

Sistemas Tutores Inteligentes basados en agentes

Zulma Cataldi, Fernando Salgueiro, Guido Costa, Patricia Calvo, Pablo Méndez, Juan Rendón Zander y Fernando Lage.

LIEMA. Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales.
Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. liema@fi.uba.ar
Paseo Colón 850 4º Piso. C1063ACV – Ciudad de Buenos Aires. Argentina.

RESUMEN

Se describe el proyecto de investigación que lleva a integrar a los agentes inteligentes en el marco de desarrollo de los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) a fin de obtener una arquitectura que soporte los marcos teóricos seleccionados: la teoría de agentes, las teorías de aprendizaje (estilos) y las estrategias de enseñanza a fin de articular la solución.

Se busca un sistema de alta modularidad que permita la reutilización de los bloques principales. Para ello, se deben redefinir los módulos básicos a implementar con sus funcionalidades. De este modo se obtendrá una arquitectura basada en agentes donde los módulos del tutor (multiagentes en este caso) y del estudiante se basarán en los métodos que recomienda la Teoría Uno [1], en los estilos de aprendizaje [2,3,4] y en la teoría de las inteligencias múltiples de Gardner [5,6].

Palabras clave: Sistemas tutores inteligentes, Sistemas multiagentes, modelado de tutor.

1. INTRODUCCIÓN: LOS SISTEMAS Tutores INTELIGENTES (STI).

Un STI se define como: “un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”, [7] a lo que Giraffa [8] agrega la consideración de los diferentes estilos cognitivos de los alumnos que utilicen el sistema. El modelado de los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) es una tarea compleja. Para poder decidir si llevar a cabo un desarrollo desde una visión tradicional o con inclusión de agentes inteligentes, se debe analizar el modelo básico de tres módulos básicos en la arquitectura propuesta por Carbonell [9]. A la hora de modelizar un STI se deben considerar las características del dominio (o sea del contenido), del comportamiento observable o medible del alumno (a través de un modelo del alumno) y del conjunto

de estrategias que serán abordadas por el módulo del tutor en búsqueda de una enseñanza personalizada (considerando el modelo de tutorizado). La selección del protocolo pedagógico más adecuado para cada estudiante, es uno de los factores más importantes a la hora de maximizar los resultados de las sesiones pedagógicas: Por lo tanto, se plantea la necesidad de encontrar técnicas que permitan determinar cual es el protocolo óptimo disponible en el sistema para cada estilo de aprendizaje particular, a fin de satisfacer las necesidades de cada estudiante, considerando su desempeño previo del estudiante y otras de sus características intrínsecas del mismo (carrera, edad, tiempo de residencia en la carrera, etc.).

Para rediseñar y obtener los “nuevos módulos” se debe tener en cuenta el modelo de componentes planteado por Carbonell [9] y sus ampliaciones [10,11,12,13,14]. Por otra parte, los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) analizados pueden responder a las preguntas de los estudiantes, siempre y cuando la interacción esté iniciada por el sistema, ya que éste debe realizar un proceso guiado de aprendizaje.

2. LOS AGENTES INTELIGENTES Y LOS SISTEMA MULTIAGENTES.

En esta investigación, se busca una metodología que propicie el diseño de los STI con la integración de entidades o agentes inteligentes desde la visión que la inteligencia genuina sólo es posible si se cuenta con un cuerpo situado dentro de un entorno (modelo biológico), donde para interactuar con el medio ambiente, el agente debe ser capaz de *percibir*, *razonar* y *actuar*, es decir debe poseer sensores que le permitan recolectar información, a fin de convertir esa información en conocimiento para alcanzar su objetivo razonando y actuando para modificar el entorno. En este enfoque inspirado en la sociología, se hace referencia también a conceptos como “comunicación”, “cooperación”, “coordinación” y “competencia”.

La investigación en metodologías orientadas a agentes es un campo relativamente nuevo y debido a la relación del paradigma de la orientación a agentes con la orientación a objetos y con los sistemas basados en conocimiento, las metodologías orientadas a agentes no han surgido como metodologías totalmente nuevas, sino que se han planteado como extensiones a metodologías existentes. Se trata pues, de obtener las bases teóricas conceptuales y metodológicas para la

construcción de los STI donde la *importancia un tutor inteligente* radica en que la captura de la experticia de los especialistas (uno o varios docentes expertos en el dominio), podrá ayudar a la formación de los estudiantes novatos, a través de la adecuación de la estrategia didáctica que mejor responda a las características de cada estudiante.

Por este motivo, se pensó que un grupo de agentes cooperando a través del enfoque sociológico, podría aportar una buena opción, pero, este intento se debe tomar con mucha cautela, ya que en dominios complejos los sistemas multiagentes necesitan grandes cantidades de información acerca del mismo, por lo que resulta muy difícil prever todas las situaciones posibles para que los agentes puedan evolucionar y adaptarse al entorno. A fin de precisar qué es un *agente*, Russell y Norvig [15] señalan que: *un agente es un sistema capaz de percibir a través de sensores la informaciones que proviene del ambiente donde está insertado y reaccionar a través de efectores, por lo que se lo puede definir como una entidad de software que exhibe un comportamiento autónomo, situado en un ambiente en el cual es capaz de realizar acciones para alcanzar sus propios objetivos y a partir del cual percibe los cambios*. Wooldridge y Jennings [16] expresan que: *“Un agente es un sistema computacional que está situado en un ambiente y que es capaz de acciones autónomas en este medio para alcanzar sus objetivos de diseño”*. Villareal Farah [17] agrega en referencia a los agentes inteligentes en el marco educativo y de los STI que son: *“fragmentos de software con características humanas que facilitan el aprendizaje. Estas características puede expresarse desplegando texto, gráfico, iconos, voz, animación, multimedia o realidad virtual”*.

En cuanto a la aplicación de los agentes y SMA (sistemas multiagentes) al ámbito educativo, en lo que respecta al diseño de los STI y los Asesores Inteligentes, se han llevado a cabo investigaciones que propician su aplicación. Frasson *et al.* [18] afirman que: *“una de las aplicaciones de agentes autónomos promisorias más está probablemente en la educación y el entrenamiento”* y Shoham [19] sostiene que una solución para la construcción de ambientes de enseñanza y de aprendizaje, podría ser una sociedad de agentes que puedan aprender y enseñar, si los agentes trabajan de una manera concurrente y autónoma para alcanzar sus objetivos. Un agente es *inteligente* cuando es capaz de actuar con *autonomía* y *flexibilidad*, basadas en cualidades de *reactividad*: o capacidad para percibir su entorno y responder a tiempo a los cambios que ocurren en él, *proactividad* o capacidad de mostrar un comportamiento *dirigido por objetivos*, tomando la iniciativa para *planificar* su actuación a fin de lograr sus objetivos y *habilidad social* desde la capacidad para *interactuar* por decisión propia en los procesos de negociación o cooperación con otros agentes de software o personas. Existen otras cualidades que

incrementan la inteligencia del agente tales como: las *actitudes mentales*, el *aprendizaje*, y la *movilidad*, y se suponen *racionalidad*, la *veracidad* y *benevolencia* al aceptar las solicitudes de servicio, siempre que sea posible.

3. METODOLOGÍAS PARA DISEÑO DE SMA.

Las metodologías para la solución de problemas aplicando SMA, dan el marco formal para la concepción de sistemas desarrollados específicamente con agentes. Siguiendo a Wooldridge [20] se puede decir que éstas consisten en un conjunto de modelos que incluyen normativas y procedimientos asociados y se pueden dividir en dos grandes grupos: a) *aquellas inspiradas en los desarrollos orientados a objetos y sus extensiones* y b) *aquellas que adaptan la ingeniería de conocimiento y otras técnicas asociadas*. Entre las primeras se pueden citar la AAI (Australian AI Institute) de Kinny *et al.* [21], GAIA de Wooldridge [22], agentUML de Odell *et al.*, [23] y corresponden al segundo grupo: Desire Framework [24], Cassiopeia [25] y agentes en Z [26]. Las características de los STI sugieren la necesidad que los agentes que lo constituyan posean la capacidad de representar simbólicamente el conocimiento y tengan además la capacidad de llevar a cabo tareas de planificación. Es decir, estas capacidades se pueden obtener a través de agentes de tipo *deliberativos* donde las decisiones de los agentes se basarán en razonamientos lógicos. Dada la complejidad del entorno de desarrollo para el STI, es apropiado adoptar el enfoque BDI (*believes, desires, intentions*), que fuera formulado por Bratman [27] formalizado por Kinny, Georgeff, Rao [28]. Las arquitecturas BDI se inspiran en un modelo cognitivo humano [27], donde las *creencias* de los agentes están dadas por la información que reciben del entorno, constituyendo su propio modelo del mundo. Los *deseos*, están constituidos por aquellos estados que el agente quiere que se verifiquen en su mundo y las *intenciones* son un subconjunto de los deseos que el agente se propone alcanzar. Los *planes* están dados por las acciones que el agente llevará a cabo para lograr sus intenciones. De este modo, el agente lleva a cabo de *manera cíclica* una secuencia de revisión de creencias, generación o modificación de deseos, establecimiento de intenciones y objetivos con determinación de acciones para lograr esos objetivos, las que modificarán nuevamente el mundo tal como lo percibe el agente. Una arquitectura construida sobre la base teórica de los agentes BDI debe, poseer estructuras que permitan el almacenamiento del estado mental o conjunto de creencias del agente, las cuales se corresponden con el conocimiento que el agente tiene de su entorno, ya que los agentes no pueden diferenciar entre información verdadera y creencias. Se puede plantear entonces, el intérprete BDI con diversas estrategias [22] según el compromiso del agente (si

son osados o precavidos, o si reconsideran o no sus intenciones cuando creen que no son realizables).

4. ENTORNOS DE DESARROLLO.

Dentro de los entornos para sistemas multiagentes, una primera opción es la plataforma OpenSource JADE¹ (Java Agent Development Framework) que ofrece algunas ventajas que justifican la elección de la misma para el desarrollo del sistema multiagente. Esta plataforma posee API's (*Application Programming Interface*) para la creación agentes y elementos relacionados con los mismos, contando con una interface gráfica y con herramientas para controlar y depurar el sistema. Los desarrollos responden al estándar FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) como así también los mensajes intercambiados por los agentes (maneja para cada agente una cola de mensajes ACL, *Agent Communication Language*). Una segunda opción es JADEX² es una plataforma que utiliza JADE con lo cual cumple con todas las especificaciones FIPA dando el marco y las herramientas para desarrollar agentes orientados a objetivos, según el modelo BDI. Posee una API que facilita el acceso a los conceptos de JADEX cuando se programan planes, como una clase Java predefinida que proporciona métodos útiles para gestionar las creencias. Una tercera opción lo constituye FIPA-OS³ o primera implementación Open Source del estándar FIPA que tiene uno de los mayores niveles de uso con aporte de los desarrolladores que permiten soportar las especificaciones experimentales más corrientes en desarrollo. Existen otras herramientas aptas como LEAP⁴ (*Lightweight Extensible Agent Platform*) que es un ambiente de desarrollo y ejecución de agentes inteligentes, precursor de la segunda generación de la plataforma FIPA y ZEUS⁵ que es un conjunto de herramientas para construir aplicaciones multiagentes colaborativas, un sistema Open Source de agentes implementado en Java.

5. TEORÍAS DE ENSEÑANZA Y ESTILOS DE APRENDIZAJE E INTELIGENCIAS MÚLTIPLES

Se propone diseñar un STI con un marco teórico pedagógico basado en la Teoría Uno [1] y por este motivo, es que se deben rediseñar los submódulos básicos que componen el STI, a fin de poder integrar los conceptos planteados por esta Teoría al diseño computacional. Con esta mejora, se busca poder

identificar el protocolo pedagógico, o método de enseñanza con el cual cada uno de los estudiantes se sienta más cómodo, a fin de obtener mejores resultados. Esto no se puede lograr de una manera simple en una clase tradicional, en la que un solo docente está a cargo de la formación un gran número de estudiantes. Un STI no posee esta limitación, ya que cada una de las sesiones pedagógicas se realiza con un solo estudiante a la vez, independientemente de la concurrencia del sistema. En un sistema como el que se propone, *el modelo del tutor* es el encargado de definir y de aplicar una estrategia pedagógica de enseñanza (socrática, orientador, instructor, etc.), de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para lograrlos. Es el responsable de seleccionar los problemas, de monitorear y de criticar el desempeño, de proveer asistencia cuando se la requiera y de seleccionar el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del *método de enseñanza* (deductivo, inductivo, analógico, analítico, sintético, de trabajo colectivo, etc.), de las *técnicas didácticas* (expositiva, discusión, demostración, diálogos, instruccional, responder preguntas, etc.) y *del dominio a ser enseñado* (con integración de planificación y curriculum). En este sentido, se busca emular a un tutor humano teniendo en cuenta, los métodos de enseñanza tales como *la instrucción didáctica, el entrenamiento y la enseñanza socrática*. Respecto de los estilos de aprendizaje, se han relevado las herramientas disponibles más adecuadas para caracterizar los estilos de aprendizaje, y se ha observado que Felder y Silverman [2] presentan un enfoque clasificando a los estudiantes según su forma de aprender de acuerdo a la siguiente lista de pares dicotómicos: a) *Sensitivos* o *intuitivos* (conceptuales, innovadores, orientados hacia las teorías), b) *Visuales* o *verbales*, c) *Inductivos* o *deductivos* d) *Activos* o *reflexivos* o *globales*. Se observa también que un alumno puede presentar varias de las características descriptas, por lo que el docente debería ser capaz de adaptar su estilo y modalidad de enseñanza a los estilos de aprendizaje de tal forma de facilitar la actitud de los estudiantes y la forma de apropiación de los contenidos [3,4]. Esto significa que existen diferentes maneras de acceder al conocimiento en términos de intereses y estilos, o puertas de entrada para iniciar el proceso de acceso al conocimiento [5,29]. Según Gardner [5,6] la inteligencia humana posee siete (ocho en la reformulación) dimensiones diferentes (las siete inteligencias: lingüística, lógico-matemática, musical, espacial, interpersonal, intrapersonal y cinética-corporal y octava: la naturalista) y a cada una de ellas le corresponde un determinado sistema simbólico. *Por lo tanto, se podría desarrollar un protocolo pedagógico específico que tuviera en consideración la composición de inteligencias de los estudiantes manejando diferentes sistemas simbólicos a fin de*

¹ JADE: desarrollo de TILAB (CSELT) y web es www.jade.tilab.com/, www.jade.csel.it/ y <http://sharon.csel.it/projects/jade/> consultado el 01/07/05

² JADEX sitio web consultado el 01/07/05 <http://vsiis-www.informatik.uni-hamburg.de/projects/jadex/>

³ FIPA-OS sitio web consultado el 01/07/05 <http://fipa-os.sourceforge.net/>

⁴ Sitio web consultado el 02/07/05 <http://leap.crm-paris.com/>

⁵ ZEUS. *The ZEUS Agent Building Tool*. British Telecommunications, <http://more.btexact.com/projects/agents/zeus/>, consultado el 02/07/05.

construir ambientes diferenciadores de aprendizaje [30].

6. ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL TUTORIZADO.

Se elaborará la arquitectura básica del STI a partir de los dos marcos teóricos provistos por los desarrollos de la tecnología de agentes, los métodos de enseñanza y los estilos de aprendizaje, que se deriva de la planteada por Carbonell [9] (Figura 1) con la consideración de los rediseños sin superposiciones funcionales a fin de obtener módulos independientes del dominio e intercambiables. Desde la perspectiva de las aplicaciones de agentes, se puede distribuir el

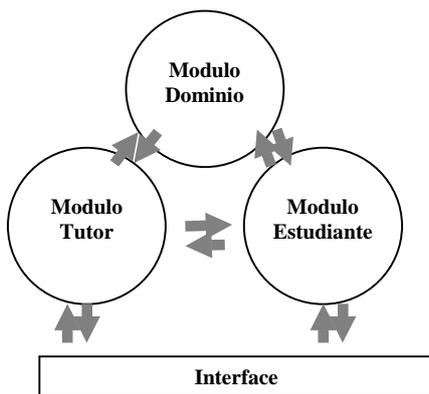


Figura 1: Estructura clásica de un Sistema Tutor Inteligente propuesta por Carbonell [9].

De este modo, el sistema responde a las características del estudiante (AgME) que ingresa al mismo y le sugiere el protocolo pedagógico más adecuado entre los disponibles en el sistema (AgPP1, AgPP2, AgPP3, etc.). Cada agente pedagógico, posee un generador de contenidos con objetivos para cada unidad didáctica de acuerdo a su estilo de enseñanza. Los protocolos pedagógicos están dados por los que sugiere la Teoría Uno [1].

7. GRADO DE AVANCE

Se continúa una línea de investigación desde 2004 y a partir de la misma se han rediseñado los módulos básicos y sus funcionalidades [10,11,31,32,] se ha propuesto la arquitectura básica para el STI [33] y el modelado al tutor a través de la aplicación de redes neuronales *backpropagation* y *SOM* (Self Organized Maps) [12,13,14]

8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Se ha investigado el problema desde distintas ópticas (sistemas inteligentes y ciencias de la educación) de forma tal de obtener una base teórica sobre la cual desarrollar un tutor inteligente. Se ha tenido en cuenta las teorías de aprendizaje, de enseñanza y las

conocimiento a impartir en un STI en varios agentes tutores, donde cada uno posee sus propias creencias, deseos, intenciones, objetivos y planes de acción a través de diferentes protocolos pedagógicos. Es decir, cada uno estará emulando al estilo de enseñanza de un tutor humano. Una sesión pedagógica se inicia cuando el estudiantes ingresa al sistema a través de su identificación, a través de el agente de interface (AgI). Los datos del mismo están almacenados en la base de conocimientos (BC) donde se registra el historial y el estado actual del estudiantes a través de su actualización.

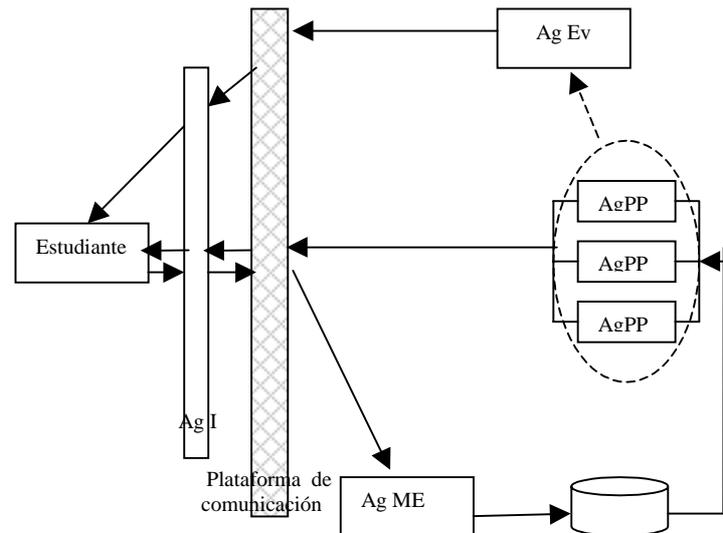


Figura 2. Arquitectura básica, donde AgI es el agente de interface, AgME el agente de modelo del estudiante, BC la base de conocimiento, Ags. PP son los agentes de tutores con diferentes protocolos pedagógicos.

plataformas para el desarrollo de los sistemas multiagentes.

A partir del marco teórico descrito y de los paradigmas de desarrollo de sistemas multiagentes, se ha propuesto una arquitectura básica y se planteó la selección del tutoerizado. Esta arquitectura presenta una forma más efectiva de comunicación entre el usuario y el sistema, ya que considera el estilo de aprendizaje del estudiante. Determinado el marco teórico, se seleccionarán las herramientas metodológicas y el ambiente de desarrollo más adecuado, a fin de: a) Diseñar un módulo de agentes (AgPP) para llevar a cabo la tarea de generación de estrategias de enseñanza en el *módulo del tutor*, que permita la adición de nuevos protocolos de enseñanza que se adapten a las necesidades de cada del alumno (a través de su perfiles) y b) Diseñar un agente (*modelo de estudiante*) que permita obtener los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes de acuerdo sus preferencias. c) La etapa siguiente es el diseño del módulo evaluador y completar el módulo del dominio.

9. REFERENCIAS

- [1] Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa.
- [2] Felder R., Silverman, L. (1988) *Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education*. Eng. Ed., 78,7, 674-681.

- [3] Felder, R. (1998) *Index of Learning Styles*. www.2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/ilsweb.html 06/05
- [4] Felder, R. (2004) Conferencia "Cómo estructurar la currícula en Ingeniería" IV CAEDI. ITBA. 1-3 de setiembre.
- [5] Gardner, H. (1993) *Las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós. Barcelona.
- [6] Gardner, H. (2001) *La inteligencia reformulada*. Paidós, Barcelona.
- [7] VanLehn, K (1988). *Student Modeling*. M. Polson. Foundations of ITS. Hillsdale. N.J. L. Erlbaum Associates, 55-78.
- [8] Giraffa, L.M.M.; Nunes, M. A.; Viccari, R.M. (1997) *Multi-Ecological: an Learning Environment using Multi-Agent architecture*. MASTA'97: Multi-Agent System: Theory and Applications. Proc. Coimbra: DE-U. de Coimbra.
- [9] Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. *IEEE transaction on Man Machine System*. V11 n.4, p 190-202.
- [10] Cataldi, Z. (2004) *Metodología para el diseño y evaluación de sistemas tutores inteligentes*. Pan Tesis Doct. UNLP
- [11] Cataldi, Z.; Lage, F. y García-Martínez, R. (2004). *Estrategias metodológicas para el diseño de sistemas tutores inteligentes*. Aceptado en WICC'2004. Universidad del Comahue. 21-22 de mayo.
- [12] Salgueiro, F. A, Costa, G., Cataldi, Z., García Martínez, R. y Lage, F. J. (2005a) *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education. marzo 13-15
- [13] Salgueiro, F; Costa, G., Cataldi, Z, Lage, F. J. y García-Martínez, R. (2005b) *Sistemas tutores inteligentes con modelado del tutor y del estudiante para mejorar los aprendizajes de programación en ingeniería*. Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICs en Argentina. 14 y 15 de Abril. Bahía Blanca.
- [14] Salgueiro, F.; Costa, G., Cataldi, Z.; Lage, F. J. y García-Martínez, R. (2005c). *Redefinition of basic modules of an intelligent tutoring system: the tutor module*. WICC 2005. Río Cuarto. Córdoba. RED UNCI.
- [15] Russell, S.J. y Norvig P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd Edition). Prentice Hall.
- [16] Wooldridge, M. J. and N. R. Jennings (1995). *Agent Theories, Architectures and Languages: A survey*. In M. J. Wooldridge and N. R. Jennings (Eds.), *Intelligent Agents*, Volume 890 of LNAI. pp. 1–39. Springer-Verlag.
- [17] Villarreal Farah, G. (2003). *Agentes Inteligentes en educación*. Edutec número 16, abril 2003.
- [18] Frasson, C. Gauthier, G y Lesgold, A. (1996) *Intelligent Tutoring Systems* LNCS, Springer Verlag, 1996.
- [19] Shoham, Y. (1993). Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, 60:51–92.
- [20] Wooldridge, M. (2002) *An introduction to multiagent systems*. John Wiley Sons.

- [21] Kinny, D., Georgeff, M., and Rao, A (1996) A methodology and modelling technique for systems BDI agents. *7th European Workshop of Modelling Autonomous Agent in a Multi-Agent World*. Berlin. LNAI vol. 1038 Págs. 56-71
- [22] Wooldridge, M. (2000) *Reasoning about Rational Agents* MIT Press, Cambridge, MA., USA.
- [23] Odell, M., Parunak, H y Bauer, B. (2001) *Representing agent interaction protocols in UML*. AOSE 2000: LNCS, vol.1957, Págs. 121-140. Springer. Berlin.
- [24] Brazier, F.M.T., Treur, J. Wijngaards, N.J.E and Willems. M. (1995) *Formal specification of hierarchically (de) composed tasks*. Proc. 9th Banff Knowledge Acquisition for KBS Workshop, Vol. 2, pp. 25-125/20, SRDG Pubs.
- [25] Collinot, A; Drogoul, A. y Benhamou; P. (1996) *Agent oriented design os soccer robot team*. ICMAS-96. Kyoto. 41-47.
- [26] Luck; M. Griffiths, N. y d'Inverno, M. (1997) *From agent theory to agent construction: A case of study*. Intelligent Agents III. LNAI vol 1193.Págs. 49-64. Springer Berlin.
- [27] Bratman, M (1987) *Intentions, plans and Practical Reasons'*, Harvard University Press, Cambridge MA, 1987).
- [28] Kinny, D., Georgeff, M., and Rao, A (1997) *A Methodology and Modelling Technique for Systems of BDI Agents*. Informe Interno.
- [29] Litwin, E. (1997) *La configuraciones didácticas*. Paidós. Buenos Aires.
- [30] Cabero, J (2001) *Tecnología Educativa*. Editorial Síntesis.
- [31] Cataldi, Z; Salgueiro, F, Costa, G, Lage, F y García-Martínez, R. (2005) *Sistemas tutores inteligentes: los estilos del estudiante para selección del tutorizado*. WICC 2005. 13 y 14 de mayo. UNRC.
- [32] Costa, G.; Salgueiro, F. A., Cataldi, Z., García Martínez, R. y Lage, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante*. GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education. marzo 13-15. Brasil.
- [33] Cataldi Z., Salgueiro F. y Lage F. 2006. *Sistemas tutores multiagentes con modelado del estudiante y del tutor*. Revista Edutec. ISSN: 1135-9250. Núm. 20. Enero. Pág.1-22.