del sistema así como sus interrelaciones.

Los elementos de información del estudiante que el sistema almacenará con fines adaptativos son (Duque, 2007): datos y características personales, perfil académico, perfil personal, características contextuales, historial y conocimiento de las tareas (ver figura 4).

Figura 4. Estructura del modelo del estudiante de un STI



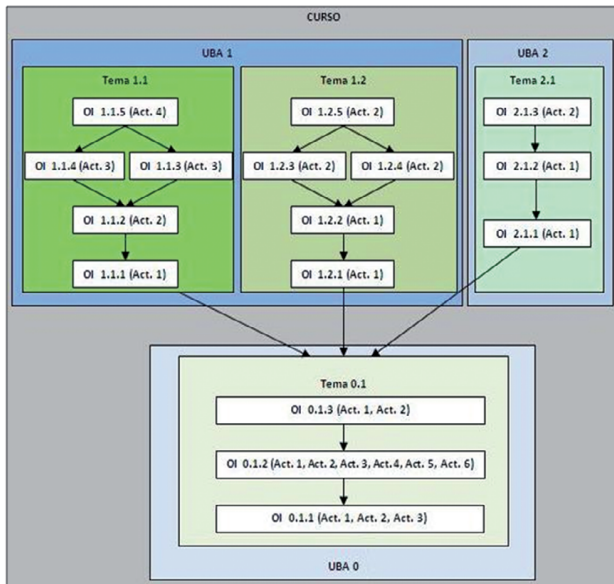
• **Definición de componentes principales del modelo pedagógico**

En este paso se definen las relaciones o prerrequisitos que existen entre cada tema u OI; esto con el fin de poder adaptar los planes de actividades para cada UBA o cada tema que compone un curso.

Para representar dichas relaciones entre objetivos instruccionales se propone realizar un grafo que represente las prioridades y relaciones que existen

entre cada objetivo instruccional para cada tema, como se presenta en la figura 5.

Figura 5. Representación de prerrequisitos entre objetivos instruccionales



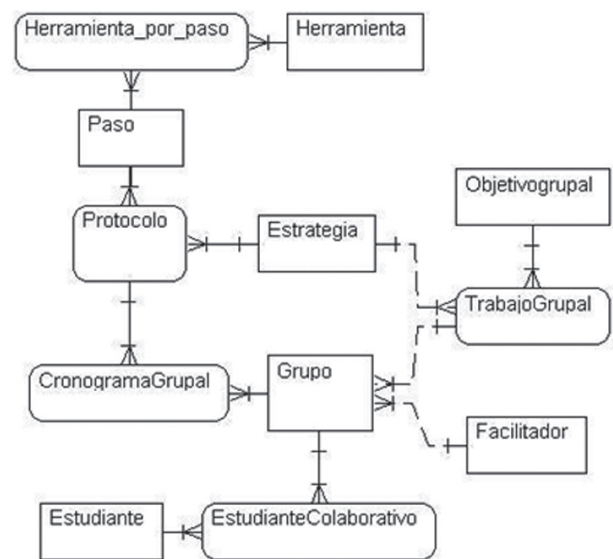
**Definición de los elementos de la componente estática del trabajo colaborativo**

En este paso se deben definir cada uno de los elementos de la componente estática del modelo colaborativo, la cual comprende los conceptos estrategia, paso, protocolo, herramienta y herramienta por paso (ver figura 6). A continuación se detallarán brevemente cada uno de estos conceptos.

- **Estrategia:** este concepto es el encargado de estructurar la información de cada una de las estrategias que pueden ser implementadas para un trabajo grupal específico (Cuestionamiento por pares, Compartir pensamiento en pares, TAPPS, JIGSAW, Numbered Heads Together, etc...).
- **Paso:** este concepto hace referencia a las actividades grupales, por ejemplo: organizar grupos, entregar Material de estudio a los estudiantes, estudiar el material suministrado, etc. Un paso debe tener una duración estimada (en horas) y definir que personas del grupo participan en tal actividad (todos los estudiantes, solo el facilitador, o solo un estudiante).
- **Protocolo** es el conjunto total de pasos que conforman una estrategia.

- **Herramienta:** Información de las herramientas (correo, foro, herramienta de calificación, etc.).
- **Herramientas por paso:** allí se almacena un listado de las herramientas que deben ser utilizadas por cada paso.
- **Objetivo grupal:** son los objetivos que se buscan alcanzar conjuntamente al desarrollar el trabajo de forma colaborativa.

Figura 6. Elementos de la componente estática del modelo colaborativo



**Definición de los elementos de la componente dinámica del trabajo colaborativo**

En este paso se deben definir cada uno de los elementos de la componente dinámica, la cual contempla los conceptos grupo, facilitador, estudiante colaborativo y cronograma grupal. Se considera dinámico por que los valores que instancian estos conceptos son valores que van cambiando a medida que se realizan los diversos trabajos colaborativos. A continuación se detallarán brevemente cada uno de los conceptos que contempla la componente dinámica.

**Grupo:** Cuando se inicia un trabajo grupal se deben generar 1 o varios grupos según la estrategia que se implemente en el trabajo grupal.

- **Facilitador:** persona que participará como facilitador (por lo general es el profesor del curso al que está asociado el trabajo grupal).

- Estudiante colaborativo: Estudiantes que se encuentran habilitados para realizar el trabajo grupal y que serán designados a trabajar en un grupo específico.
  - Cronograma grupal: Conjunto de actividades por grupo, las cuales corresponden a los pasos por protocolo que deben seguirse según la estrategia que se implemento en el trabajo grupal.
- **Selección de la estrategia de planificación**

En este paso se seleccionan las estrategias de planificación acordes al perfil del aprendiz. Dentro de las estrategias de planificación que se usan en los sistemas de enseñanza y aprendizaje por computador se encuentran la secuenciación del currículo, en la cual se busca que la secuencia de contenidos a aprender y las tareas de aprendizaje se ajusten al estudiante de forma individualizada.

Este tipo de estrategia es usada en casos donde los estudiantes presentan necesidades educativas especiales porque se facilita el proceso de enseñanza/aprendizaje (Díaz & Ruiz, 2007). A partir de modificaciones sobre el currículo ordinario, se busca dar respuesta a la diversidad individual independientemente del origen de las diferencias de: historial personal, historial educativo, motivación e intereses, ritmo y estilo de aprendizaje.

Según Jiménez (2006), otras estrategias de planificación que pueden ser aplicadas por este módulo son: la estrategia del análisis inteligente de las soluciones de los aprendices y la estrategia de soporte interactivo de solución de problemas. La primera estrategia de adaptación estudia las respuestas finales que brindan los aprendices a los problemas presentados sin importar que estos sean de menor o mayor complejidad ni como esas respuestas fueron obtenidas. La segunda estrategia tiene por objetivo, proveer al aprendiz de ayuda inteligente sobre cada paso de la resolución de un problema.

- **Selección de una o varias estrategias colaborativas**

Las estrategias que fueron tomadas de la literatura (Collazos & Mendoza, 2006) y que pueden ser

adaptadas para ser usadas en el Sistema Tutorial Inteligente son: cuestionamiento por pares, compartir pensamiento en pares, TAPPS, JIGSAW y Numbered heads together, estas estrategias son descritas como una serie de pasos a seguir.

En donde estos pasos son las actividades grupales que deben ser desarrolladas y varían dependiendo de la estrategia elegida.

## Etapa de diseño

La etapa de diseño de la aproximación metodológica pretende realizar la identificación de actores y proponer una arquitectura multi-agente para el desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje, que permitan un aprendizaje personalizado activo. Es importante aclarar que esta etapa debe ser complementada con alguna metodología para el diseño de SMAs como MassCommon Kads (Iglesias, 1998).

- **Identificación de los actores que participarán en el sistema**

Luego de realizar cada uno de los pasos que componen la etapa de análisis, se logra entender de forma clara todos los componentes que pueden conformar un STI y es posible entonces entrar en la identificación de los actores que componen un sistema de este tipo. Algunos actores que se pueden identificar inmediatamente son:

- Profesor: Su principal función será construir y modificar el módulo del dominio.
- Estudiante: Su principal objetivo en el sistema es obtener el conocimiento en un determinado área del conocimiento ofrecido en este entorno.
- Facilitador: Se encarga de orientar a los estudiantes en el trabajo grupal dentro del CSCL, llevando a cabo alguna estrategia de trabajo colaborativo, se supone que este actor posee un grado de conocimiento más elevado en el tema de interés que los demás estudiantes que participan (puede ser el profesor).

- Supervisor grupal: encargado de la conformación de los grupos de trabajo y la actualización del perfil colaborativo de cada estudiante.

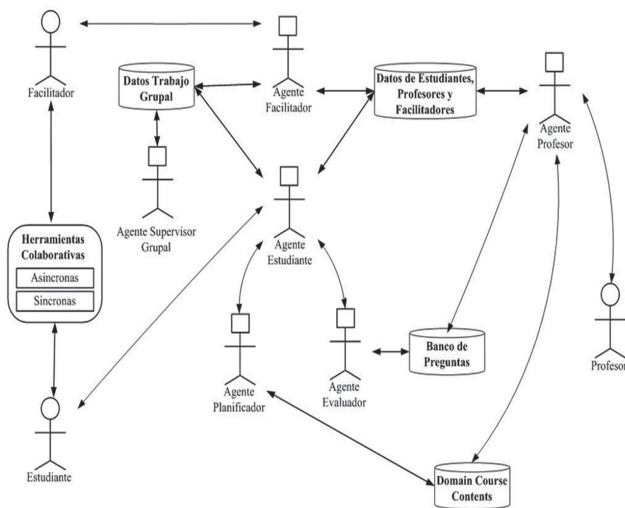
Aparte de estos actores también se perciben algunas tareas específicas tanto en el TIS como en el CSCL que pueden ser asignadas a agentes de software como son:

- Planificador: encargado de planificar las actividades.
- Evaluador: encargado de planificar las evaluaciones.

**Diseño de un modelo multi-agente pedagógico colaborativo**

En esta etapa se busca identificar un modelo que represente la organización de los actores identificados en la etapa anterior (ver figura 7), en la cual se representan cada uno de los agentes y usuarios que intervendrán en el sistema.

Figura 7. Modelo multi-agente pedagógico colaborativo



**Etapas de desarrollo**

En esta etapa se pretende estructurar la disposición que tendrá el sistema y las herramientas que

serán utilizadas para llevar a cabo dicho desarrollo. Esta etapa se compone de una sola fase, pero podrían también contemplarse las fases de implementación y validación. En la figura 7 se presenta la estructura que fue desarrollada para el sistema CIA donde se especifica la disposición de cada uno de los componentes y las herramientas o plataformas que se utilizaron.

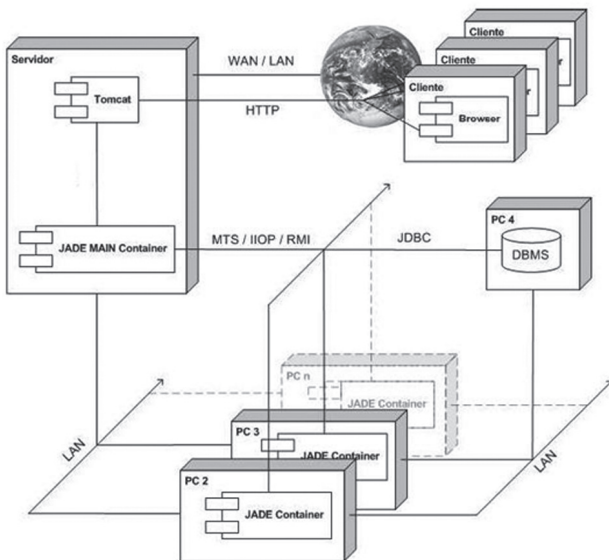
Este sistema se implementó utilizando la plataforma JADE (Java Agent Development Framework), la cual está distribuida en una red LAN. En uno de los computadores que se encuentran en la red LAN se alojó un servidor Web Tomcat y se instanciaron un contenedor principal, en el cual se ejecutan los agentes provistos por JADE, como son: AMS, DF, y RMA, además de algunos agentes del sistema, como son: planificador y evaluador, ya que estos agentes tienen actividad constante. Por otro lado se tienen contenedores adicionales distribuidos en diferentes computadores en la misma red LAN en los que se repartieron los demás agentes, como son: estudiantes y profesores.

La forma de enlazar el Sistema Multi-Agente con el servidor Web se realizó a través de un agente “Interfaz” (Ovalle, Arias, Hoyos, Bantancur & Jiménez 2007), el cual es un agente Wrapper de JADE que sirve para comunicar programas externos de JADE con agentes de un sistema desarrollado en esta plataforma. Es importante aclarar que cuando comunicamos los servlets con el agente interfaz la petición del usuario se trasmite a dicho agente, quien comunicará esta información a los demás agentes de un sistema desarrollado en la plataforma JADE.

Cabe señalar que en la base de datos presentada en esta arquitectura, es donde se almacenan los datos que poseen cada uno de los modelos (dominio, pedagógico y estudiante) descritos anteriormente.



Figura 8. Diagrama de despliegue del sistema.



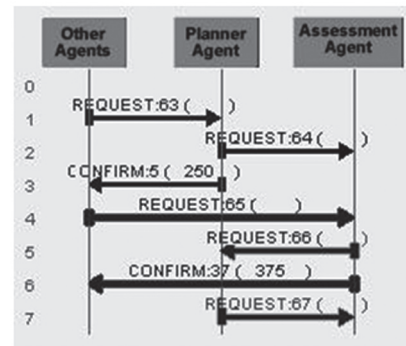
### Análisis de resultados

El prototipo que valida el modelo propuesto, el cual ha seguido esta guía metodológica, está siendo diseñado y construido para el proyecto de investigación “Modelo de sistema Multi-Agente de cursos adaptativos integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje”. Este prototipo planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para el curso de CLIPS (C Language Inference Production System) en el área de Inteligencia Artificial, adapta las evaluaciones respectivas y, finalmente, replanifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

### Resultados STI

En la figura 9, se presenta por medio de un diagrama de secuencias que es generado por el agente Sniffer de JADE, las peticiones que realizan el agente interfaz (representado como Other), el agente Planificador y el agente Evaluador, cuando un estudiante ingresa en el sistema y solicita un plan de estudio. Las peticiones que se pueden observar en este diagrama de secuencias se dan de la siguiente manera:

Figura 9. Diagrama de Secuencias Agente Sniffer de JADE.



- Un estudiante, por medio del agente interfaz, envía una petición de planificación (REQUEST 63) al seleccionar un tema del curso CLIPS.
- El agente planificador recibe la petición enviada por el agente interfaz e inmediatamente solicita al agente evaluador la planificación de la evaluación (REQUEST 64) y envía una respuesta al agente interfaz acerca de su solicitud de planificación (CONFIRM 5).
- Cuando el estudiante termina de estudiar todas las actividades que fueron programadas, se le presenta la evaluación que fue elaborada por el agente evaluador para que realice la prueba, luego el estudiante, por medio del agente interfaz, envía al agente evaluador una solicitud de calificación (REQUEST 65).
- Cuando el agente evaluador califica la prueba verifica si existen OIs no aprobados, de ser así, este agente envía al agente planificador una petición (REQUEST 66) para que replanifique nuevas actividades y por medio del agente interfaz envía el resultado de la evaluación (CONFIRM 37).
- Finalmente el planificador solicita al agente evaluador que replanifique la evaluación para las nuevas actividades.

### Resultados trabajo colaborativo

Los trabajos colaborativos son creados por cada profesor que dirige un curso a través de un módulo administrativo de trabajos colaborativos,

en donde deben ingresar los siguientes datos: nombre, tipo de trabajo, tipo de facilitador, fecha de inicio, el estado de desarrollo y la estrategia colaborativa que dicho trabajo debe seguir.

Mientras que los estudiantes realizan el trabajo individualizado, el agente denominado Supervisor Grupal revisa periódicamente la fecha de inicio de los trabajos grupales que se encuentran programados; e inmediatamente se cumple alguna de estas fechas construye uno o varios grupos de estudiantes según la estrategia, cambia el estado del trabajo grupal (de planificado a en curso) y crea el cronograma grupal con todas las actividades a realizar por los integrantes del grupo (ver figura 10) teniendo en cuenta la estrategia colaborativa, el protocolo de la estrategia y las herramientas que son utilizadas en dicho protocolo.

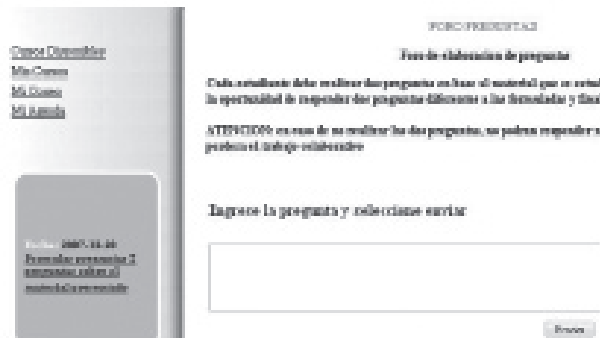
Figura 10. Cronograma grupal

id	estado	nombre	fechalnicio	fechaFin	responsable
0	terminado	Organizar Grupos	2007-12-18 00:00:00	2007-12-18 01:00:00	supervisor
1	programado	Entregar Material de estudio a los estudiantes	2007-12-18 00:00:00	2007-12-19 00:00:00	juan
2	programado	Estudiar el material suministrado	2007-12-19 00:00:00	2007-12-21 00:00:00	estudiantes
3	programado	Formular preguntas 2 preguntas sobre el mater...	2007-12-20 00:00:00	2007-12-21 00:00:00	estudiantes
4	programado	Responder 2 preguntas del foro	2007-12-21 00:00:00	2007-12-22 00:00:00	estudiantes
5	programado	Complementar 2 preguntas del foro	2007-12-22 00:00:00	2007-12-23 00:00:00	estudiantes
6	programado	Seleccionar el estudiante que elaborará el info...	2007-12-23 00:00:00	2007-12-24 00:00:00	juan
7	programado	Almacenar el informe en el repositorio	2007-12-24 00:00:00	2007-12-26 00:00:00	indefinido
8	programado	Verificar informe final	2007-12-26 00:00:00	2007-12-27 00:00:00	juan
9	programado	Ingresar notas de los estudiantes	2007-12-27 00:00:00	2007-12-28 00:00:00	juan
10	programado	Evaluar el trabajo grupal	2007-12-28 00:00:00	2007-12-29 00:00:00	estudiantes
11	programado	Asignar tema de consulta a los estudiantes	2007-12-29 00:00:00	2007-12-30 00:00:00	juan

Cuando el estudiante ingrese al sistema, en un pequeño recuadro se le presentan las actividades que tiene activas (según las fechas de inicio y fin y según el tipo de responsable) y se le facilita un link con el cual puede acceder a la herramienta con la cual puede llevar a cabo la actividad: foro, Chat, correo, repositorio, etc.

Si el estudiante selecciona el link estudiar, el material suministrado, inmediatamente se le muestra la interfaces para desarrollar dicha actividad haciendo uso de la herramienta foro (Ver figura 11).

Figura 11. Formular 2 preguntas sobre el material presentado (herramienta foro)



De esta misma manera, se van realizando cada una de las actividades que están programadas en el cronograma grupal para cada estudiante y para el facilitador. Es importante aclarar que todas las actividades deben ser llevadas a cabo haciendo uso de alguna herramienta.

Cuando finaliza el trabajo grupal el facilitador debe revisar el desempeño de los estudiantes, por lo cual debe ingresar una calificación para cada estudiante, el sistema proporciona una nota máxima de acuerdo a la participación de cada uno.

### Conclusiones y trabajo futuro

Se presentó en este artículo una guía metodológica para el análisis, diseño y desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje bajo el paradigma de Sistemas Multi-Agente en un entorno Web, que permite a los estudiantes realizar un proceso de enseñanza / aprendizaje de forma personalizada y activa, el cual busca superar las debilidades identificadas en la revisión del estado del arte para la adaptación del proceso de enseñanza / aprendizaje en cursos virtuales.

La validación de este modelo se realiza a través de la construcción de un prototipo

computacional, llamado CIA. Este prototipo planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para un curso virtual en el área de IA, adapta las evaluaciones y replanifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

Como trabajo futuro se pretende ampliar esta guía metodológica, de tal manera que contemple la integración al sistema de un módulo de recuperación de contenidos, el cual de forma automática obtenga recursos que puedan ser adicionados a un curso virtual específico bajo la supervisión del profesor.

### Agradecimientos

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado por Colciencias (Instituto

Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología), quien apoyo 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 financio 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

---

#### *Publicaciones periódicas*

- Akhras, F. & Self, J. (2002). Beyond Intelligent Tutoring Systems: Situations, Interactions, Processes and Affordances. *Instructional Science* Vol. 30.
- Arias, F. Marulanda, J. & Ovalle, D. (2006). Diseño y Desarrollo de Mecanismos de Razonamiento Multi-Agente para la Negociación de Energía Eléctrica Utilizando JESS Y JADE. *Revista Avances en Sistemas e Informática, Escuela de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.* ISSN 1657-7663, Volumen 3, Número 1. Páginas: 51 - 56.
- Bocca, E. Jaques, P. & Vicari, R. (2003). Modelagem e Implementação da Interface para Apresentação de Comportamentos Animados e Emotivos de um Agente Pedagógico Animado. *Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação*, Vol. 1 No 2.
- Collazos, C. & Mendoza, J. (2006). Cómo apro-

vechar el “aprendizaje colaborativo” en el aula. *Educación y Educadores*, año/vol. 9, número 002, pp. 61-76. Universidad de La Sabana Cundinamarca, Colombia.

- Vicari, R. Flores, C. Seixas, L. Silvestre, A. Ladeira, M. & Coelho, H. (2003). Multi-Agent Intelligent Environment for Medical Knowledge. *Artificial Intelligence in Medicine, Elsevier Science*, Vol. 27, Issue 3.

#### *Libros*

- Wooldridge, M. (2002). “An Introduction to Multi-Agent System”. 1ª ed. Baffins Lane, England: John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-471-49691-X.

#### *Contribuciones en libros*

- Arias, F & Ovalle, D. (2008). Modelo para el desarrollo de Estrategias Colaborativas que permitan Reforzar el Aprendizaje en Cursos Virtuales. *Tendencias en Ingeniería*

de Software e Inteligencia Artificial – volumen 2. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

### **Conferencias**

Jiménez, J & Ovalle, D. (2002). Modelo de Integración de Ambientes Individualizados y Colaborativos de Aprendizaje: Nuevo Paradigma Educativo. Congreso Iberoamericano Informática Educativa.

Peña, C. Marzo, De la Rosa, J. & Fabregat, R. (2002). Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. Universitat de Girona, España. Congreso Iberoamericano Informática Educativa.

### **Fuentes electrónicas**

Díaz, P. & Ruiz, R. (2007). Adaptaciones Curriculares (I) En: [www.down21.org/educ\\_psc/educacion/Curricular/adaptacion\\_curricular.htm](http://www.down21.org/educ_psc/educacion/Curricular/adaptacion_curricular.htm).

### **Tesis Doctorales**

Duque, N. (2007). Informe de avance de Tesis de Doctorado en Ingeniería-Sistemas. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Iglesias, C. (1998). Definición de una metodología para el desarrollo de Sistemas Multi-

Agente. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos Universidad Politécnica de Madrid.

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 - Sistemas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Silveira, R. (2001). Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino: JADE Java Agent framework for Distance learning Environments. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tesis Doctoral.

### **Proyectos**

Ovalle, D. Arias, F. Hoyos, A. Betancur, D & Jiménez, M. (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.

## **Sobre los autores**

---

### **Francisco Javier Arias Sánchez**

Estudiante de segundo año de Maestría. Ingeniero de Sistemas de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). Integrante del GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial, Categoría A de Colciencias. [fjarias@unalmed.edu.co](mailto:fjarias@unalmed.edu.co)

### **Jovani Alberto Jiménez Builes**

Profesor asistente, Universidad Nacional de Colombia Medellín (Colombia). 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, Medellín (Colombia). [jajimen1@unal.edu.co](mailto:jajimen1@unal.edu.co)

**Demetrio Arturo Ovalle Carranza**

Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). Magíster en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia (1987). Doctor en Informática de la Université Joseph Fourier, Francia (1991).

dovalle@unalmed.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.