

# Modelo de *awareness* en el CSCL ALLEGRO utilizando la arquitectura *blackboard*

## Model for supporting *awareness* in the CSCL ALLEGRO environment through a *blackboard* architecture

Demetrio Arturo Ovalle Carranza,<sup>1</sup> Jovani Alberto Jiménez Builes<sup>2</sup> y César Alberto Collazos Ordóñez<sup>3</sup>

### RESUMEN

En este artículo se describen las actividades colaborativas, el *awareness* y la arquitectura *blackboard* propuesta en 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 multiagente (MAS), sistemas tutoriales inteligentes (ITS) y CSCL. Para lograr construir lo anterior se utilizó el enfoque de los sistemas multiagente, el cual fue modelado utilizando la metodología MAS-CommonKADS. ALLEGRO fundamenta su arquetipo instruccional en tres paradigmas pedagógicos: conductismo, cognitivismo (cognición distribuida y aprendizaje basado en problemas) y la teoría histórico-social. La validación fue realizada a través de varios y diversos casos de estudio en el dominio de gráfica digital para cursos de posgrado en arquitectura. El modelo propuesto de *awareness* permite promover la concientización, comunicación, colaboración y coordinación en el CSCL de ALLEGRO. El modelo faculta a los aprendices a tener una percepción de lo que los demás hacen dentro del CSCL con el propósito de que les sirva para su entorno y actividades de trabajo. El aprendiz toma un papel activo en su proceso formativo a través de actividades que le permiten exponer e intercambiar ideas y opiniones con los demás integrantes, convirtiendo de esta forma el aula en un foro abierto a la reflexión y al contraste crítico de pareceres y opiniones. Se puede concluir que el modelo es un valioso recurso desde los puntos de vista tecnológico y pedagógico; en este último, en su fundamentación convergen diversas teorías, algunas de ellas antagónicas.

**Palabras clave:** *awareness*, arquitectura *blackboard*, ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados en computador, inteligencia artificial.

### ABSTRACT

This paper is aimed at describing collaborative activities, the awareness process and blackboard architecture used within the ALLEGRO system, a multi-agent learning and teaching environment which has included artificial intelligence mechanisms (instructional planning (IP), case-based reasoning (CBR), multi-agent systems (MAS), intelligent tutoring systems (ITS) and computer supported collaborative learning (CSCL)). The proposed model of awareness promotes communication, collaboration and coordination in CSCL ALLEGRO. MAS-CommonKADS methodology was applied for building the Multi-Agent system. ALLEGRO based its instructional approach on the following three pedagogical paradigms: conductive behaviour, cognitive mechanisms (distributed cognition and problem-based learning) and social-historical theory. The system was validated via several case studies regarding the graphical digital domain for postgraduate architectural studies. The proposed awareness model lets students develop important skills such as conscious behaviour, communication, collaboration and coordination in the CSCL component of the ALLEGRO system. This model facilitates students acquiring a perception of what others are doing inside the CSCL, thereby using such knowledge for interacting with the environment and developing leading to expressing and exchanging ideas and opinions with other students, transforming the class into an open virtual forum for reflection, proactive interaction and a critical space for exchanging ideas. The proposed

<sup>1</sup> Ingeniero de sistemas y computación, Universidad de los Andes. M.Sc. en Informática, Université Joseph Fourier, Francia. Doctor en informática, Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia. Coordinador, posgrado en Ingeniería de sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Director, Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Inteligencia Artificial - GIDIA, Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. dovalle@unal.edu.co

<sup>2</sup> Licenciado en docencia de computadores, Universidad de Medellín, Colombia. M.Sc. en ingeniería de sistemas, Universidad Nacional de Colombia. Pasantía doctoral, grupos de Inteligencia Artificial, Universidad Federal de Río Grande do Sul, Brasil. Candidato a doctor en ingeniería, Área Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Profesor auxiliar, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Investigador, Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo en Inteligencia Artificial - GIDIA, Escuela de Sistemas, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. jajimen1@unal.edu.co

<sup>3</sup> Ingeniero de sistemas y computación, Universidad de los Andes, Colombia. Doctor en ciencias de la computación, Universidad de Chile, Chile. Postdoctor, Universidad de Chile. Postdoctor, Universidad de Cataluña, España. Director, grupo I+D en Tecnologías de la Informática, Universidad del Cauca, Colombia. ccollazo@unicauca.edu.co

instructional model is a valuable resource from the technological and pedagogical point of view as different theories are integrated, some of them conflicting with others.

**Keywords:** awareness, blackboard, computer-supported collaborative learning, artificial intelligence.

Recibido: febrero 16 de 2006

Aceptado: octubre 10 de 2006

## Introducción

La inteligencia artificial en la educación es un área interdisciplinar en la que se mezclan investigadores con diversa formación y objetivos. Principalmente, trabajan en ella personas interesadas en diferentes campos como: pedagogía, psicología, ingeniería e informática, y cada una de ellas aporta desde su perspectiva al desarrollo de la disciplina con el propósito de aplicar las técnicas de la Inteligencia Artificial al desarrollo de sistemas de enseñanza inteligentes más inteligentes.

El término *inteligente* utilizado en estos sistemas es determinado fundamentalmente por la capacidad de adaptación del ambiente de enseñanza/aprendizaje a las necesidades de conocimiento de cada aprendiz (Wenger, 1987). Para lograrlo utiliza diferentes estrategias pedagógicas y técnicas computacionales durante los procesos de tutoría.

Los ambientes colaborativos de aprendizaje permiten configurar para los docentes y aprendices, escenarios diversos y flexibles para trabajar en proyectos colaborativos (Santero *et al.*, 2003; Dorneich, 2002). Cuando se posibilita la intervención de los educandos en los conocimientos que se transmiten, se consigue un aprendizaje más efectivo, porque la persona está dejando el papel de espectador pasivo para pasar a una posición activa que lo envuelve y captura convirtiéndolo en protagonista de su proceso formativo.

El modelo propuesto contribuye al aprovechamiento de las capacidades del uso de la inteligencia artificial, la tecnología informática, las redes de computadores y las diversas estrategias pedagógicas dentro del ambiente de enseñanza/aprendizaje ALLEGRO. El propósito es que los protagonistas del acto educativo a partir de sus conocimientos y experiencia, interactúen entre ellos para solucionar problemas propuestos relacionados con la unidad básica de aprendizaje y los objetivos instruccionales de la sesión de estudio, favoreciendo en este sentido el proceso de formación y concientización de los aprendices.

En el siguiente capítulo se hace una reseña de los ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados en computador (CSCL). En el capítulo tres se describe el enfoque del *awareness* y la arquitectura *blackboard*; para luego centrarnos en el capítulo cuatro, en el modelo propuesto. Finalmente, en el capítulo cinco se presentan las conclusiones.

## Ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados en computador

El uso de la colaboración para facilitar el aprendizaje y la transmisión del conocimiento fue inicialmente propuesto

por la National Science Foundation en 1989 y después promovido por el National Research Council en 1993 (Dorneich, 2002).

Los ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados por computador (Computer-Supported Collaborative Learning, CSCL) se definen como "*los métodos instruccionales que buscan promover el aprendizaje a través del esfuerzo colaborativo entre aprendices en una determinada tarea de aprendizaje, suministrando un ambiente que aviva y enriquece el proceso, donde el aprendiz interactúa con otros colaboradores para solucionar un problema*" (Kumar, 2006).

Estos ambientes se derivan del campo de investigación de los ambientes colaborativos de trabajo apoyados por computador (Computer-Supported Cooperative Work, CSCW) para referirse a un grupo de personas laborando conjuntamente en un mismo ambiente de trabajo, propiciando la colaboración y con la ayuda de los computadores. La diferencia entre el CSCW y el CSCL radica en que este último busca que los aprendices logren obtener un conocimiento en grupo, en vez de buscar la eficiencia en el trabajo (Okamoto *et al.*, 2001).

Dependiendo del grupo de trabajo, la segunda "C" de la abreviatura puede entenderse como cooperativo o colaborativo. La palabra cooperación se refiere a la búsqueda de una meta común mediante la división de tareas mientras que el término colaboración hace referencia al logro de un objetivo compartiendo tareas (Jiménez y Ovalle, 2004).

Los CSCL permiten propiciar clases virtuales, las cuales no necesariamente requieren la presencia física de los participantes, quienes desde sus oficinas o sus hogares pueden atender los cursos, ahorrando de esta forma tiempo y dinero debido a que no tienen que desplazarse con frecuencia a los sitios de estudio, los cuales pueden estar ubicados en otras ciudades o países; incrementando de esta forma la habilidad de poder comunicarse entre ellos, expresar sus opiniones y apropiarse del conocimiento. Tiene la ventaja adicional de que les permite interactuar con personas de otras culturas y condiciones (Ovalle y Jiménez, 2004; Soh *et al.*, 2004).

La noción de aprendizaje colaborativo se considera en un espacio tridimensional con los siguientes tres ejes (Dillenbourg, 1999):

- La escala de la situación colaborativa en términos de la cantidad de personas implicadas.
- Lo que se desea aprender.
- Las aplicaciones para soportar la colaboración (cara a cara, sincrónica, entre otras).

### Matriz espacio-temporal

La tecnología de los CSCL está concebida para ayudar a un grupo de personas localizadas en un mismo sitio, o a un grupo distribuido en diferentes lugares. Además, pueden ser previstos para mantener una comunicación, colaboración y coordinación de forma sincrónica y/o asincrónica.

Clarence Ellis *et al.*, (1991) identifica la manera de descomponer los sistemas colaborativos a través de una matriz espacio-temporal, la cual se exhibe en la Figura 1.

		<b>TIEMPO</b>	
		Mismo tiempo	Diferente tiempo
<b>ESPACIO</b>	Mismo lugar	Interacción cara a cara	Interacción asincrónica centralizada
	Diferente lugar	Interacción sincrónica distribuida	Interacción asincrónica distribuida

Figura 1. Matriz espacio-temporal  
Fuente: Ellis *et al.*, 1991

### Tipos de aplicaciones

De acuerdo a la matriz espacio-temporal (Figura 1) se pueden identificar los siguientes tipos de aplicaciones (Kosoresow y Kaiser 1998; Ellis *et al.*, 1991):

#### Interacción cara a cara

Implica el mismo tiempo y el lugar. Pueden dividirse en varias categorías: pantalla compartida para explicaciones, utilidades con respuesta de la audiencia, estaciones de trabajo con envío de texto, entornos de conversación y tormentas de ideas (Ortega y Bravo, 1998).

#### Interacción asincrónica centralizada

Implica el mismo lugar pero diferente tiempo. Ejemplo de esta aplicación es el foro de debate activo en un computador donde las personas aportan comentarios.

#### Interacción sincrónica distribuida

Implica el mismo tiempo pero diferente lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son los editores sincrónicos distribuidos, los entornos de trabajo, el *chat* y la videoconferencia.

#### Interacción asincrónica distribuida

Implican diferente tiempo y lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son el correo electrónico, los grupos de interés o noticias y comunidades en la red.

### Clasificación

Los CSCL/CSCW se pueden clasificar según:

### Objetivos

Esta tecnología se cataloga de acuerdo a su objetivo principal de la siguiente forma (Ortega y Bravo, 1998):

- Centrado en el individuo: el cual gestiona localmente el trabajo de cada individuo dentro del grupo.
- Centrado en el documento: se esmera por la gestión de las tareas encargadas a un documento, su enrutamiento, consulta, actualización, entre otras.
- Centrado en el proceso: controla la conclusión de actividades.

### Espectro

Igualmente, Ellis *et al.*, (1991) proponen una clasificación según un espectro de dos dimensiones, en donde se pueden ubicar los sistemas de alto y bajo nivel:

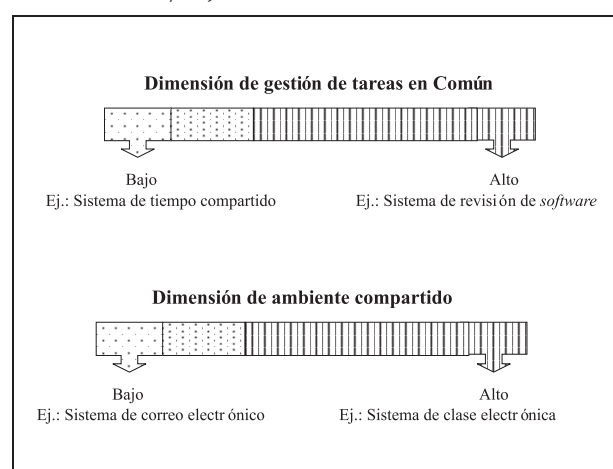


Figura 2. Clasificación según el Espectro  
Fuente: Ellis *et al.*, 1991

De esta forma se puede afirmar que si un sistema presenta entornos compartidos o gestión de tareas en común, tiene un grado de acercamiento al trabajo colaborativo, el cual mejora según estos dos parámetros.

Por ejemplo, existen sistemas que soportan varios usuarios ejecutando en forma concurrente sus tareas, como también en forma independiente y separadas. Por lo tanto, ya que ellos no ejecutan la misma tarea, se puede decir que en el espectro de trabajo colaborativo este sistema se considera bajo. En contraste, se puede tener un sistema que revisa un *software* y electrónicamente permite a un grupo de diseñadores evaluar dicho *software* en tiempo real. Es decir que este sistema asiste al grupo de personas en la ejecución de una tarea específica y en el mismo tiempo. Por lo tanto, se afirma que en el espectro de trabajo colaborativo, este sistema se considera alto.

Otro ejemplo es el sistema del correo electrónico típico que transmite mensajes, de forma funcional, pero proporciona pocas señales de ambientes compartidos. Por consiguiente, es bastante bajo en el espectro del trabajo colaborativo. En contraste, un sistema que usa múltiples ventanas para

simular una clase tradicional, donde el profesor presenta a sus aprendices documentos en línea, atiende preguntas y responde a sus inquietudes, y que dicha información pueda ser distribuida a todo el grupo, se considera un sistema alto en el espectro de trabajo colaborativo.

## Awareness y arquitectura blackboard

### Awareness

El área de CSCW ha recibido mucha atención en las últimas décadas. Esto se debe quizá a que las organizaciones comienzan a darse cuenta del trabajo colaborativo dentro de ellas. La industria del *software* ha comenzado a adoptar resultados de la investigación colaborativa incorporándolas en sus productos. Es fácil encontrar ahora varias formas de hacer versionamientos, anotaciones, o tener pequeñas discusiones dentro de, por ejemplo, los procesadores de texto. Sin embargo, el trabajo colaborativo requiere más que simples facilidades para que la gente pueda participar. Como lo mencionan Ellis *et al.*, (1991), los productos obtenidos para un uso colaborativo pueden beneficiarse de contribuciones y aproximaciones de otras áreas como los sistemas distribuidos, interacción humano-computador, inteligencia artificial y la teoría social.

Conseguir el éxito en una organización requiere de un efectivo trabajo en equipo. Sin embargo esto no es fácil de lograr, es preciso diseñar escenarios que realmente conlleven a una verdadera colaboración. Muchos estudios han demostrado que la gente necesita tener actualizaciones constantes en la información que manejan y que los demás participantes apremian para llevar a cabo su actividad de forma adecuada. Esta clase de información se denomina *awareness*. De esta forma, los individuos se dan cuenta de los cambios que están siendo realizados en el entorno de trabajo por parte de los demás participantes. Esto permite planear las acciones a realizar y adquirir nueva información (Neisser, 1976). En particular, *awareness* permite incrementar las oportunidades de una mutua comunicación y de esta forma facilitar la colaboración (Dourish y Bellotti, 1992). La mayoría de la investigación en esta área se refiere a encontrar nuevas formas de facilitar las interacciones a través del uso de la tecnología entre los participantes de un equipo de trabajo.

Cuando las personas están haciendo alguna actividad colaborativa mediada por computador de forma distribuida, no pueden observarse, escucharse o sentir la presencia de los demás colaboradores a menos que se obtenga esa información de los mecanismos de *awareness*. Como puede intuirse, los datos de *awareness* algunas veces pueden ser un sustituto muy reducido de la información real. El *awareness* debe convertirse en un elemento importante en el diseño de sistemas distribuidos CSCW/CSCL para reducir el esfuerzo cognitivo de los colaboradores (Palfreyman y Rodden, 1996). *Awareness* también puede verse como una forma de facilitar la transición de un trabajo individual a uno grupal (Gaver, 1991). Dourish y Bellotti (1992) enfatizan la responsabilidad individual dentro del grupo definiendo al *awareness*

como un entendimiento compartido de las actividades de los demás con el propósito de proveer un contexto para su propia actividad.

*Awareness* es necesario en todos los niveles de la colaboración, pero el grado de necesidad varía de acuerdo al foco que se tenga: una mayor colaboración requiere una cantidad más grande de *awareness*, no solamente en escenarios organizacionales como se ha mencionado hasta ahora, sino para ambientes educativos colaborativos, en los que tener información respecto a lo que los demás estudiantes han aprendido o lo están haciendo resulta un elemento clave en la construcción del conocimiento (Collazos *et al.*, 2003). En CSCL hay varios estudios de cómo proveer mecanismos de *awareness* con el fin de brindar oportunidades para un mejor proceso de enseñanza/aprendizaje. Yamagami y Seki han propuesto *awareness* del conocimiento, compartiendo el *know-how* de un grupo de trabajo (Ogata y Yano, 1996). Collazos *et al.*, han definido un esquema de *awareness* de construcción del conocimiento (Collazos *et al.*, 2002) que intenta brindar mecanismos para identificar cómo se da la construcción compartida del conocimiento.

Proveer mecanismos computacionales para soportar el *awareness* ha sido demostrado de vital importancia en el diseño de ambientes colaborativos, pero este diseño no es fácil y se necesita definir esquemas que permitan generar mecanismos de *awareness* efectivos para lograr una verdadera colaboración.

### Arquitectura blackboard clásica

La arquitectura *blackboard* (conocida en castellano como tablero, pizarra o pizarrón) es uno de los grandes clásicos de la inteligencia artificial. Surge a partir del proyecto HEARSAY-II, desarrollado entre los años 1971 y 1976 (Nii, 1986a; 1986b). El propósito del proyecto fue el de intentar que las máquinas comprendieran el habla y respondieran de acuerdo a lo que *entendían* en el contexto de que eran capaces de responder a los comandos y preguntas realizados de manera oral (hablados) acerca de su base de conocimientos. HEARSAY-II fue utilizado para la vigilancia de los océanos.

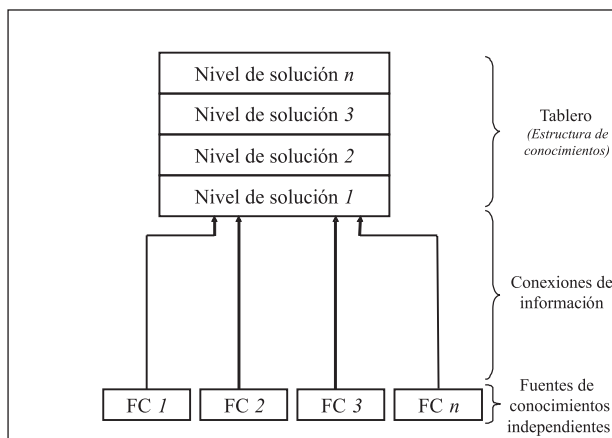


Figura 3. Arquitectura blackboard clásica.

Fuente: Rolston, 1995

La arquitectura *blackboard* se define como “una estructura de conocimientos que se emplea para almacenar el razonamiento de dominios complejos. Este almacenamiento se hace de manera temporal, guardando así la solución de una tarea o problema mediante esta estructura” (Murray, 1989).

Su filosofía se fundamenta en el concepto de “cooperación independiente de expertos cuando se enfrentan a problemas complejos” (Rolston, 1995).

Para construir una posible solución a los problemas que se encuentran planteados en el tablero, se dividen en subproblemas o tareas para almacenar las posibles soluciones de acuerdo a una jerarquía, cada una a un nivel diferente de contemplación.

La arquitectura *blackboard* clásica (Figura 3) contempla dos elementos: las fuentes de conocimientos (FCs) y el tablero, aunque en otras versiones existe un tercer elemento: el control (Figura 4).

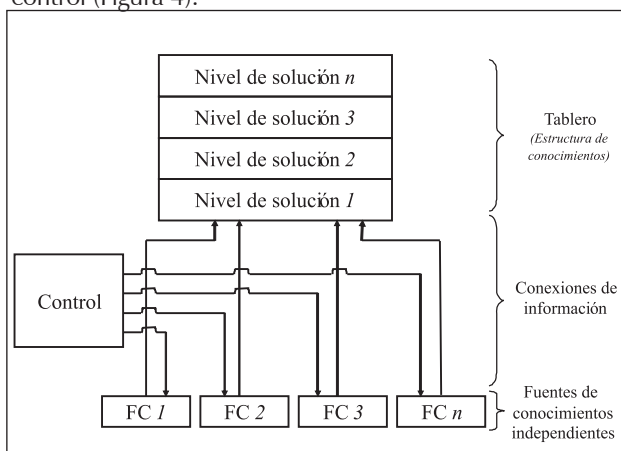


Figura 4. Arquitectura blackboard con módulo de control. Fuente: Rolston, 1995

**Fuentes de conocimientos**

El conocimiento se divide entre varias FC separadas e independientes que pueden observar y modificar el contenido del tablero pero no comunicarse directamente entre ellas. Las FC se comunican únicamente agregando o cambiando el contenido del tablero.

Estas se activan cuando suceden cambios en él, cuyas acciones contribuyen en la evolución de la solución, adicionando o modificando elementos. En este sentido se puede afirmar que las FC responden de manera oportunística a los cambios en el tablero.

Cada FC representa un experto en particular, quien observa el contenido actual del tablero y trata de desarrollar una nueva solución parcial (de más alto nivel) basado en la aplicación de su sabiduría al estado actual.

**Tablero**

Es la base de conocimientos global que guarda de manera jerárquica los problemas y las soluciones dadas por las FC.

La estructura jerárquica facilita el proceso de abstracción de los problemas y la eficiente activación de las FC. Todas las modificaciones al estado de solución del problema son explícitas y visibles. Rolston define el tablero como “la estructura de memoria global que se emplea para las soluciones parciales emergentes” (Rolston, 1995).

Las FC constantemente realizan cambios a la información contenida en el tablero, conduciendo de manera incremental a la solución del problema. La comunicación e interacción que solo es de tipo asincrónico toma lugar a través del tablero (Nii, 1986a; 1986b).

**Control**

Es un módulo que monitorea los cambios en el tablero y decide cuáles son las próximas acciones a tomar dentro de la arquitectura. El sitio de control puede estar en las FC, en el tablero, en un módulo independiente (Figura 4) o en alguna combinación de las anteriores.

**Evolución de la arquitectura blackboard**

La evolución de la arquitectura *blackboard* (Figura 5) surge con la aparición de los servicios de comunicación sincrónica y asincrónica propios de los CSCL. La diferencia radica en las FC y el módulo de control (Ovalle y Jiménez, 2004; Jiménez, 2002).

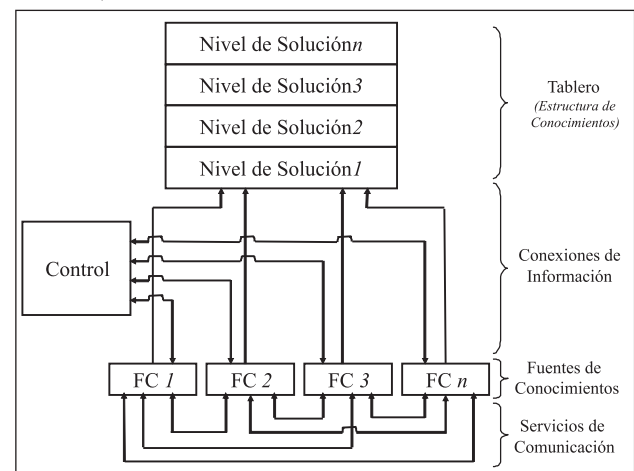


Figura 5. Arquitectura blackboard con servicios de comunicación sincrónica y/o asincrónica Fuente: Ovalle y Jiménez, 2004; Jiménez, 2002

Algunas de las características de esta etapa evolutiva de la arquitectura *blackboard* son:

**Fuentes de conocimientos**

La filosofía central continúa siendo la misma de la arquitectura clásica: contribuir con información que conlleve a la solución de los problemas expuestos en el tablero y monitoreados por el control.

Las FC son agentes humanos que, a pesar de continuar estando físicamente aisladas y ser independientes, se pueden comunicar entre sí a través del tablero o utilizando los

servicios de comunicación sincrónica y/o asincrónica propios de los CSCL; antes, durante o después de colocar un aporte en el tablero. Las FC responden de manera oportunistica a los cambios en él.

Los aprendices se consideran FC en el sentido de que poseen un conocimiento significativo (experiencia) a partir de las sesiones de aprendizaje que han estudiado en un ambiente de enseñanza computacional (p.e.: ALLEGRO), el cual integra funciones de tutoría individualizada.

El modelo de enseñanza para el aprendizaje (modelo pedagógico) propio de ALLEGRO permite motivar al aprendiz a la búsqueda de más conocimiento de manera autónoma, relacionado con las unidades básicas de aprendizaje (Basic Unit of Learning, BUL) y los objetivos instruccionales (Instructional Objectives, IO) para tratar de acercarse al conocimiento que posee un experto en el área de estudio. Así mismo, otros ambientes tienen características similares (p.e.: MILLENNIUM, MACES, BAGHERA, AMPLIA, entre otros) Los anteriores modelos no manejan la concepción de *awareness* dentro de sus canales colaborativos (Jiménez, 2006).

Algunas de las aplicaciones que pueden utilizar para comunicarse son: correo electrónico, chat, foro de debate, audio, videoconferencia, entre otros.

### Tablero

Las FC además de producir cambios en esta estructura de conocimientos también pueden establecer comunicación e interacción por este medio. Todas las modificaciones al estado de solución del problema son explícitas y visibles.

Su función continúa siendo la de almacenar los cálculos y los conocimientos de la solución del problema aportados por las FC y monitoreados por el control. Los objetos en el tablero se encuentran organizados jerárquicamente dentro de niveles de análisis.

### Control

Otra diferencia de la arquitectura clásica y la evolución reside en el módulo de control, donde el docente monitorea cada uno de los aportes publicados en el tablero de acuerdo con la agenda de trabajo para brindar retroalimentación individualizada a cada uno de los aprendices. Dentro del módulo de control también aparecen los asistentes de docencia, quienes están encargados de gestionar cada uno de los foros de debate donde se encuentran los problemas propuestos.

El control tiene como funciones: planear las acciones que se van a tomar en el tablero, indicar el próximo ente a ser procesado e indicar cuando se ha encontrado una solución óptima a problemas específicos.

## Ambiente de enseñanza/aprendizaje ALLEGRO

El modelo de *awareness* utilizando la evolución de la arquitectura *blackboard* ha sido implementado en el CSCL del Ambiente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO.

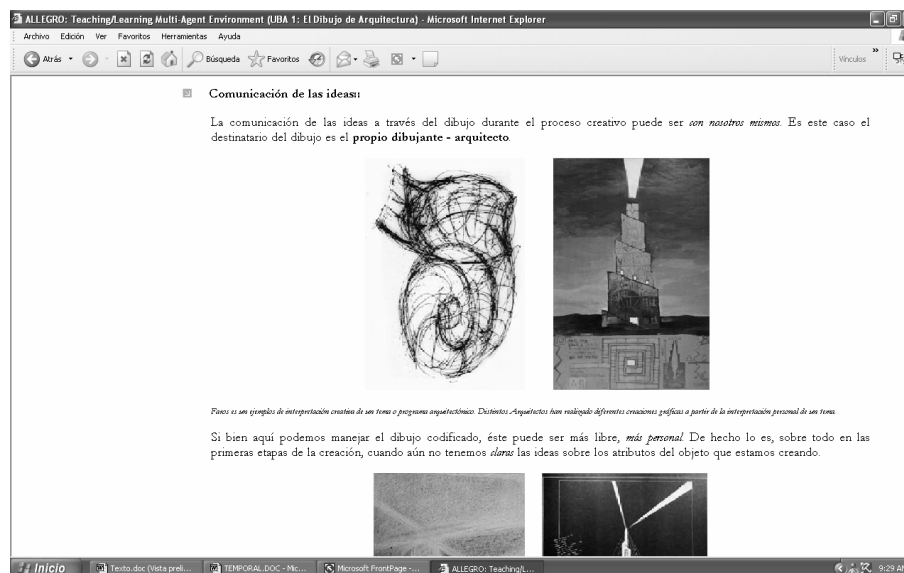


Figura 6. Pantalla del entorno individualizado de aprendizaje (ITS) Fuente: Jiménez, 2006

ALLEGRO es un ambiente inteligente conformado por un sistema tutorial inteligente (Intelligent Tutoring System, ITS) el cual permite brindar aprendizaje en forma individualizada (Figura 6); y un CSCL que ofrece aprendizaje en modo colaborativo (Figura 7). ALLEGRO integra diversas disciplinas de investigación dentro del área de la inteligencia artificial, como lo son: la planificación instruccional (Instructional Planning, IP), el razonamiento basado en casos (Case-Based Reasoning, CBR) y los sistemas multiagente (Multi-Agent System, MAS).

La IP es el componente encargado de determinar la secuencia de las acciones (plan) de tutorización de manera consistente, coherente y continua (Wasson, 1990), las cuales maximizan las actividades de aprendizaje de cada aprendiz para alcanzar los IO durante una sesión de aprendizaje (Matsuda y VanLehn, 2000; Woo, 1991).

El CBR es una técnica 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 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 (Reyes y Sison, 2002; Althoff, 2001). El CBR es un mecanismo apropiado para resolver problemas en sistemas de enseñanza-aprendizaje, gracias a su capacidad de reflexionar sobre los resultados que consigue y a la de almacenar las experiencias.

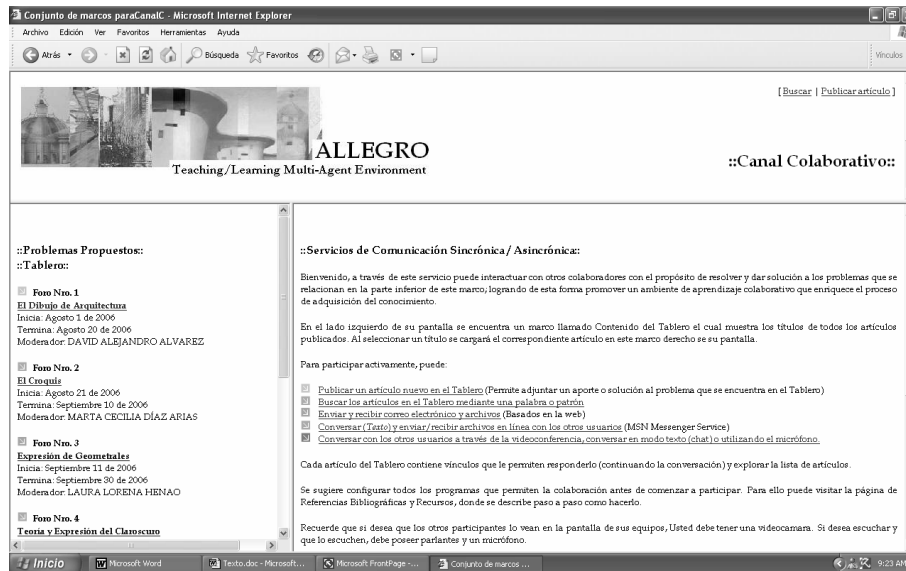


Figura 7. Pantalla del entorno colaborativo de aprendizaje (CSCL)  
Fuente: Jiménez, 2006

La IP de ALLEGRO utiliza la técnica de CBR (Figura 8), es decir, utiliza la experiencia almacenada de la solución exitosa de problemas similares pasados. En este sentido se puede afirmar que el sistema aprende en forma autónoma a partir de la experiencia con los aprendices, convirtiendo a la IP en una herramienta más flexible que tiene la capacidad de adaptar los conocimientos con determinado grado de abstracción dependiendo del aprendiz.

Para lograr lo anterior, ALLEGRO fue modelado utilizando el enfoque de los MAS. 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. Estos agentes pueden ser homogéneos o heterogéneos y tener metas comunes o no, pero siempre involucrarán algún grado de comunicación entre ellos (Lemaître, 1998).

Los principios de los MAS han mostrado un potencial adecuado en el desarrollo de sistemas educativos computarizados debido al hecho de que la naturaleza de los problemas de enseñanza-aprendizaje son resueltos más fácilmente a través de un abordaje cooperativo (Oliveira y Viccari, 1996).

Las bondades que el MAS le ofrece a ALLEGRO son: 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 IO. También, en la manera como el sistema evoluciona de manera independiente en el almacenamiento y selección de casos 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). La adaptabilidad se refiere a que el contenido de la instrucción se moldea de acuerdo a las necesidades específicas y las preferencias del aprendiz.

ALLEGRO fundamenta su paradigma instruccional en tres teorías de aprendizaje: conductista, cognitiva e histórica-social. El modelo de *awareness* implementado en el CSCL de ALLEGRO se apoya en el método de colaboración denominado aprendizaje basado en problemas, en el cual un equipo pequeño de aprendices, junto con un docente (instrucción dirigida), aprende en el proceso de solución de un problema.

### Arquitectura del ambiente de enseñanza/aprendizaje

El nombre del ambiente multiagente de enseñanza/aprendizaje ALLEGRO se origina gracias al acorde, armonía y viveza de los elementos que lo integran. Su arquitectura (Figura 8) está conformada por dos tipos de agentes (*software* y humanos). A continuación se presenta un resumen de las funciones que cumple cada uno de ellos:

### Agentes de software

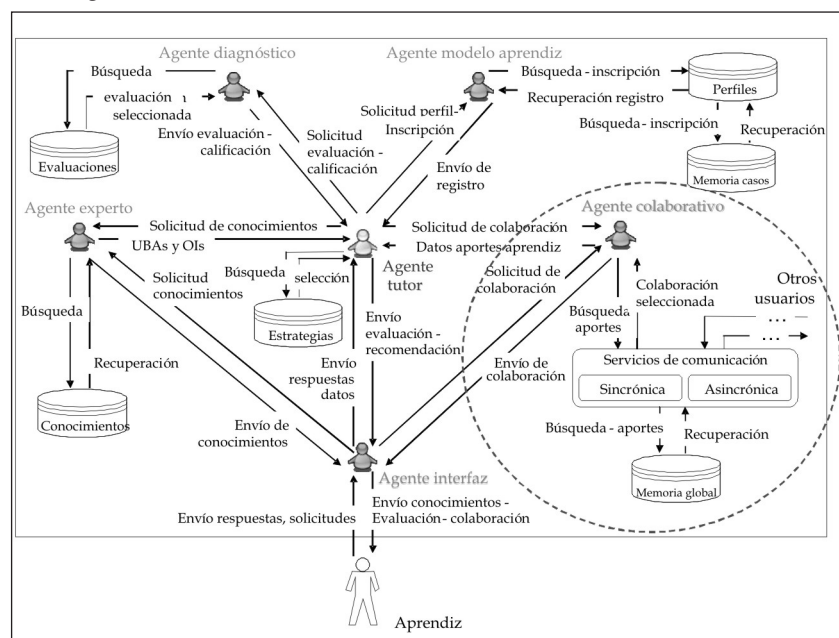
Son agentes informáticos encargados de realizar labores para su dueño dentro de la arquitectura, en este caso tareas de tipo pedagógico, las cuales son su componente cognitivo, así como mostrar un comportamiento determinado. Se presentan seis tipos:

- Tutor: es el encargado de guiar el proceso de aprendizaje, decide las acciones pedagógicas a realizar, cómo y cuándo.
- Modelo del aprendiz: quien gerencia el modelo de aprendizaje del alumno. Contempla: el estilo de aprendizaje, comprensión de los temas, limitaciones y nivel de conocimientos del aprendiz.
- Interfaz: es el puente entre los agentes humanos y el *software*.
- Experto: quien administra el conocimiento y contenidos del área o tema específico de enseñanza. Se compone de BUL y IO.
- Diagnóstico: el encargado de seleccionar y calificar el nivel de conocimientos del aprendiz.

- **Colaborativo:** el agente encargado del CSCL. Por solicitud del agente tutor, se comisiona para buscar a otros aprendices que están tratando el mismo tema de la BUL y con los cuales se puede establecer comunicación sincrónica o asincrónica para ofrecerle colaboración al aprendiz. Agrupa a los usuarios por temática de estudio, perfiles o comportamiento. Este agente se comunica con el agente tutor.

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, además de elaborar y dar a conocer (publicando en el tablero) 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 de nuevo en el tablero, a manera de conclusiones.

El asistente de docencia también es conocido con los nombres de ayudante, auxiliar o monitor.

- **Docente:** es el profesor humano; tiene como función acompañar a las FC 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 del curso normal, brinda bibliografía a los aprendices y al asistente de docencia. Es el encargado de programar las BUL, lo mismo que los problemas propuestos.

Figura 8. Implementación del modelo de awareness en el CSCL de la arquitectura multiagente de ALLEGRO. Fuente: Jiménez, 2006

### Agentes humanos

Estos agentes pueden comunicarse entre sí para buscar una meta común mediante la división de tareas, o para lograr un objetivo compartiéndolas.

Para comunicarse con los otros agentes humanos (FC) al mismo tiempo, puede utilizar varios canales como *chat*, conferencia, videoconferencia, editores multiusuarios y las pizarras compartidas, en este caso está valiéndose de los servicios de comunicación sincrónica, sin importar el lugar donde se encuentre cada una de las FC.

Cuando usa los servicios de comunicación asincrónica puede consultar, publicar y modificar el contenido del tablero con sus aportes, tratando de dar una solución colaborativa a los problemas propuestos. Estos aportes pueden ser debatidos por las demás FC de la sesión de aprendizaje.

También se pueden comunicar directamente con las otras FC sin importar factores como el tiempo y el lugar, a través del correo electrónico, el envío y recepción de archivos y la participación en grupos de interés.

Los agentes humanos o FC, se clasifican en dos grupos:

- **Aprendiz:** persona que desea aprender un dominio específico. Recibe las instrucciones que brindan el docente y

La tarea del awareness es llevada a cabo por el agente colaborativo y los agentes humanos (Figura 8). De acuerdo a la clasificación propuesta por Ellis *et al.*, (1991) el CSCL de ALLEGRO emplea tres tipos de interacción: cara a cara, sincrónica y asíncrona distribuida. Según su objetivo principal se centra en el individuo, el documento y el proceso; de acuerdo al espectro de trabajo colaborativo, se ubica en los sistemas de alto nivel.

### Metodología awareness

La metodología admite la inclusión de una estrategia que permite generar colaboración entre los integrantes de un grupo capturando la habilidad para comunicarse y así solucionar los problemas en conjunto. Una buena estrategia depende principalmente, en el escenario de la colaboración, del *background* de los participantes y de las herramientas disponibles.

El proceso se inicia cuando el docente (Figura 9) selecciona los asistentes de docencia de cada una de las sesiones de aprendizaje de acuerdo con su nivel de diagnóstico de competencias que debe poseer para liderar la sesión.

Para cada sesión, se elabora una programación a manera de agenda de trabajo, la cual es construida por el asistente de docencia y el docente. La agenda incluye, entre otros elementos: el título de la sesión, fecha de inicio, fecha de



terminación, nombre del asistente de docencia encargado y los problemas propuestos. Esta agenda es publicada dentro del tablero (memoria global) para que todos los agentes humanos la puedan visualizar.

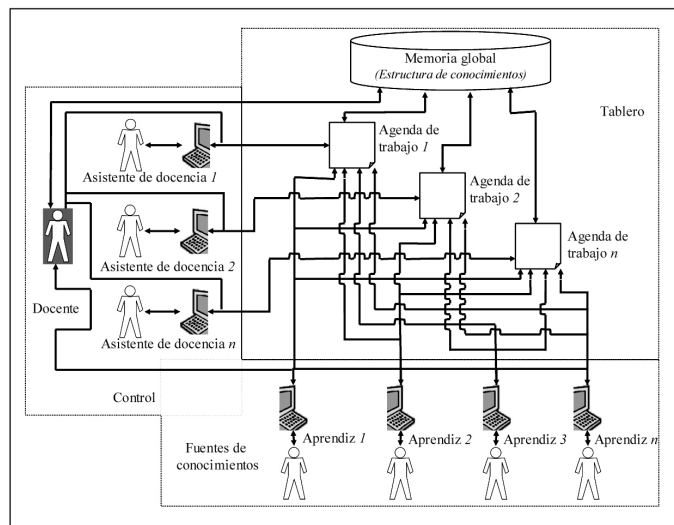


Figura 9. Modelo de awareness en el CSCL empleado en ALLEGRO Fuente: Jiménez, 2006

El docente facilita al asistente de docencia y a los aprendices bibliografía especializada relacionada con la BUL de estudio.

Cada uno de los problemas se sitúa en un nivel de complejidad diferente y tienen la característica de propiciar la interacción social, la discusión y la colaboración. Pueden involucrar una o varias BUL (Figura 10).

Los aprendices observan los problemas propuestos para cada una de las sesiones, y de acuerdo con sus conocimientos tratan de darles solución publicando aportes en el tablero.

Cuando lo anterior sucede, es decir, cuando se publica un nuevo aporte, el sistema se encarga de enviar un mensaje vía correo electrónico indicando que se ha expuesto una nueva contribución, si el aprendiz no se encuentra conectado. Cuando sí lo está, (en línea) aparece el mensaje en la parte inferior derecha de su pantalla. El objetivo es permitir que los aprendices tengan una percepción de lo que hacen los demás para que incluyan este referente dentro de su propio trabajo.

Los aprendices (FC) se pueden comunicar entre sí utilizando los servicios de comunicación tanto en forma sincrónica como asincrónica.

La función del agente colaboración es la de buscar otros aprendices que están trabajando la misma BUL (sincrónica y/o asincrónicamente) para sugerirle a un aprendiz determinado establecer comunicación con ellos.

El docente observa constantemente los aportes publicados en el tablero dándose cuenta de la calidad de estos y del nivel de avance de los aprendices, brindando mecanismos

de awareness a los demás integrantes el grupo. Así mismo, da recomendaciones individuales a cada uno de los aprendices y en grupo (Figura 9).

Al finalizar una sesión, el asistente de docencia presenta una síntesis o recopilación final de los aportes más relevantes o de aquellos que resolvían el problema de una manera exitosa. Esta etapa del proceso puede realizarse de manera presencial y sin necesidad de los computadores.

Al final presenta un documento que es publicado en el tablero y que contiene las soluciones óptimas a cada uno de los problemas y las conclusiones relacionadas con la sesión.

El docente visualiza las respuestas, extrayendo de allí la evaluación para cada uno de los aprendices. También les hace recomendaciones finales.

Dentro del contexto de ALLEGRO, existe igualmente otra forma de evaluación en el CSCL, conocida como individualizada, es decir, el docente la envía a cada uno de los aprendices a través del correo electrónico. Los aspectos evaluados se relacionan con la sesión que se trató, involucrando además conceptos de las sesiones ya aprendidas. Esta evaluación sucede al clausurar una sesión de aprendizaje. Los aprendices envían las respuestas al docente por este mismo medio. De acuerdo a los resultados de la evaluación, el docente brinda recomendaciones (retroalimentación) en forma individual a sus aprendices.

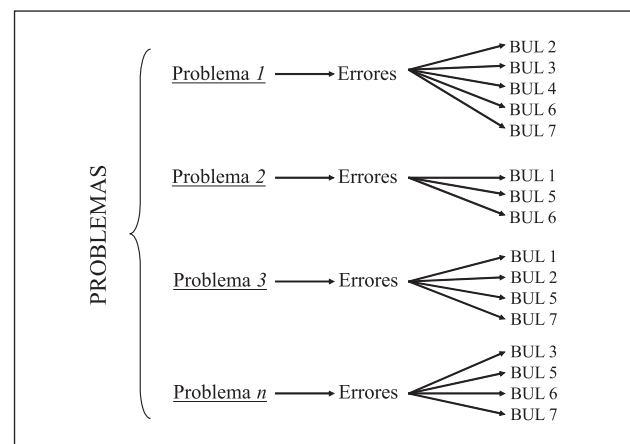


Figura 10. Esquema del tipo de evaluación de problemas propuestos donde se involucran varias BUL

Cabe resaltar que el docente constantemente monitorea el trabajo y progreso de los estudiantes, asistentes de docencia y de la sesión de aprendizaje, lo cual es un aspecto que se considera exitoso dentro del awareness.

## Conclusiones

En la actualidad se están produciendo grandes cambios en la forma como 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 *awareness* del CSCL de ALLEGRO permite al aprendiz tomar un papel activo en su proceso formativo, a través de actividades que le permiten exponer e intercambiar ideas y opiniones con los demás integrantes, convirtiendo de esta forma el aula en un foro abierto a la reflexión y al contraste crítico de pareceres y opiniones.

Los mecanismos de *awareness* del modelo faculta a los aprendices a tener una percepción de lo que los demás hacen dentro del CSCL con el propósito de que les sirva para su entorno y actividades de trabajo.

Se hace necesario mencionar la resistencia de algunos docentes frente al desafío de nuevas maneras de instrucción para implementar las investigaciones y desarrollos en el área de la AI en la educación. Es imperiosamente necesario innovar los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje, pero antes debe hacerse una labor de concientización y formación computacional entre los educadores.

Al establecer la importancia de la AI en la educación para la construcción de nuevos caminos y en la generación de nuevas actitudes entre sus protagonistas se entiende el porqué del presente trabajo.

## 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.

## Bibliografía

Althoff, K., *Case-Based Reasoning Handbook of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering (IESE), Kaiserslautern, Alemania, 2001.

Collazos, C., Guerrero, L., Pino, J. and Ochoa, S., *Introducing Knowledge-Shared Awareness*, Proceedings. Of IASTED International Conference: Information and Knowledge Sharing (IKS 2002), St. Thomas, Virgin Islands, USA, 2002.

Collazos, C., Guerrero, L. and Pino, J., *Knowledge Construction Awareness*, Student-Centered Learning Journal, Vol.1, No. 2, 2003.

Dillenbourg, P., *What Do You Mean By "Collaborative Learning"?*, En: *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. P. Dillenbourg (Ed.), *Advances in Learning and Instruction*, 1999.

Dorneich, M., *A System Design Framework-Driven Implementation of a Learning Collaboratory*, En: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, Vol. 32, No. 2, 2002.

Dourish, P. and Bellotti, V., *Awareness and Coordination in Shared Workspaces*, *Proceeding ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92)*, Toronto, ACM Press, 1992.

Ellis, C., Gibbs, S. and Rein, G., *Groupware Some Issues and Experiences*, En: *Communications of the ACM*, Vol. 34 No. 1. Kumar, V. (1998), Disponible en: <http://www.sfu.ca/~vivek/personal/papers/CSCLIssuesForResearch.pdf>, Consultado en: febrero de 2006, *Computer-Supported Collaborative Learning: Issues for Research*, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 1991.

Gaver, W., *Sound Support for Collaboration*, *Proceedings ESCW'91*, 1991.

Jiménez, J., *Evolución de la Arquitectura Blackboard utilizando el enfoque de los Ambientes Colaborativos*, EITI2002 *Investigación sobre Tecnologías de Información Aplicadas a la Solución de Problemas*, 2002.

Jiménez, J. y Ovalle, D., *Entorno Integrado de Enseñanza/Aprendizaje basado en ITS Sistemas Tutoriales Inteligentes & Ambientes Colaborativos*, *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática*, v.1, n.1, USA, 2004.

Jiménez, J., *Un Modelo de Planificación Instruccional usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multiagente para entornos integrados de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje*, Universidad Nacional de Colombia. Tesis Doctoral, 2006.

Kosoresow, A. and Kaiser, G., *Using Agents to enable Collaborative Work*, En: *IEEE Internet Computing*, 1998.

Lemaître, Ch., *Multi-Agent Network for Cooperative Work*, *Expert System with Applications: An international Journal Elsevier Science*, 1998.

Matsuda, N. and VanLehn, K., *Decision Theoretic Instructional Planner for Intelligent Tutoring Systems*, *Proceedings Workshop on Modeling Human Teaching Tactics and Strategies*, ITS2000, 2000.

Murray, W., *Control for Intelligent Tutoring Systems: A Comparison on Blackboard Architectures and Discourse Management Network*, *Machines Mediated Learning, International Journal*, Vol. 3, No. 1, 1989.

Neisser, U., *Cognition and Reality*, Ed. W.H.Freeman, San Francisco, 1976.

Nii, P., *Blackboard Systems: The Blackboard Model of Problem Solving and Evolution of Blackboard Architectures Part One*, *The AI Magazine Summer*, 1986a.

Nii, P., *Blackboard Systems: Blackboard Application Systems, Blackboard Systems from a Knowledge Engineering Perspective Part Two*, *The AI Magazine Summer*, 1986b.

Ogata, K. and Yano, Y., *Knowledge Awareness: Bridging between Shared Knowledge and Collaboration in Sharlok*, Disponible en : <http://www.yano.is.tokushima-u.ac.jp/research/sharlok/ed-media96.html>, consultado en: noviembre de 2005, 1996.

Okamoto, T., Kayama, M. and Cristea, A., *Proposal for Collaborative Learning Standardization*. En: *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Techniques -ICALT'01*, 2001.

Palfreyman, K. and Rodden, T., *A Protocol for Users Awareness on the World Wide Web*, *Proceedings of CSCW'96*, USA, 1996.

Oliveira, F. and Vicari, R., *Are Learning Systems Distributed or Social Systems*, En: *European Conference on AI. in Education*, 1996.

Ortega, M. and Bravo, J., *Groupware and Computer-Supported Collaborative Learning*, 1998.

Ovalle, D. and Jiménez, J., Millennium: A Learning Framework based on Integrating Model of Intelligent Tutoring Systems and Computer Supported Collaborative Learning. Proceeding 1st LEDGRAPH Workshop of 7th International Conference on ITS2004, 2004.

Reyes, R. and Sison, R., Case Retrieval in CBR-Tutor., En: Proceeding of the International Conference on Computer in Education – ICCE '02 IEEE, 2002.

Rolston, D., Principios de la Inteligencia Artificial y Sistemas Experto, Ed. McGraw Hill, 1995.

Santoro, F., Borges, M. and Santos, N., Experimental Finding with Collaborative Writing whiting a Project-Based Scenario., En: Computer and Education: Toward a Lifelong Learning Society, USA, 2003.

Soh, L., Jiang, H. and Ansorge, C., Agent-Based Cooperative Learning: A Proof-of-Concept Experiment., En: ACM Special Interest Group on Computer Science Education –SIGCSE '04, USA, 2004.

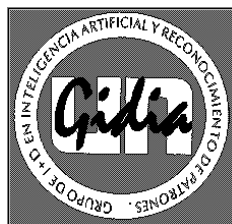
Wasson, B., Determining the Focus of Instruction: Content Planning for Intelligent Tutoring Systems., University of Saskatchewan, Tesis Doctoral, 1990.

Wenger, E., Artificial Intelligence and Tutoring Systems., Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1987.

Woo, C., Instructional Planning in an Intelligent Tutoring System: Combining Global Lesson Plan with Discourse Control, Illinois University, Tesis Doctoral, 1991.

## Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial – GIDIA

Adscrito a la Escuela de Sistemas e Informática de la Facultad de Minas, de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Fue reconocido por COLCIENCIAS como grupo de excelencia en la Categoría A para el período 2006 – 2009. Sus principales líneas de investigación son, entre otras, las siguientes: Visión por Computador, Planificación en IA, Redes Neuronales Artificiales, Sistemas de Lógica Difusa, Sistemas Multi-Agente, Sistemas Tutoriales Inteligentes.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

Mayor información: consulte <http://www.unalmed.edu.co/~gidia>