



## **SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES ORIENTADOS A LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN**

Zulma Cataldi

[liemai@fi.uba.ar](mailto:liemai@fi.uba.ar)

Fernando J. Lage

[flage@fi.uba.ar](mailto:flage@fi.uba.ar)

*Facultad Regional Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional.*

*Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.*

*Ciudad de Buenos Aires. ARGENTINA*

### **RESUMEN**

Un sistema tutor inteligente actúa como un tutor particular del estudiante, por lo que debe poseer libertad para actuar de acuerdo a las necesidades del estudiante. Por ese motivo se busca diseñar un sistema adaptable de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante y las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza.

### **PALABRAS CLAVE**

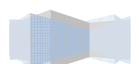
*Sistemas tutores inteligentes, enseñanza para la comprensión.*

### **ABSTRACT**

An intelligent tutorial system acts like a particular tutor of the student, because it must own freedom to act according to the needs of the student. By that reason one looks for to design an adaptable system according to the previous knowledge and to the capacity of evolution of each student and the epistemological conceptions that underlie in the education practices.

### **KEY WORDS**

*Intelligent tutoring Systems, education for understanding.*



## 1. Introducción

Los sistemas tutores inteligentes (STI) comenzaron a desarrollarse en los años ochenta con la idea de poder impartir el conocimiento usando alguna forma de inteligencia para poder asistir y guiar al estudiante en su proceso de aprendizaje. Se buscó emular el comportamiento de un tutor humano, es decir a través de un sistema que pudiera adaptarse al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema a fin de poder brindarle ayudas cognitivas cuando lo requiera.

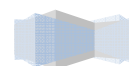
Un tutor inteligente, por lo tanto: *“es un sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo”* (VanLehn, 1988). Wolf (1984) define los STI como: *“sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”*. *“Un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”* (Giraffa, 1997).

Entre los STI desarrollados se pueden destacar: *Scholar* (Carbonell, 1970), *Why* (Stevens et al., 1977), *Sophie* (Brown et al., 1982), *Guidon* (Clancey et al., 1991), *West* (Burton et al., 1981), *Buggy* (Brown y Burton, 1978), *Debuggy* (Brown et al., 1989) *Steamer* (Stevens et al., 1977), *Meno* (Wolf, 1984), *Proust* (Johnson et al., 1986), *Sierra* (VanLehn, 1988).

En los 90, los avances de la psicología cognitiva, las neurociencias y los nuevos paradigmas de programación, han permitido la evolución de los STI desde una propuesta instructiva conductista inicial hacia entornos de descubrimiento y experimentación del nuevo conocimiento (Bruner, 1991; Perkins, 1995, Pozo; 1998) desde la pedagogía de la comprensión (Perkins, 1995 Stone Wiske, 2007, 2008). Las dificultades de representación se centran en la identificación de los diferentes estadios evolutivos del estudiante y en el reconocimiento de los preconceptos o concepciones erróneas. Así, las teorías ingenuas o intuitivas, se basan en ideas que en general no coinciden con las explicaciones científicas. Gardner (2000) dice que para remover estas concepciones *“sólo una investigación en profundidad pondrá en evidencia los defectos de esas ideas falsas iniciales, y solo una exploración a fondo de estos temas, bajo la supervisión de alguien capaz de pensar de manera disciplinaria, puede fomentar el desarrollo de una comprensión más sofisticada”*.

*“Algunas propuestas recientes para promover el cambio conceptual, (...) están dirigiéndose hacia una instrucción basada en la contrastación de modelos o teorías alternativas por parte del aprendiz con el fin de reestructurar su conocimiento. La idea es que el cambio conceptual está más vinculado a la diferenciación y reorganización de las posiciones teóricas que a la existencia de datos empíricos a favor o en contra”* (Pozo, 1998).

Se ha observado que la mayor parte de los STI no presentan el nivel esperado de *“inteligencia”* debido a la dificultad para el modelado del funcionamiento de la mente humana, más allá de la aplicación de las técnicas de programación más avanzadas. La orientación actual de las investigaciones se centra en proveer una alternativa al tutor humano, cuando no puede dedicar



más tiempo a sus estudiantes y para los estudiantes que buscan aprender en forma más autónoma.

Un STI actúa como un tutor particular del estudiante ya que como un entrenador humano, posee libertad para actuar de acuerdo a las necesidades más complejas del estudiante. Los STI aún no proveen de un modo de aprendizaje lo suficientemente adaptables de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante y *las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza*.

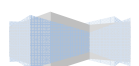
Luego surgen: *Andes* (Gertner *et al.*, 1998; Gertner y Van Lehn, *et al.*, 2000) en el *Pittsburgh Science of Learning Center's LearnLab*, que su consorcio con miembros de *Carnegie Mellon University*, *University of Pittsburgh* y *Carnegie Learning*. *Metutor* es un tutor de medios-fines del *Department of Computer Science, U.S. Naval Postgraduate School, Monterey*. (Galvin, 1994; Rowe, 1998). *ITSpoke* es un Proyecto que usa un sistema de diálogos basado en textos y medios fines (Litman y Silliman, 2005). Se desarrolla en la *University of Pittsburg, Department of Computer Science & Learning Research and Development Center Pittsburgh*.

El STI *CircSim*, fue desarrollado en conjunto por el *Departamento de Ciencias de la Computación del Illinois Institute of Technology* y el *Departamento de Fisiología del Rush College of Medicine*. Este tutor es el más avanzado actualmente en su tipo, y se lo utiliza en el *Rush College of Medicine* para complementar las clases teóricas sobre problemas cardiovasculares (Kim, 1989; Kim, 2000; Cho, 2000; Hume *et al.* 1992, 1996; Shah, 1997). *AGT (Advanced Geometry Tutor)*, es un proyecto que tiene como objetivo, construir un STI para el uso en clases de geometría avanzada (Matsuda y Van Lehn, 2005) en la *University of Pittsburgh* a través de la *National Science Foundation through y el Center for Interdisciplinary Research on Constructive Learning Environments de la University of Pittsburgh y Carnegie Mellon University*. *AutoTutor*: es un STI basado en la web por un grupo interdisciplinario de la *Office of Naval Research and the National Science Foundation*, (DiPaolo *et al.*, 2002; Graesser *et al.*, 2005a,b, 2006; Chipman *et al.*, 2005).

El *Computer Tutoring Group (ICTG)*, que trabaja en el *University's Computer Science and Software Engineering Department*, en la *University of Canterbury* ha desarrollado una serie de STI: *Aspire* (Mitrovic *et al.*; 2006), *Sql-Tutor* es un sistema de enseñanza basado en el conocimiento que enseña *Sql* a los estudiantes (Mitrovic, Martin y Mayo, 2002; Mitrovic, 2003), *Kermit*; *EER-Tutor*, *ERM-Tutor*: (Milik, Marshall, y Mitrovic, 2006) y *Normit* en aplicaciones informáticas.

## 2. Fundamentos teóricos

En esta línea de investigación se busca definir un marco teórico que sustente el diseño y la evaluación de los STI, presentando las diferentes visiones existentes acerca de los diseños y desarrollos, delineando un marco teórico general con base en la ingeniería de software, los sistemas inteligentes, la psicología cognitiva y las ciencias de la educación y elaborando una extensión metodológica específica que cautele los aspectos inherentes para el diseño de STI orientados al tutorizado. En este contexto se ha trabajado en los aspectos metodológicos de diseño (Cataldi, 2004), en proponer una arquitectura de STI (Salgueiro *et al.*, 2005c), en identificar modelos del estudiante (Costa *et al.*, 2005; Cataldi *et al.*, 2007) y de selección del tutorizado

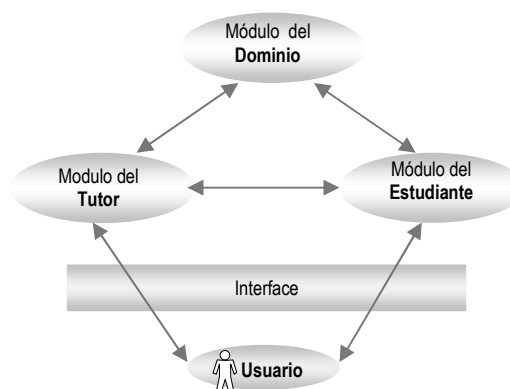


(Cataldi *et al*, 2005), se ha investigado en el uso de redes neuronales para selección del protocolo pedagógico (Salgueiro *et al*, 2005a; 2005b; Cataldi *et al*, 2006; Cataldi *et al.*, 2007).

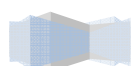
Los STI permiten la emulación de un tutor humano para determinar *qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar* a través de un *módulo del dominio*: que define el dominio del conocimiento (ver Figura 1), un *módulo del estudiante*: que es capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada punto durante la sesión de trabajo, un *módulo del tutor*: que genera las interacciones de aprendizaje basadas en las discrepancias entre el especialista y el estudiante y finalmente *la interface* con el usuario: que permite la interacción del estudiante con un STI de una manera eficiente (conocimiento sobre *cómo presentar* los contenidos). Para la interface se siguen los principios del diseño, implementación y evaluación de sistemas computacionales interactivos para su utilización por seres humanos (HCI: Human Computer Interaction), es decir que estudian y buscan de poner en práctica procesos orientados a la construcción de interfaces siguiendo el criterio de usabilidad, es decir con alto grado de facilidad en el uso del sistema interactivo de acuerdo al estándar ISO 92401 de requisitos ergonómicos para el trabajo de oficina con terminales visuales y normas asociadas. Se basan en aplicación de las leyes gestálticas que están relacionadas con los criterios de Smith y Mosier (1992) y las normas ISO 9241 (1998) y 11064 (2000) para el diseño de interfaces y ergonomía.

En 1912 Wertheimer, y luego Kohler, Koffka y Lewin, inicia en Alemania una concepción opuesta al asociacionismo denominada Gestalt. Las ideas de este movimiento se centran en la unidad mínima de análisis la estructura o la globalidad con significado propio (Gestalt) rechazando la concepción atomista del conocimiento en el que este es una suma de partes preexistentes. La Gestalt se preocupa de los problemas perceptuales, en cambio el cognitivismo conductista elabora a partir de ellos una teoría psicológica completa incluyendo los posibles conocimientos. El conocimiento es una síntesis de la forma y contenido recibido por las percepciones, las cuales son relativas, individuales e influidas por la historia, actitud y motivación del individuo. Tiene raíces filosóficas con conceptos como: *contemporaneidad, interacción simultánea y mutua con el ambiente, relatividad de la percepción e intencionalidad de la conducta.*

A través de la interacción entre los módulos básicos, los STI son capaces de determinar lo que sabe el estudiante y cómo va en su progreso, por lo que la enseñanza, se puede ajustar según las necesidades del estudiante, sin la presencia de un tutor humano.



**Figura 1:** Interacción de los Módulos de un Sistema Tutor inteligente.



El *Módulo Tutor* del STI es quien define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado (ver Figura 2).

Consta de: a) *Protocolos Pedagógicos*: almacenados en una base de datos, con un gestor para la misma, b) *Planificador de Lección*: que organiza los contenidos de la misma y c) *Analizador de Perfil*: analiza las características del alumno, seleccionando la estrategia pedagógica más conveniente.

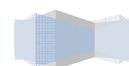
El *Módulo Estudiante* del STI tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno, y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema.

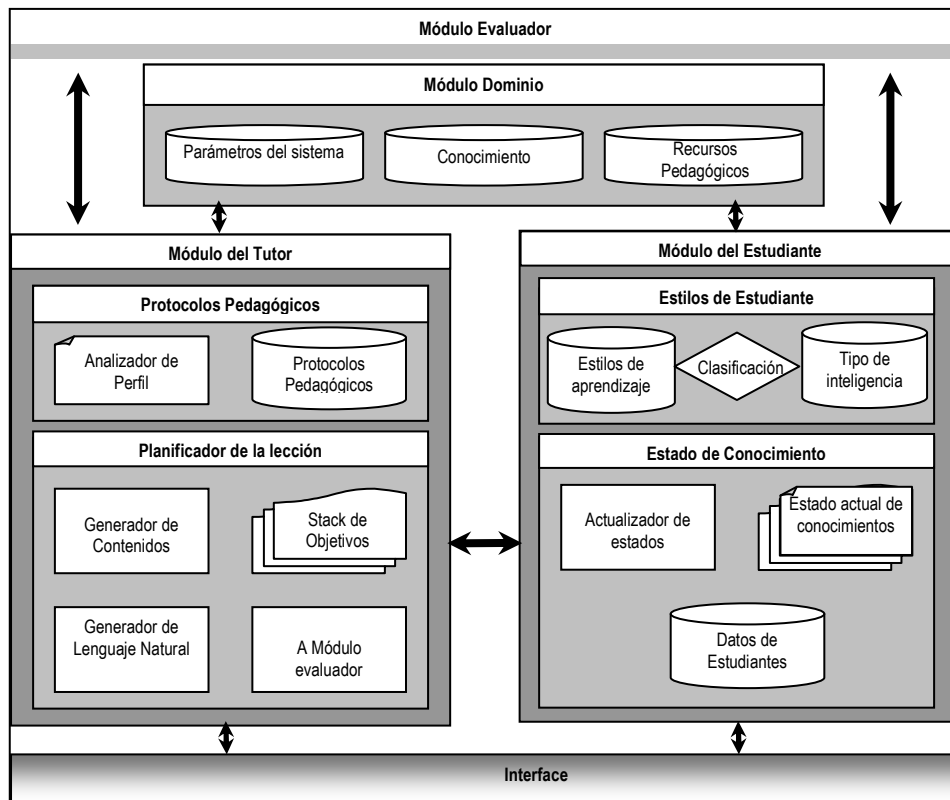
Para el módulo estudiante se han planteado los siguientes submódulos (los datos se almacenan en una base de datos del estudiante a través del uso de un gestor) (ver Figura 2):

- a) *Estilos de aprendizaje*: Está compuesto por una base de datos con los estilos de aprendizajes disponibles en el sistema, los métodos de selección de estilos y las características de cada uno de ellos. Un estilo de aprendizaje es la forma de clasificar el comportamiento de un estudiante de acuerdo a la manera en que toma la información, forma las estrategias para aprender, cómo entiende y cómo le gusta analizar la información que está utilizando para acceder a un conocimiento determinado. En otras palabras, es una forma agrupar o clasificar un estudiante de acuerdo a un perfil en relación con la información, ya que este estilo evoluciona y cambia de acuerdo a las variables de entorno y ambientales que afectan al estudiante.
- b) *Estado de conocimientos*: Contiene el mapa de conocimientos obtenido inicialmente a partir del módulo del dominio y que el actualizador de conocimientos irá modificando progresivamente a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo del tutor quien le enviará dichos resultados procesados y
- c) *Perfil psico-sociológico del estudiante*: Para determinar el perfil psico-sociológico se usa la Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner (1993, 2001) quien señala no existe una inteligencia única en el ser humano, sino una diversidad de inteligencias que evidencian las potencialidades y aspectos más significativos de cada individuo, en función de sus fortalezas y debilidades para la expansión de la inteligencia. Señala que las inteligencias trabajan juntas para: a) *resolver problemas cotidianos*, b) *crear productos* o c) *para ofrecer servicios dentro del propio ámbito cultural*.

El *Módulo Dominio* tiene el objetivo global de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del STI (ver Figura 2).

Entre sus submódulos están los siguientes: a) *Parámetros Básicos del Sistema*: los cuales se almacenan en una base de datos, b) *Conocimientos*: son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones, c) *Elementos Didácticos*: Son las imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica. Los temas relacionados con el almacenamiento de conocimiento han sido tratados ampliamente por (Russell y Norvig, 2003; Nilssen, 2001; Genesereth and Nilsson, 2001).





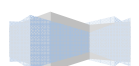
**Figura 2:** Esquema de un STI con sus módulos principales

El problema que da lugar a esta investigación se centra entonces en que los STI, en general no proveen de un modo de aprendizaje que se pueda ajustar a los conocimientos previos, a la capacidad de evolución de cada estudiante (Millán *et al.*, 2000) y a las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza.

Por otra parte, cada estudiante debería poder elegir las características del procedimiento aplicado por el tutor de acuerdo a sus preferencias, entre los diferentes métodos que éste utilice: instruccional, orientador, socrático u otros (Perkins, 1995), y si lo deseara debería poder cambiarlo de acuerdo a sus propios requerimientos.

### 3. Aplicaciones de Sistemas Inteligentes

En el contexto de los sistemas inteligentes se encuentran las redes neuronales, que son interconexiones masivas en paralelo de elementos simples y que responden a una cierta jerarquía intentando interactuar con los objetos reales tal como lo haría un sistema neuronal psicológico (Kohonen, 1988, 1998, 2001). Las redes neuronales poseen la característica de asimilar conocimiento en base a las experiencias mediante la generalización de casos, que las convierte en una herramienta interesante en el desarrollo de los modelados de la presente investigación (Haykin, 1999; Nilsson, 2001).



Por ejemplo, para efectuar la predicción del rendimiento académico, se puede usar una red neuronal de tipo backpropagation tomando como datos de entrada los resultados de las evaluaciones parciales desagregados en dos formas. a) tomando el caso de resolución por ejercicios y b) tomando ejercicios en función de los logros cognitivos, usando datos provenientes de las evaluaciones parciales de los estudiantes a fin de poder predecir futuros rendimientos.

Las redes bayesianas son herramientas estadísticas orientadas a la inferencia probabilística y en el ámbito de la tutorización electrónica se pueden utilizar para modelar la incertidumbre asociada al estudiante y su nivel de conocimientos. Los algoritmos genéticos, se fundamentan en el concepto biológico de la evolución natural y son utilizados en procesos de optimización (Davis, 1991; Falkenauer, 1999). Se fundamentan en los mecanismos de la selección natural, por los que sólo sobreviven los individuos más aptos, luego de la interacción entre los mismos, pertenecientes a una población de posibles soluciones.

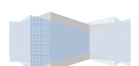
La minería de datos se centra en la búsqueda de patrones sugerentes y regularidades importantes en grandes bases de datos, denominado conocimiento cualitativo. La minería se puede aplicar con métodos de sistemas inteligentes y otros métodos asociados, para descubrir y detallar patrones presentes en los datos. Se pueden obtener agrupaciones en un conjunto de datos, sin tener relaciones o clases predefinidas, basándose en la similitud de los valores de los atributos de los distintos datos. La minería de datos se puede aplicar incluyendo algoritmos de inducción, algoritmos genéticos, redes neuronales y redes bayesianas; de acuerdo al problema a resolver.

#### **4. Características de los STI**

Para desarrollar STI con módulos intercambiables y partes reutilizables, se debe efectuar un rediseño de los módulos básicos del modelo propuesto por Carbonell (1970). Se observa que algunos investigadores detectaron que la arquitectura (Carbonell, 1970; Salgueiro *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2004) real implementada en los STI tienen solapamiento de funcionalidades y por lo tanto los módulos no son independientes. Esto se debe a que muchos de los conocimientos particulares del dominio (pertenecientes al módulo de dominio) se encuentran dentro de los módulos del *tutor* y del *estudiante* con las consecuentes regiones de superposición entre los módulos.

Para evitar esto hay que realizar una definición precisa de las interfaces a fin de diferenciar cada uno de los módulos. Por ello, se debe identificar cuál será el módulo encargado de realizar cada una de las funciones del STI a fin de definirlo en su totalidad. De este modo se obtendrán *módulos completamente intercambiables e independientes del dominio de la aplicación*. Además de la modularidad e independencia, se busca modelar STI centrados en las necesidades reales de los estudiantes. Esto significa contar con varios *protocolos* pedagógicos o métodos de enseñanza que se ajusten de acuerdo a las necesidades y las preferencias de cada alumno en particular. Se trata entonces de un modelo que pueda incluir el uso de las nuevas tecnologías existentes y con vistas de ser utilizado a través de Internet.

##### **4.1. El módulo del tutor**





En los STI, *el modelo del tutor* es el encargado de definir y de aplicar la estrategia pedagógica de enseñanza (socrática, orientadora, dirigida etc.), de contener los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Es el responsable de seleccionar los problemas y el material de aprendizaje, de monitorear, y proveer asistencia al estudiante. También de integrar el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado (con integración de planificación y curriculum). Es decir, un sistema de este tipo debe tratar además, los aspectos esenciales del curriculum y de la planificación, ya que los aspectos de curriculum involucran la representación, la selección y la secuenciación del material a ser utilizado y la planificación se refiere a cómo ese material va a ser presentado.

Se piensa que un sistema que pueda emular al tutor humano y además que provea al estudiante de cierta flexibilidad para la selección del tipo de tutorizado más adecuado, a sus preferencias, podría ser una solución factible para el problema planteado.

Un sistema de este tipo debería proveer algunas características en función de los propósitos por los que el estudiante recurre a él, tales como: a) la perspectiva desde la debe impartir los conocimientos a los alumnos, b) la forma de adaptación a los conocimientos previos de los alumnos y c) la selección de la estrategia de enseñanza mas adecuada para el alumno que lo consulta.

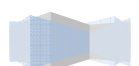
Y, cuando el mismo requiera *guiar* al alumno deberá tener “*reglas*” almacenadas para saber qué hacer en los casos siguiente: a) el alumno no puede contestar una pregunta que le hace el tutor, b) el alumno contesta en forma incompleta una pregunta que le hace el tutor.

Es decir un modelado del tutor flexible, es el eje central para el desarrollo y deberá responder a las preguntas siguientes: a) *¿Qué debe hacer el tutor cuando el alumno no puede contestar una pregunta?*, b) *¿Qué debe hacer el tutor cuando el alumno contesta en forma incompleta una pregunta?*. En la literatura analizada se han encontrado dos posturas para la implementación de los conocimientos: una se basa en la estructura sintáctica de lo producido por los tutores humanos y la otra en las metas pedagógicas que se deben cumplir a fin de que el alumno pueda comprender el tema (Hume *et al.*, 1996).

Pero, revisando el problema y utilizando ambas teorías en forma conjunta se podrían reelaborar la serie de pasos que a fin de resumir la forma en que se pueden impartir los conocimientos (Freeva *et al.*, 1996). Así, a) el tutor debe mantener una jerarquía de *metas* que debe cumplir mientras imparte los conocimientos al alumno quien producirá un resultado que el tutor no puede predecir de antemano y b) el tutor debe poder explicar un mismo concepto de diferentes maneras, de modo que si el alumno no entiende el concepto, el tutor puede continuar efectuando otro acercamiento al mismo tema, explicando el concepto para continuar, utilizando un método iterativo a fin de profundizar en el concepto cada vez más, pero paso a paso, o descartar este acercamiento al tema e intentándolo de otra manera.

## 4.2. El módulo del estudiante

El *modelo del estudiante o aprendiz*, es el responsable de establecer un perfil del cada estudiante, diagnosticando sus deficiencias, según el nivel de conocimiento objetivo, formando una imagen instantánea de su comprensión de los contenidos. El modelado del alumno una característica muy





importante que distingue de los CAI (Computer Aided Instruction) (Ayala Rivera *et al.*, 2003) tradicionales de los STI por su capacidad de adaptación a las necesidades del alumno. Es decir, el sistema debe determinar el “estado cognitivo” del mismo, o sea, cuales son los conocimientos previos de acuerdo a los que el estudiante ya sabe respecto del dominio). De este modo, el sistema podrá recomendar la estrategia de estudio más conveniente y el tipo de acción a seguir a través de la resolución de problemas, por ejemplo, y, dentro de ellos, el nivel de adecuación de los ejercicios a dicho dominio.

Las acciones del estudiante sobre el modelo de dominio de conocimientos, se pueden modelar a través de conjuntos de reglas que permiten evaluar el conocimiento de cada estudiante a través de diversos modelos. diferencial, de “overlay” o superposición, de perturbación o “buggs”, por simulación, de creencias, de agentes inteligentes, entre otros.

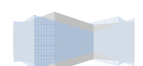
Un sistema asesor que pudiera diagnosticar el tipo de estudiante, es decir su estilo de aprendizaje, y determinase su estado actual daría información muy útil para saber en qué estadio evolutivo se halla el mismo (Piaget, 1978), que es fundamental para detectar en que etapa evolutiva se encuentra el estudiante ha llegado a la universidad. En este sentido, se piensa, que un sistema con la previsión del modelado del alumno podría aportar cursos de acción en beneficio de las diferentes dificultades cognitivas de los alumnos.

El problema del modelado del alumno se puede dividir en dos partes: a) la selección de una estructura de datos (en el sentido de variables, enlaces y parámetros) (Conejo *et al.* 2001), y b) la elección de un procedimiento para efectuar el diagnóstico del estado actual del estudiante. En el marco situacional planteado se considera que el problema del modelado podría encararse a través de la aplicación de sistemas inteligentes tales como las redes neuronales y los algoritmos genéticos y las redes bayesianas.

### 4.3. El módulo del dominio

El dominio proporciona los conocimientos presentados en forma adecuada para que el alumno pueda adquirir las habilidades y conceptos requeridas, es decir, la capacidad de generar preguntas, explicaciones, respuestas y tareas, y además debe ser capaz de dar respuesta a los problemas y corregir las soluciones presentadas, analizando las diferentes aproximaciones válidas a la solución a través de la intervención del tutor. Se debe considerar qué tipo de conocimiento se está modelando según sea: declarativo, de procedimientos y cualitativo como se resume en la Tabla 3 (Millán, 2001).

Tipo de conocimiento	Características
<i>Conocimiento declarativo (declarative knowledge)</i>	Conjunto de hechos que se organizan de forma adecuada para razonar sobre ellos. Este es el caso de Geografía que se lo puede representar usando una red semántica. Se observa en <i>Scholar</i> (Carbonell, 1970) que posee nodos que representan los hechos y enlaces que representan relaciones jerárquicas. Esta estructura permite definir procedimientos de inferencia flexibles sobre la base

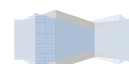


	de conocimientos.
<i>conocimiento de procedimientos (procedural knowledge)</i>	Es el conocimiento acerca de cómo llevar a cabo una tarea y es específico para cada dominio. Es una base de conocimientos y un conjunto de reglas, como en los sistemas expertos basados en reglas: Son ejemplos: el Tutor de Geometría de Anderson (1985) y en el sistema Buggy (Brown y VanLehn, 1980).
<i>conocimiento cualitativo,</i>	Es el más difícil de modelar y se usa para modelar relaciones espaciales y procesos dinámicos. En los sistemas de diagnóstico de averías el razonamiento causal es una parte del conocimiento cualitativo muy importante. El trabajo sobre la estructura causal de un dispositivo se usa para determinar potenciales problemas y la redes bayesianas son una estructura adecuada para modelar este tipo de conocimiento con nodos que modelan relaciones de tipo causal.

**Tabla 3:** Tipos de conocimiento (Millán, 2001).

Anderson agrupa los modelos expertos en tres categorías (Anderson, 1988): los modelos de *caja negra*, los modelos de *caja de cristal* y los modelos *cognitivos* (ver Tabla 3).

Tipo	Características
<i>de caja negra</i>	Son capaces de resolver problemas sobre el dominio. Las soluciones a dichos problemas se usan como ejemplo para los alumnos y para determinar si las soluciones presentadas por éstos son o no correctas. Sin embargo, los cálculos internos que se realizan o bien no están disponibles o bien están expresados en términos que el alumno no puede comprender. Un ejemplo típico es un programa que juega a las damas buscando entre las millones de jugadas que se crean a partir de los movimientos posibles. El objetivo del sistema no puede ser enseñar al alumno esta estrategia de resolución de problemas, puesto que no es así como juegan los humanos. Sin embargo, las soluciones así generadas aún resultan útiles para el proceso de enseñanza. El modelo de caja negra es, como su nombre indica, totalmente opaco para el alumno.
<i>de caja de cristal</i>	En este modelo, cada paso en el razonamiento puede ser revisado e interpretado. Para construir un modelo de caja de cristal, se debe utilizar la misma metodología que la usada en un sistema experto. El experto humano en el dominio y el ingeniero de conocimiento trabajan juntos para definir el espacio, identificar y formalizar los conceptos claves, diseñar un sistema en el que implementar el conocimiento y probar y refinar este sistema. El módulo experto que se obtiene es más adecuado para enseñar al alumno, puesto que una componente de este módulo es una representación de la forma en que un humano razona para resolver el problema. Son ejemplo: <i>Guidon</i> (Clancey, 1987) que reutiliza el módulo experto del sistema <i>Mycin</i> (Shortliffe, 1976) para enseñar conocimientos relativos a enfermedades infecciosas. Las búsquedas hacia atrás de <i>Mycin</i> para determinar la enfermedad a partir de los síntomas no son representativas del modo de razonamiento humano, y muchas de sus reglas eran demasiado complejas para ser enseñadas.
<i>modelos</i>	Simulan al humano en el uso del el conocimiento que se quiere enseñar. El



<i>cognitivos</i>	objetivo es descomponer el conocimiento en componentes con significado, y usar ese conocimiento de modo similar al humano. Este tipo de modelo experto se puede comunicar con un alumno de forma mucho más extensa pero, la construcción de modelos cognitivos es un proceso muy complicado y que consume mucho tiempo, y se plantea la necesidad de determinar qué componentes psicológicas son esenciales para modelar el aprendizaje y cuáles pueden ser sacrificadas a cambio de una menor complejidad computacional. En este sentido como se ve a partir de los trabajos realizados por Anderson y su equipo en sus tutores cognitivos (Anderson, Corbett <i>et al.</i> , 1995).
-------------------	---

**Tabla 3:** Modelos de expertos (Milán, 2001)

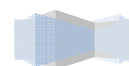
## 5. Perspectiva de los STI y la enseñanza para la comprensión

A través de los STI se puede lograr una enseñanza personalizada y se piensa en incluirlos en la modalidad distancia como un intento de mejorar la calidad de la enseñanza y el acceso a la educación a los niveles sociales con más inconvenientes buscando mejorar su calidad de vida. El caso particular de un STI con un dominio orientado a la enseñanza para la comprensión de asignaturas básicas, permitirá a los estudiantes de los cursos iniciales de la universidad mejorar su rendimiento y a la vez el rendimiento en las materias más avanzadas que utilicen la base de conocimientos que debe adquirirse en estas asignaturas.

Se requiere, por lo tanto, la elaboración de nuevas estrategias tendientes a la atenuación del problema, pero teniendo en cuenta el presupuesto limitado disponible para mayor número de docentes y espacios físicos para las clases presenciales, la introducción de un STI, adaptable a las necesidades particulares de cada uno de los estudiantes, es una opción válida, sobre todo en las instituciones, que ya poseen los recursos informáticos básicos necesarios tales como: redes internas de computadoras, hosts con capacidades computacionales suficientes, etc.

Con la implantación de este tipo de sistemas, se puede disminuir la carga de los docentes en los cursos con altos índices de alumnos respecto de los profesores. De este modo, se personaliza el ambiente de aprendizaje, sin requerir más recursos humanos y a la vez se pueden flexibilizar los horarios de estudio para los estudiantes, permitiendo interactuar con el sistema según el propio ritmo de estudios.

No es el objetivo de un STI reemplazar a un tutor humano, sino que su implementación puede ser de gran utilidad en situaciones donde se requieren refuerzos en la enseñanza. De esta manera se pueden utilizar de forma más eficiente los recursos humanos limitados disponibles, pudiendo el tutor humano hacerse cargo en forma personalizada sólo de un cierto número de tareas que el sistema no puede realizar, o que sean muy difíciles de implementar. Esta perspectiva de la enseñanza tiene al estudiante como el centro del proceso educativo, siendo éste quien regula sus aprendizajes. De esta manera, se mueve el foco de atención del tutor o profesor y en particular del alumno que, según el modelo clásico, cumple con una tarea puramente pasiva de aprendizaje, modificando esta visión por la de un estudiante que es el centro del modelo, donde son sus necesidades las que deben prevalecer.



En un STI, como ya se señaló, el modelo del tutor es encargado de: a) definir y de aplicar una estrategia pedagógica de enseñanza, ya sea de tipo socrática, explicativa, orientador, etc., b) de registrar los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. 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 al estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza (ya sea deductivo, inductivo, analógico, analítico, sintético, de trabajo colectivo, etc.), las técnicas didácticas (expositiva, discusión, demostración, diálogos, instruccional, responder preguntas, etc.) y del dominio a ser enseñado. Un sistema de este tipo debe tratar además, los aspectos esenciales del currículum y de la planificación, ya que los aspectos de currículum involucran la representación, la selección y la secuenciación del material a ser utilizado y la planificación se refiere a cómo ese material va a ser presentado.

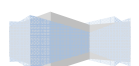
En general, se tiene una representación muy buena en forma explícita del dominio pero no siempre el currículum está dado en forma explícita, es decir desde la visión y la secuenciación, lo que se obtiene a veces es un rendimiento bajo. Esta selección y secuenciación del currículum para los estudiantes requiere del uso de mecanismos de planificación sofisticados que se deben tener en cuenta al definir la teoría para tutorizado empleada haciendo hincapié en las necesidades del estudiante.

La intención de esta investigación es la de proporcionar las bases para un sistema que pueda emular a un tutor humano, con un enfoque orientado hacia la psicología cognitiva, es decir, teniendo en cuenta como señala Perkins (1995), los estilos más apropiados de enseñanza tales como la instrucción didáctica, el entrenamiento y la enseñanza socrática que son compatibles con su "Teoría Uno".

Los nuevos desarrollos de los STI, se deben caracterizan por la inclusión de experiencia adicional basada en el entorno de aprendizaje del estudiante y en los métodos y técnicas de enseñanza. Esto permitirá sistemas más flexibles, adaptados a los intereses del estudiante y con métodos pedagógicos que faciliten el proceso de aprendizaje a través de ayuda cognitivas.

Los STI son un intento para proveer de nuevas oportunidades a los estudiantes permitiéndoles desarrollar procesos mentales de indole superior tales como la resolución de problemas (Vigotzky, 1978). De este modo podrían aportar un nueva perspectiva a los sistemas educativos que no proveen de oportunidades de enseñanza diferentes para los estudiantes con necesidades diferentes. Estas nuevas formas de interacción posibilitarán a los estudiantes adentrarse en una de las condiciones esenciales de la educación continua permitiendo la relación de sus aprendizaje con los problemas de la vida real. Por otra parte, se pueden concebir tutores que trabajen para eliminar paulatinamente los conceptos erróneos (misconceptions) a fin de poder reelaborar el cambio conceptual (Perkins, 1995; Pozo, 1998).

*La comprensión implica traducir o asimilar una información nueva a los conocimientos previos, así el aprendizaje requiere que se activen estructuras de conocimiento previas a las cuales poder asimilar la nueva información. Pero, "la asimilación de esa información nueva tiende a producir cambios en esas estructuras de conocimiento, generando conceptos más específicos por procesos de diferenciación o principios más generales, a través de los procesos de generalización" (Perkins, 1995). "Comprender es pensar con lo sabido y aplicarlo con flexibilidad en el mundo (...). No es simplemente tener conocimientos, como muchas veces se cree, sino tener la habilidad de pensar con lo que se sabe y poder aplicarlo flexiblemente en el mundo. Entendemos la comprensión como*



*una habilidad para desempeñarse con el conocimiento que se tiene” (Stone Wiske, 2007).*

Sin embargo, a veces la comprensión o asimilación de una nueva información no es posible porque el estudiante no dispone de conocimientos previos relevantes o los que activa no son los apropiados y en ese caso, *cuando no existen conocimientos previos adecuados se requiere un verdadero cambio conceptual* y no tan solo la comprensión de un concepto.

## **6. Problemas a resolver y limitaciones**

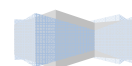
El desarrollo de un STI no es una tarea sencilla, ya que todos los estudiantes no tienen las mismas necesidades de tutorizado, por lo que se requiere un sistema que pueda cambiar su forma de interacción en base a las necesidades de cada estudiante.

Así, se busca desarrollar sistemas que permitan: a) Presentar al estudiante el contenido de acuerdo a su estilo de aprendizaje b) Asesorar al estudiante acerca de cómo debería aprender un contenido determinado y cuáles son las habilidades esperadas, c) Tutorizar al estudiante a fin de que pueda cumplir los objetivos del tema en tiempo y forma, d) Asistir al mismo en los procesos de trabajo colaborativo con el tutor y con los pares, e) Efectuar los diagnósticos sobre el rendimiento académico de los estudiantes y proveerles de herramientas para mejorar su producción. En este sentido, el sistema, debería ser lo suficientemente flexible para permitir que cada estudiante, de acuerdo a su nivel inicial y a su estilo de aprendizaje pudiera elegir *“su propio”* método de enseñanza.

En la actualidad, existen problemas metodológicos en el desarrollo de los STI que no han sido resueltos totalmente, tales como: a) La superposición de funcionalidades que existe en los módulos básicos del sistema, b) El conocimiento del experto que está definido en aplicaciones individuales de tal manera de que no pueden ser modificadas sin recompilar todo el código, c) Los componentes del STI en general no son reutilizables, tales como los módulos del tutor y del estudiante y la interface de usuario, d) La necesidad de contar con un lenguaje estandarizado para representar el conocimiento y las herramientas para manipularlo (Rodríguez *et al.*, 2005).

El problema central hoy día se puede reformular entonces del siguiente modo: *“Existe una necesidad de desarrollar una arquitectura para los STI, de modo que sus componentes puedan ser reutilizables por lo que se deberá contar con las herramientas apropiadas de diseño (estandarizadas) que permitan desarrollar interfaces y submódulos con funciones perfectamente definidas”.*

Por los motivos expuestos se requiere de un mayor análisis sobre cada uno de los módulos planteados por Carbonell (1970) para desarrollar STI que sean más efectivos y que estén centrados en las necesidades reales de los estudiantes y que tengan una muy buena documentados. Esto significa contar con los protocolos pedagógicos adecuados de acuerdo a las necesidades y las preferencias de cada estudiante a fin de tener en cuenta la diferencia entre los distintos tipos de conocimientos a explicar: el conocimiento declarativo, que incluye los hechos, conceptos y vocabulario y el conocimiento procedural que incluye los pasos, las fórmulas y los algoritmos a utilizar en la resolución de problemas.



## 7. Conclusiones

Debido a la problemática planteada se piensa en sentar las bases para un sistema de aprendizaje donde el estudiante le encuentre significado a sus acciones, que supere sus dificultades, incorporando conocimientos nuevos de un modo significativo y permanente (Ausubel et al. 1983).

El aporte del presente trabajo permitirá esclarecer algunos interrogantes respecto de cómo enseñan los tutores humanos y podría dar solución a los estudiantes de clases muy numerosas, que no pueden acceder a consultar al docente durante el horario habitual de clases. Tomando en cuenta las consideraciones señaladas, el objetivo es un sistema que, aprovechando los recursos disponibles en la actualidad, permita disminuir las tareas de los tutores humanos y que a la vez mejore la experiencia de aprendizaje desde la perspectiva del estudiante.

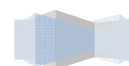
Es decir, la premisa principal para el modelado del estudiante será: *“Con un STI que se adapte a las preferencias del estudiante éste obtendrá mejores resultados”*. Por otra parte, ya se ha señalado la necesidad de contar con herramientas que realicen el diagnóstico sobre el rendimiento de los estudiantes y que provean al STI de datos basados en la predicción, a fin de poder cambiar la estrategia de enseñanza cuando fuera necesario o simplemente recomendarle al estudiante nuevos ejercicios y problemas. Para determinar el perfil de los alumnos que utilizarán el STI las redes neuronales son una buena opción ya que permiten agrupar estudiantes que poseen características cognitivas similares. Un tipo de redes neuronales que se pueden utilizar para esta clasificación son los mapas de Kohonen (1988), que permiten realizar una *“clusterización”* o agrupamiento a partir del conjunto de individuos que originalmente se utilizó para la etapa de entrenamiento de las mismas.

## Agradecimientos

Esta comunicación forma parte del proyecto de investigación PID: 25/C099 *Modelado del tutor basado en redes neuronales para un Sistema Tutor Inteligente*, de la FRBA-UTN convenio con FI-UBA.

## Referencias

- ANDERSON, J. R. (1985). *Cognitive Psychology and its Implications (2nd Ed.)*. New York: Freeman
- ANDERSON, J. R. (1988). The expert module. In M. Polson & J. Richardson (Eds.), *Handbook of Intelligent Training Systems*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 21-53.
- ANDERSON, J. R., CORBETT, A. T., KOEDINGER, K. R., PELLETIER, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *The Journal of the Learning Sciences*, 4 (2) 167-207.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESSIAN, H. (1983) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, Editorial Trillas: México.



AYALA RIVERA, V.; GONZÁLEZ LÓPEZ, L. (2003) *Herramienta para la generación de lecciones de Español bajo el esquema establecido por el CSLR*. Universidad de las Américas-Puebla.

BROWN, J.S. Y VANLEHN, K. (1980) Repair Theory: A generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive Science*,4, 379-426.

BROWN, J.S. AND BURTON, R.R. (1978). Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills, *Cognitive Science*, 2, 155-191.

BROWN, S. Y BURTON, R. R.; DE KLEER. (1982) Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in Sophie In D. Sleeman and J. S. Brown, editors, ITS, 227-282, N.Y, Ac. Press.

BRUNER, J. (1991). *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Alianza. Madrid. 2002.

BURTON, R. R.; BROWN, J. S. (1981). An investigation of computer coaching for informal learning activities. In: Sleeman, D., Brown, J. (eds.): ITS, Cap. 4, 79-98, London: Ac. Press.

CARBONELL, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. *IEEE transaction on Man Machine System*. Vol.11, Nro. 4, p. 190-202.

CATALDI, Z. Y LAGE, F. (2007a). *El problema del modelado del estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes*. II Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. TE&ET'07. 12-15de junio. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata.

CATALDI, Z., SALGUEIRO, F., BRITOS, P., SIERRA, E. y GARCÍA MARTÍNEZ, R. (2006). *Selecting Pedagogical Protocols using SOM*. *Research in Computing Science Journal*, 21: 205-214.

CATALDI, Z., SALGUEIRO, F., LAGE, F. y GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005) *Sistemas Tutores Inteligentes. Los Estilos del Estudiante para Selección del Tutorizado*. Proceedings del VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. WICC 2005. Pág. 66-70. 2005.

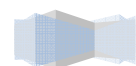
CATALDI, Z; SALGUEIRO, F. y LAGE, F. (2007b). *Fundamentos para el Submódulo Evaluador en Sistemas Tutores Inteligentes: Diagnóstico, predicción y autoevaluación*. CACIC 2007. 1-5 de octubre. Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Corrientes y Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia.

CHIPMAN, P., OLNEY, A., & GRAESSER, A. C. (2005). The AutoTutor 3 architecture: A software architecture for an expandable, high-availability ITS. In J. Cordeiro, V. Pedrosa, B. Encarnacao, & J. Filipe (Eds.), *Proceedings of WEBIST 2005*: 466-473. Portugal: INSTICC Press.

CHO, B. (2000). *Dynamic Planning Models to Support Curriculum Planning and Multiple Tutoring Protocols in Intelligent Tutoring Systems*. Ph.D. tesis, Illinois Institute of Technology.

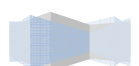
CLANCEY, W. J.; T. WINOGRAD, F. FLORES (1987) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. *Artif. Intell.* 31(2): 232-250.

CLANCEY, W. J. (1991). *Intelligent tutoring systems: A tutorial survey, en Applied Artificial Intelligence: A Sourcebook*. McGraw-Hill.

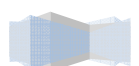




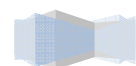
- CONEJO, R.; MILLÁN, E.; PÉREZ DE LA CRUZ, J. Y TRELLA, M. (2001) *Modelado del alumno: un enfoque bayesiano*. ETSI Informática, Universidad de Málaga, España.
- COSTA, G.; SALGUEIRO, F. A., CATALDI, Z., GARCÍA MARTINEZ, R. y LAGE, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante* Proc. GCETE'2005, Global Congress on Engineering and Technology Education CD. marzo 13-15.
- DAVIS, L. (1991). *Handbook of Genetic Algorithms*. New York. Van Nostrand Reinhold.
- DIPAOLLO, R.E., GRAESSER, A.C., HACKER, D.J., WHITE, H.A., y TRG (Tutoring Research Group) (2002). *Hints in human and computer tutoring*. In M. Rabinowitz (Ed.), *The impact of media on technology of instruction*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- FALKENAUER, E. (1999). *Evolutionary Algorithms: Applying Genetic Algorithms to Real-World Problems*. Springer, New York, Pag 65-88.
- FREEVA, R.; EVENS, M. (1996). *Generating and revising multi-turn text plans in STI*. LN in Computer Science. P 632-640.
- GALVIN, T. (1994) Tesis Doctoral: "Mebuilder: An Object-Oriented Lesson Authoring System for Procedural Skills Master's Thesis, Naval Postgraduate School. Monterey.
- GARDNER, H (1993). *Inteligencias Múltiples: La teoría en la práctica*. Paidós. Barcelona, Buenos Aires, México.
- GARDNER, H (2001) *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona. Paidós.
- GARDNER, H. (2000) *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, Paidós.
- GENESERETH, M. and Nilsson, N. (1987) *Logical Foundations of Artificial Intelligence*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- GERTNER, A. S; CONATI; C Y VANLEHN, K. (1998). *Learning Procedural help in Andes: Generating hints using a Bayesian network student model*. Research & Development. American Association for Artificial Intelligence.
- GERTNER, A.S. Y VANLEHN, K. (2000). *Andes: A Coached Problem Solving Environment for Physics*. Lecture Notes In Computer Science; Vol. 1839 Proc. of the 5th Int. Conf. on ITS 133 - 142
- GIRAFFA, L.M.M.; NUNES, M. A.; VICCARI, R.M. (1997) *Multi-Ecological: an Learning Environment using Multi-Agent architecture*. Proc. MASTA'97: Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
- GRAESSER, A.C., CHIPMAN, P., HAYNES, B.C. y OLNEY, A. (2005a). *AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue*. IEEE Transactions in Education, 48, 612-618.
- GRAESSER, A.C., OLNEY, A., HAYNES, B.C. y CHIPMAN, P. (2005b). *AutoTutor: A cognitive system that simulates a tutor that facilitates learning through mixed-initiative dialogue*. In C. Forsythe, M.L. Bernard, and T.E. Goldsmith (Eds.), *Cognitive systems: Human cognitive models in systems design*. Mahwah, NJ: Erlbau



- HAYKIN, S. (1999). *Neural Networks: A comprehensive foundation*. Prentice Hall 2nd. edition.
- HUME G., MICHAEL, J; ROVICK, A.; EVENS, M. (1996), *Hinting as a tactic in one-on-one tutoring*. Journal of Learning Sciencies.
- HUME, G.; EVENS, M. (1992) *Student modeling and the classification of errors cardiovascular intelligent tutoring system*. Proc. of the 4th Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Society Conference, Utica, IL.
- ISO 11064-1 (2000) *Diseño ergonómico de los centros de control*.
- ISO 9241 (1996) *Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD)*
- JOHNSON, W. L. (1986). *Intention-based diagnosis of novice programming errors*. Morgan-Kauffman.
- KIM, J. H. (1989). *CIRCSIM-Tutor: An Intelligent Tutoring System for Circulatory Physiology*. Ph.D. Thesis, Illinois Institute of Technology.
- KIM, J. H. (2000) *Natural Language Analysis and Generation for Tutorial Dialogue*. Ph.D. tesis, Illinois Institute of Technology.
- KOHONEN, T. (1988). *Self-Organizing Maps Springer Series in Information Sciences*. Vol. 30, Springer, Berlin, Heidelberg, NY. P. 236.
- KOHONEN, T. (1998). *An introduction to neural computing. Neural networks*. Vol 1. p. 3-16.
- KOHONEN, T. (2001). *Self-Organizing Maps, third edition. Springer series in informarion sciences*. Ed. Springer. Helsinki University of Technology Neural Networks Research Centre 286-310. Pitman, London.
- LITMAN D. J. AND SILLIMAN. S. (2004). *Itspoke: An Intelligent Tutoring Spoken Dialogue System*. In Proceedings of the Human HLT/NAACL, Boston, MA, May.
- MATSUDA, N., & VANLEHN, K. (2005, to appear). *Advanced Geometry Tutor: An intelligent tutor that teaches proof-writing with construction*. In Proc. of The 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education. (acceptance rate: 0.31)
- MATSUDA, N., COHEN, W. W., & KOEDINGER, K. R. (2005). *Applying Programming by Demonstration in an Intelligent Authoring Tool for Cognitive Tutors*. In *AAAI Workshop on Human Comprehensible Machine Learning (Technical Report WS-05-04)* (pp. 1-8). Menlo Park, CA:
- MILIK, N., MARSHALL, M., MITROVIC, A. *Teaching Logical Database Design in ERM-Tutor*. M. Ikeda, K. Ashley, and T.-W. Chan (Eds.): ITS 2006, LNCS 4053, pp. 707-709.
- MILLÁN, E. (2000) *Sistema bayesiano para modelado del alumno*. Tesis Doctoral Universidad de Málaga.



- MITROVIC, A. (2003) *An intelligent Sql tutor on the Web* Int. J. Artificial Int. in Education, vol. 13, no. 2-4, 173-197.
- MITROVIC, A., MARTIN, B. Y MAYO, M. (2002) *Using evaluation to shape ITS design: Results and Experiences with SQL-Tutor*. Int. J. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 12, no. 2-3, pp. 243-279.
- MITROVIC, A., SURAWEERA, P., MARTIN, B., ZAKHAROV, K., MILIK, N., HOLLAND, J. (2006) *Authoring constraint-based tutors in ASPIRE*. M. Ikeda, K. Ashley, and T.-W. Chan (Eds.): ITS 2006, LNCS 4053, pp. 41-50.
- NILSSON, N. (1998) *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Morgan Kaufmann Publishers.
- PERKINS, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa.
- PIAGET, J. (1978) *La Equilibración de las Estructuras Cognitivas*, Madrid, Ed. Siglo XXI.
- POZO, J. I. (1998). *Aprendices y maestros*. Alianza
- RODRÍGUES, M. (2005) *Future Challenges in Intelligent Tutoring Systems. A framework*. m-ICTE2005. Cáceres Junio 7-10.
- ROWE N. C. AND T. GALVIN, (1998) An authoring system for intelligent tutors for procedural skills. IEEE Intelligent Systems, 13, 3 (May/June 1998), 61-69.
- RUSSELL, S. J. Y NORVIG, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd Edition). Prentice Hall.
- SALGUEIRO, F. (2005). *Sistemas Inteligentes para el Modelado del Tutor*. Tesis de Grado en Ingeniería Informática. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- SALGUEIRO, F. A, COSTA, G., CATALDI, Z., GARCÍA MARTINEZ, 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.
- SALGUEIRO, F., CATALDI, F., LAGE, F., GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005) *Sistemas Tutores Inteligentes: Redes Neuronales para Selección del Protocolo Pedagógico*. Proceedings del IV Workshop de Tecnología Informática Aplicada en Educación del X Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Pág. 255-266.
- SALGUEIRO, F., CATALDI, Z., GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005a). *Los Estilos Pedagógicos en el Modelado del Tutor para Sistemas Tutores Inteligentes*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 2(4):70-79
- SALGUEIRO, F., COSTA, G., CATALDI, Z., LAGE, F. GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005b). *Nuevo Enfoque Metodológico para el Diseño de los Sistemas Tutores Inteligentes a partir de un Acercamiento Distribuido*. Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales 2(5):25-32



SALGUEIRO, F., COSTA, G., CATALDI, Z., LAGE, F. Y GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005c). *Redefinition of Basic Modules of an Intelligent Tutoring System: The Tutor Module*. Proceedings del VII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Pág. 444-448.

SALGUEIRO, F; COSTA, G., CATALDI, Z., LAGE, F., GARCÍA-MARTÍNEZ, R. (2005b). *Redefinition of basic modules of an intelligent tutoring system: the tutor module*. WICC 2005. WICC 2005. 13 y 14 de mayo. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. RED UNCI.

SHAH, F. (1997). *Recognizing and Responding to Student Plans in an Intelligent Tutoring System: Circsim-Tutor* Ph.D. tesis, Illinois Institute of Technology.

SHORTLIFFE, E.H. (1976) *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*, Elsevier/North Holland, New York.

SMITH, S. Y MOSIER, J. (1996) *Guidelines for Designing User Interface Software*, Ma, MITRE Corp.

STEVENS, A.; COLLINS, A. (1977). *The goal structure of a Socratic tutor*. In Proceedings of the National ACM Conference. New York: ACM.

STONE WISKE, M. (2007A) Conferencia *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Universidad de San Andrés. 8 de mayo.

STONE WISKE, M. (2007b) Entrevista Clarín 27 mayo

VANLEHN, K (1988). *Student Modelling*. M. Polson. Foundations of Intelligent Tutoring systems. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78

VYGOTZKY, L. (1978) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Harvard University Press.

WOLF, B. (1984). *Context Dependent Planning in a Machine Tutor*. Ph.D. Dissertation, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.

#### Para citar este artículo:

CATALDI, Zulma; LAGE, Fernando J. (2009) «Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión» [artículo en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 28/ Marzo 2009. [Fecha de consulta: dd/mm/aa].

<http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec28/>  
ISSN 1135-9250.

