

# Sistemas de Enseñanza / Aprendizaje basados en Agentes Inteligentes Pedagógicos

Demetrio Arturo Ovalle Carranza, Jovani Alberto Jiménez Builes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Escuela de Sistemas  
{dovalle; jajimen1}@unalmed.edu.co

Rosa Maria Viccari  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.  
Instituto de Informática  
rosa@inf.ufrgs.br

Recibido para revisión Septiembre 2005, aceptado Octubre 2005, versión final recibida Noviembre 2005

---

**Resumen:** En este artículo se hace una descripción de los Sistemas Multi-Agente para luego presentar el Ambiente Multi-Agente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO. ALLEGRO es un ambiente inteligente que integra las bondades de diferentes campos de investigación de la inteligencia artificial como la planificación instruccional (IP), razonamiento basado en casos (CBR), sistemas multi-agente (MAS), sistemas tutoriales inteligentes (ITS) y CSCL.

**Palabras Clave:** Inteligencia Artificial Distribuida, Sistemas Multi-Agente, Agentes Pedagógicos, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Planificación Instruccional, Razonamiento Basado en Casos.

**Abstract:** This aim of this paper is to present the Multi-Agent Systems. Later is presented ALLEGRO: A Teaching/Learning Multi-Agent Environment. ALLEGRO is an intelligent environment that includes artificial intelligence mechanisms (Instructional Planning IP, Case-Based Reasoning CBR, Multi-Agent Systems MAS, Intelligent Tutoring Systems ITS, and Computer Supported Collaborative Learning CSCL).

**Keywords:** Distributed Artificial Intelligence, Multi-Agent System, Pedagogic Agent, Intelligent Tutoring Systems, Instructional Planning, Case-Based Reasoning.

---

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la educación mediada con tecnología esta evolucionando gracias al uso de técnicas de la inteligencia artificial. Los primeros sistemas de enseñanza - aprendizaje computarizado eran algorítmicos, rígidos, difíciles de modificar, de costosa producción y mantenimiento; y disponían de un plan instruccional condicional prefijado por un profesor. Estos sistemas se basaban principalmente en el modelo pedagógico conductista propuesto por Pavlov, Watson y Skinner.

La inteligencia artificial ha permitido un cambio radical de paradigma. El propósito de integrarla con educación radica fundamentalmente en aplicar sus técnicas al desarrollo de sistemas de enseñanza-aprendizaje asistidos por computador, con el objetivo de construir sistemas "más inteligentes". El término "inteligente" utilizado en estos sistemas queda determinado funda-

mentalmente por su capacidad de adaptación continua de la instrucción a las características del aprendizaje y del conocimiento de los diferentes usuarios [Wenger (1987)]. También queda establecido por la autonomía del sistema para tomar decisiones pedagógicas y por la flexibilidad que ofrece al conjunto de aprendices para utilizar una o varias metodologías de enseñanza [Jiménez (2005)].

Algunas de las técnicas y mecanismo son por ejemplo la Planificación Instruccional (IP), el Razonamiento Basado en Casos (CBR), los Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS) y los Sistemas Multi-Agente (MAS), entre otros. Así mismo, permite que los ambientes computarizado de enseñanza - aprendizaje se configuren como verdaderos laboratorios donde confluyen diversos modelos pedagógicos, como lo son: el constructivismo, conductismo, cognitivismo, histórico-social y teorías de aprendizaje colaborativo entre otros.

En la Sección 2 se hace una descripción de los sistemas multi-agente; en la 3 presenta el ambiente multi-agente de enseñanza - aprendizaje ALLEGRO; para finalmente, presentar las conclusiones, agradecimientos y referencias respectivamente en las últimas Secciones.

## 2 SISTEMAS MULTI-AGENTE

Los Sistemas de Multi-Agente (*Multi-Agent Systems*, MAS) surgen en la década de los 80s a partir de las investigaciones de los agentes de software, aunque fue en la década de los 90s donde ganó notoriedad digna de ser destacada [Wooldridge (2002)].

Los MAS provienen de las áreas de investigación de la Inteligencia Artificial Distribuida (*Distributed Artificial Intelligence*, DAI), la Solución de Problemas Distribuidos (*Distributed Problems Solving*, DPS) y la Inteligencia Artificial Paralela (*Parallel Artificial Intelligence*, PAI).

Un MAS 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 (Ver Figura 1). Estos agentes informáticos pueden ser homogéneos o heterogéneos y pueden tener metas comunes o no, pero siempre involucrarán algún grado de comunicación entre ellos [Lemaitre (1998)].

Cada uno de los agentes de software del MAS son programas que actúan en representación de sus usuarios humanos o ducios para realizar tareas complicadas de manejo de información, se comunican por medio del protocolo de paso de mensajes y realizando sus acciones concurrentemente. Poseen propiedades como: autonomía, habilidad social, reactividad, proactividad, movilidad, continuidad temporal, adaptabilidad y aprendizaje. Habitan en ciertos ambientes dinámicos y complejos, sensando y actuando de manera autónoma para adaptarse al ambiente; mediante lo anterior, realiza una serie de tareas o metas para las cuales fueron diseñados [Russell y Norving (2003) y Gomes, Boff y Viccari (2004)].

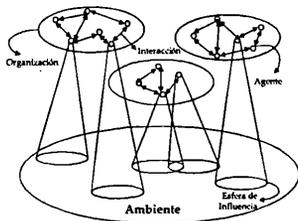


Figura 1: Estructura de los MAS [Jennings, et al. (2001)]

Los principios de los MAS han mostrado un potencial adecuado en el desarrollo de sistemas de enseñanza debido:

- La naturaleza de los problemas de enseñanza-aprendizaje son más fácilmente resueltos a través de un abordaje cooperativo [Oliveira y Viccari (1996)].
- Los sistemas deben ser capaces de adaptarse a los cambios en la estructura del ambiente [Ferber (1999)].
- Los agentes de software pueden representar conocimiento pedagógico y/o desempeñar tareas de tutoría para soportar y facilitar el aprendizaje humano [Giraffa y Viccari (1998)].

Los agentes pedagógicos pueden adaptar sus interacciones instruccionales a las necesidades de los aprendices y al estado actual del ambiente de aprendizaje, ayudando a los aprendices en la superación de sus dificultades y en el aprovechamiento de las oportunidades de aprendizaje. Poseen un conjunto de metas de enseñanza, planes instruccionales para la ejecución de esas metas (p.e. estrategias pedagógicas o de enseñanza), y recursos asociados en los ambientes de aprendizaje. Ellos colaboran con los aprendices y con otros agentes, proporcionando realimentación continua durante las Sesiones de trabajo [Jiménez (2005) y Giraffa y Viccari (1998)].

## 3 ALLEGRO: AMBIENTE MULTI-AGENTE DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE

Ambiente Multi-Agente de Enseñanza Aprendizaje ALLEGRO es un ambiente inteligente conformado por un Sistema Tutorial Inteligente (ITS) el cual permite brindar aprendizaje en forma individualizada y un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje (CSCL) que ofrece aprendizaje en modo colaborativo. El ambiente fue modelado a través del enfoque de un MAS, debido a que ofrece las siguientes cualidades: Autonomía, flexibilidad y adaptabilidad.

Cuando se habla de autonomía se refiere a la iniciativa que toman los agentes del MAS para realizar acciones pedagógicas sin la intervención de los humanos con el propósito de que el aprendiz logre los IOs. También en la manera como el sistema evoluciona de manera independiente en el almacenamiento y selección de casos dentro del CBR sin la necesidad de expertos humanos. Cuando se habla de flexibilidad se refiere a que el aprendiz no solo utiliza una metodología para su aprendizaje (Individualizada/Colaborativa). Cuando se habla de adaptabilidad se refiere a que el contenido de la instrucción se moldea de acuerdo a las necesidades específicas y preferencias del aprendiz.

La IP de ALLEGRO utiliza la técnica de CBR (Ver Figura 14) es decir, utiliza la experiencia almacenada de





colección de agente y el aprovechamiento del ambiente colaborativo (Especialmente la comunicación asincrónica) (Figura 10). Otras diferencias son [Viccari, Ovalle, Collazos, Azambuja y Jiménez (2005)]:

- MACES, AMPLIA, BAGHERA, MAS-PLANG y JADE no replanifican la instrucción usando la experiencia almacenada de los aprendices.
- ALLEGRO no infiere estados emotivos ni el perfil afectivo del aprendiz en comparación con MACES. Tampoco implementa agentes animados en comparación con MAS-PLANG.
- El agente colaborativo de MACES solo utiliza el canal sincrónico de comunicación en el CSCL. AMPLIA, BAGHERA, MAS-PLANG y JADE no implementan CSCL.
- La representación del conocimiento en ALLEGRO es implementada mediante objetos de aprendizaje. AMPLIA implementa redes probabilísticas. En BAGHERA los conocimientos son presentados por medio de problemas a resolver por el aprendiz.

La arquitectura multi-agente de ALLEGRO (Ver Figura 11) esta conformado por dos tipos de agentes (Humanos y de software). A continuación se presenta un resumen de las funciones que cumple cada uno de los agente del ambiente [Jiménez, Ovalle y Viccari (2005) y Viccari, Ovalle y Jiménez (2005), (2005b)].

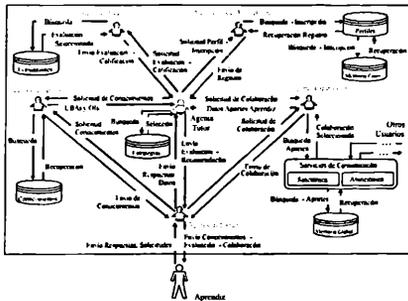


Figura 11: Arquitectura del Ambiente Multi-Agente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO

### 3.2.1 Agentes Humanos

Estos agentes pueden comunicarse entre sí para buscar una meta común mediante la división de tareas o para lograr un objetivo compartiendo las mismas. Se clasifican en tres grupos:

- **Aprendiz.** Persona que desea aprender un dominio específico. Recibe las instrucciones que brindan el docente y el asistente de docencia para trabajar en grupo. También se conoce con los nombres de alumno o estudiante.
- **Asistente de Docencia.** Es el encargado de gestionar una sesión de aprendizaje, se encarga de elaborar y dar a conocer la agenda de trabajo; sugiere bibliografía o recursos pedagógicos relacionados con la BUL de estudio. Al final de un foro se ocupa de depurar (Recopilar) los aportes más significativos publicados en el Tablero, los da a conocer a los demás integrantes mediante una plenaria y lo publica a manera de conclusiones. El asistente de docencia también es conocido con los nombres de monitor, ayudante, auxiliar o moderador.
- **Docente.** Es el profesor humano, tiene como función acompañar a los aprendices en su proceso formativo, supervisando el aprendizaje, inspeccionando los logros y dificultades, con su actitud positiva brinda recomendaciones individuales y en grupo, registra los resultados de las evaluaciones. Interviene cuando una sesión de aprendizaje se ha salido de la trayectoria normal, brinda bibliografía a los aprendices y al asistente de docencia. Es el encargado de programar las BULs, lo mismo que los problemas propuestos.

La figura 11 presenta "otros usuarios" para referirse a la combinación de docentes, asistentes de docencia, aprendices y expertos invitados, que estudian la misma temática en un mismo lapso de tiempo.

### 3.2.2 Agentes de Software

Son agentes informáticos encargados de realizar labores para su dueño dentro de la arquitectura, en este caso tareas de tipo pedagógico las cuales son su componente cognitivo, así como mostrar un comportamiento determinado. Se presentan seis tipos:

- **Tutor.** Es el encargado de guiar el proceso de aprendizaje, decide las acciones pedagógicas a realizar, cómo y cuándo. Sus funciones son:
  - Planificar y re-planificar constantemente el plan de tutoría de acuerdo a las dificultades encontradas y a los logros obtenidos, es decir de acuerdo a las necesidades específicas del aprendizaje.
  - Solicita al Agente Experto brindar un determinado conocimiento al aprendiz de acuerdo al plan y a su diagnóstico.

- Selecciona la estrategia pedagógica adecuada, principalmente cuando el aprendiz comete un error.  
Las estrategias permiten dar a conocer mejor un contenido del dominio. Dentro de las estrategias pedagógicas se puede contemplar la metodología de aprendizaje.
- Solicita al Agente Diagnóstico una evaluación para al aprendiz de acuerdo a su perfil y IOs.
- Detecta errores en el proceso del aprendiz, además brinda sugerencias, críticas y recomendaciones.
- Modelo del Aprendiz. Es el encargado de gerenciar el modelo de aprendizaje del aprendiz. Este modelo contempla: el estilo de aprendizaje, comprensión de los temas, limitaciones y nivel de conocimientos del aprendiz.
  - Mantiene información individualizada del aprendiz.
  - De acuerdo a la petición del Agente Tutor, se encarga de buscar, seleccionar y pasar el caso que más se adapte a las condiciones del problema (CBR).
- Interfaz. Es el puente entre los agentes humanos y los agentes de software. Sus funciones son:
  - Establecer y mantener la interacción con el aprendiz.
  - Permite desplegar los conocimientos y la colaboración en la pantalla del aprendiz.
- Experto. Es quien administra el conocimiento y contenidos del área o tema específico de enseñanza. Se compone de BULs y IOs.
  - Envía conocimientos al aprendiz cuando este lo solicita o a petición del Agente Tutor.
- Diagnóstico. Es el encargado de seleccionar y calificar el nivel de conocimientos del aprendiz.
- Colaborativo. Por solicitud del Agente Tutor, se encarga de buscar a otros aprendices que están tratando el mismo tema y con los cuales se puede establecer comunicación sincrónica o asincrónica para ofrecerle colaboración al aprendiz.
  - Agrupa a los aprendices por temática de estudio, perfiles o comportamiento.
  - Se comunica con el Agente Tutor.

### 3.2.3 Elementos Complementarios

- Base de Datos.
  - Evaluaciones. Contiene un banco de evaluaciones clasificadas de acuerdo a los IOs de la BULs y en varios niveles de complejidad.
  - Conocimientos. Contiene el dominio que se desea enseñar el cual se encuentra estructurado en BULs. Los conocimientos contemplan: Teorías, ejemplos, problemas resueltos, explicaciones, recursos multimedia y simulaciones entre otros.
  - Estrategias. Contiene material de apoyo especialmente en caso de error.
  - Perfiles. Contiene la información individualizada de cada uno de los aprendices, por ejemplo identificación, modelo de aprendizaje, diagnóstico nivel de aprendiz, histórico de errores, consultas, visitas, decisiones, entre otros.
  - Memoria de Casos. Almacena el conjunto de casos exitosos de cuando los aprendices han encontrado un problema y los han solucionado.
  - Memoria Global. Contiene un banco de problemas propuestos, la agenda de trabajo y los aportes que brinda el grupo de aprendices para solucionar los problemas.
- Servicios de Comunicación
  - Servicios de Comunicación Sincrónica. Permite interactuar directamente con los demás usuarios en tiempo real, utilizando: El chat, las pizarras compartidas, los editores multi-usuarios, la conferencia, la videoconferencia y la transferencia de archivos.
  - Servicios de Comunicación Asincrónica. Permiten que el aprendiz se comunique en forma no directa con los demás usuarios sin que el tiempo sea factor relevante, utilizando: El correo electrónico, los grupos de interés, el envío y recepción de archivos. Los usuarios también pueden tener comunicación no directa a través de un Tablero, consultándolo, publicando y modificando su contenido.

El Ambiente Multi-Agente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO puede funcionar bajo dos tipos de contextos de aprendizaje: El individualizado (ITS) y el colaborativo (CSCL). Los usuarios cuando lo deseen pueden pasar de un escenario de aprendizaje a otro. A continuación se expone lo que pueden hacer cada uno de los usuarios en cada uno de los ambientes.

### 3.3 Ambiente Individualizado de Aprendizaje

En el Ambiente de Aprendizaje Individualizado, el aprendiz tiene la posibilidad de realizar las siguientes operaciones permitidas por el ITS (Figura 12):

- Realizar una sesión de aprendizaje para las Unidades Básicas de Aprendizaje (Basic Unit of Learning, BUL) disponibles en el sistema. El dominio del conocimiento implementado en ALLEGRO fue la asignatura de Gráfica Digital para cursos de postgrado en Arquitectura.
- Visualizar los Objetivos Instruccionales (Instructional Objectives, IOs) que corresponden a los logros establecidos por el Ambiente Multi-Agente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO para cada una de las BULs.
- Evaluar sus conocimientos a través del módulo de evaluación correspondiente a la BUL en estudio.
- Visualizar la valoración y las recomendaciones pertinentes que le brinda el sistema después de finalizar la evaluación de la BUL que se está tratando, con el propósito de mejorar su aprendizaje.
- Consultar el resultado de las evaluaciones en el momento que lo desee.
- Consultar la bibliografía y recursos con el fin de ampliar más sus conocimientos.

Por su parte el docente en el Ambiente de Aprendizaje Individualizado tiene la posibilidad de realizar las siguientes operaciones permitidas por el ITS:

- Adición de contenidos a las BULs respectivas, lo mismo que a los subcomponentes de este módulo.
- Adicionar, modificar o borrar preguntas del banco de problemas.
- Adicionar, modificar o borrar observaciones.
- Matricular o dar de baja a los aprendices.
- Consultar el resultado de las evaluaciones de un aprendiz o de todos, en el momento que lo desee.
- Hacer un seguimiento del progreso de los aprendices.

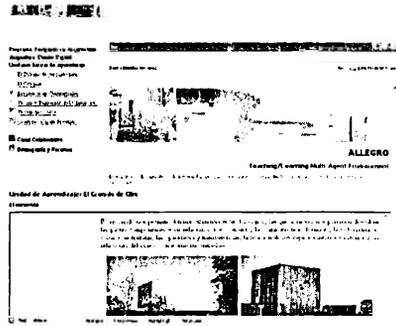


Figura 12: Ambiente Individualizado de Aprendizaje

### 3.4 Ambiente Colaborativo de Aprendizaje

El Aprendiz hace uso del Ambiente de Aprendizaje Colaborativo (CSCL) cuando no tiene los suficientes conocimientos para resolver un problema propuesto, en este caso tiene la posibilidad de trabajar en forma sincrónica y/o asincrónica con los demás usuarios (Otros aprendices, asistente de docencia, experto invitado y/o el docente). El aprendiz puede (Figura 13):

- Conversar con los otros Usuarios en forma textual (chatcar), tratando de buscar la solución a los problemas.
- Conversar con los otros usuarios usando audio y video.
- Enviar y recibir archivos en línea.
- Compartir pizarras en línea con miras a resolver el problema.
- Editar un documento en forma concurrente con los demás usuarios.
- Enviar y recibir correo electrónico y archivos.
- Solicitar al docente el examen de la BUL por correo electrónico. Después de resolverlo, enviarlo de retorno al docente para que éste lo califique y le envíe la respectiva valoración y recomendaciones.

Además, puede utilizar la Memoria Global (Tablero) para:

- Visualizar la agenda de trabajo y los problemas propuestos para cada BUL.
- Publicar un artículo nuevo en el Tablero (Adjuntar un aporte o solución al problema)

- Buscar los artículos en el Tablero mediante una palabra o patrón.
- Visualizar el documento final de cierre donde aparecen las soluciones a los problemas, los aportes más relevantes y las conclusiones.

En el Ambiente de Aprendizaje Colaborativo, el asistente de docencia tiene la posibilidad de realizar las siguientes operaciones:

- Fijar la agenda de una determinada sesión (BUL) brindando las instrucciones necesarias.
- Elaborar y dar a conocer los problemas propuestos publicándolos en el Tablero.
- Sugerir bibliografía y recursos a los aprendices.
- Visualizar los aportes publicados en el Tablero.
- Depurar, redactar y publicar el documento final de cierre donde aparecen las soluciones a los problemas, los aportes más relevantes y las conclusiones.

En el Ambiente de Aprendizaje Colaborativo, el docente tiene la posibilidad de realizar las siguientes operaciones:

- Supervisar los aportes publicados en la Memoria Global (Tablero) e intervenir en la sesión cuando se ha salido de su curso normal. Inspecciona logros y dificultades que han tenido los alumnos.
- Se comunica con los aprendices por medio de los servicios de la comunicación sincrónica y/o asincrónica, con el propósito de aclararles dudas o brindarles sugerencias.
- Envía a los aprendices una evaluación a través del correo electrónico cuando éstos lo soliciten. Luego de que el aprendiz le envía las respuestas que considere son correctas, califica la evaluación, le da su respectiva valoración y se la envía de nuevo al aprendiz con sus respectivas recomendaciones.

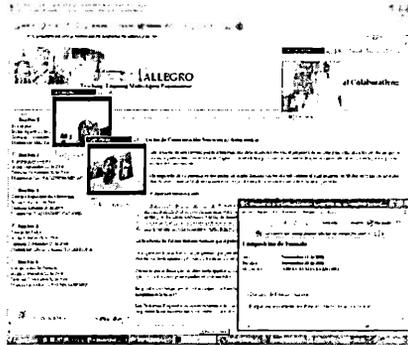


Figura 13: Ambiente Colaborativo de Aprendizaje

### 3.5 Mecanismo de IP usando CBR

El funcionamiento del modelo de IP usando CBR inicia cuando un aprendiz no logró satisfactoriamente ganar la evaluación de la Unidad Básica de Aprendizaje (Basic Unit of Learning, BUL) que estaba estudiando.

El modelo de IP usando CBR es invisible externamente para el usuario, es decir, no lo puede apreciar tangiblemente; sin embargo, puede beneficiarse de sus bondades (Ver figura 14). La planificación es llevada a cabo por los agentes Tutor y Modelo del Aprendiz. Como se anunció en el marco teórico, los agentes de software no tienen forma física; son entidades computacionales que actúan teniendo en cuenta los intereses o beneficios de su dueño, en este caso, los dueños son los aprendices.

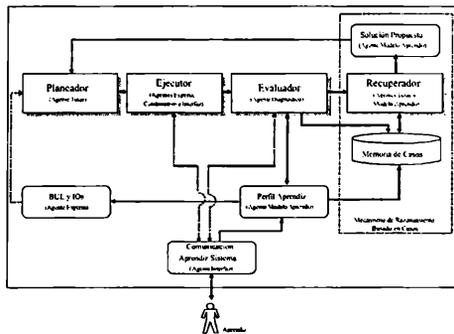


Figura 14: Arquitectura del Modelo de IP usando CBR en ALLEGRO

Cuando inicia el proceso, el agente Tutor envía la solicitud al agente Modelo del Aprendiz con los datos

del alumno, BUL y Objetivos Instruccionales (Instruccionales Objetivos, IOs). El agente Modelo del Aprendiz busca (Recupera) en la Memoria de Casos, aquel que contenga las mismas características. Luego de seleccionado el caso, el agente Modelo del Aprendiz lo envía al agente Tutor con el propósito de que lo adapte a manera de solución propuesta.

En la pantalla del usuario aparece una serie de recursos a utilizar. Después de que el aprendiz voluntariamente haga el recorrido por los recursos sugeridos y de haber presentado la evaluación, el caso se revisa para observar sus resultados, es decir, para determinar la viabilidad de si se continúa guardando el caso o no.

Este proceso lo realiza internamente los agentes Tutor y Modelo del Aprendiz.

El almacenamiento en la Memoria de Casos es realizado por el agente Modelo del Aprendiz y después de realizada la evaluación del respectivo caso.

ALLEGRO fundamenta su paradigma instruccional en tres modelos pedagógicos: Conductismo, Cognitivismo e Histórico-Social (Cognición distribuida y Aprendizaje Basado en Problemas).

#### 4 CONCLUSIONES

En la actualidad se están produciendo grandes cambios en la forma en que las personas viven y aprenden, debido especialmente a los impresionantes avances en el campo de la informática y de las telecomunicaciones, lo que representa un nuevo desafío para los investigadores en el área de la inteligencia artificial en la educación.

El modelo de IP usando CBR cumple con las especificaciones de la planificación desde la perspectiva de la AI, es decir, tiene un estado inicial, un conjunto de objetivos y un conjunto de acciones posibles.

Las acciones que ofrece el modelo, son recursos instruccionales que otros aprendices han utilizado para lograr los IOs propuestos en una BUL. La solución del problema consiste en una serie de acciones que transforman el estado inicial en un estado final que cumple los objetivos.

En varios trabajos los MAS se han empleado en 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.

Este trabajo aprovechó las bondades que ofrecen los Sistemas Multi-Agente, tales como la autonomía, flexibilidad y adaptabilidad para aplicarlas a un ambiente de enseñanza/aprendizaje computacional.

Para lograr lo anterior, se desarrolló el Ambiente Multi-Agente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO a través de un MAS innovador el cual integra las bondades de un ITS y un CSCL, reafirmando la importancia de uti-

lizar IA en la educación para la construcción de nuevas tecnologías educativas.

#### AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este artículo es auspiciado por beca de COLCIENCIAS en el marco del Programa de Apoyo a la Comunidad Científica Nacional a través de los Programas de Doctorado 2003.

#### REFERENCIAS

- Ferber, J. (1999). *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Addison Wesley Longman, England.
- Giraffa, L. y Viccari, R. (1998), The use of agents techniques on intelligent tutoring systems, in 'International Conference of The Chilean Society of Computer Science, Proceedings IEEE Computer Society'.
- Gomes, E., Boff, E. y Viccari, R. (2001), Social, affective, and pedagogical agents for the recommendation of tutorial colleagues in agent based learning environments, in 'Proceeding of Workshop Social and Emotional Intelligence in Learning Environments of 7th International Conference on ITS2001'.
- Iglesias, C. (1998), Definición de una metodología para el desarrollo de Sistemas Multi-Agente, PhD thesis, Universidad Politécnica de Madrid.
- Jiménez, J. (2005). Un Modelo de Planificación Instruccionales usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multi-Agente para entornos integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje, PhD thesis, Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, J., Ovalle, D. y Viccari, R. (2005), Sistema multi-agente para entornos integrados de its & cscl, in 'Proceedings of 4a Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática -CISCI 2005', International Institute of Informatics and Systemics, USA.
- Lemaître, C. (1998), 'Multi-agent network for cooperative work', *Expert System with Applications: An international Journal Elsevier Science*.
- Oliveira, F. y Viccari, R. (1996), Are learning systems distributed or social systems, in 'European Conference on AI in Education'.
- Russell, S. y Norving, P. (2003), *Intelligent Agents*, Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, chapter Artificial Intelligence: A Modern Approach.
- Viccari, R., Ovalle, D., Collazos, C., Azambuja, R. y Jiménez, J. (2005), ALLEGRO: Sistema multi-agente pedagógico, in 'Proceedings of TECNOCOM2005'.

- Viccari, R., Ovalle, D. y Jiménez, J. (2005), ALLEGRO: Ambiente multi-agente de apoyo a la enseñanza/aprendizaje utilizando planificación instruccional y razonamiento basado en casos (CBR), in 'Proceedings of XIII Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación. 31th Latin-American Conference on Informatics -CLEI'.
- Wenger, E. (1987), *Artificial intelligence and tutoring systems*, Technical report, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- Wooldridge, M. (2002), *An Introduction to Multi-Agent Systems*, John Wiley & Sons, Ltd.