

# Estrategias metodológicas para el diseño de sistemas tutores inteligentes

Zulma Cataldi <sup>(1)</sup>, Fernando Lage <sup>(1)</sup>, Gregorio Perichinsky <sup>(2)</sup> y Ramón García–Martínez <sup>(3)</sup>

(1) LIEMA - Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales

(2) LBDySO - Laboratorio de Bases de Datos y Sistemas Operativos

(3) LSI - Laboratorio de Sistemas Inteligentes Facultad de Ingeniería. UBA y Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. Escuela de Postgrado. ITBA.

Grupo de I+D en Ingeniería Informática. Facultad de Ingeniería. UBA. liema@fi.uba.ar

## Resumen

Esta línea de investigación se basa en la concreción de una estrategia metodológica para el desarrollo de ambientes de trabajo interactivos del tipo Sistemas Tutores Inteligentes (STI) (Giraffa, 1997; Casas, 1999) que puedan proveer a los estudiantes de un entorno de aprendizaje adaptable (Waern, 2001) de acuerdo a sus conocimientos previos y a su capacidad de evolución, con base en los principios de la ingeniería de software (Pressman, 2002; Pfleeger, 2002; Sommerville, 2002) y de los sistemas inteligentes (Russell y Norvig, 2001; Nilsson, 2001); García–Martínez, 1997,2002; Pazos, 1997), la psicología cognitiva (Gardner, 1993, 2002, 2004; Perkins,1994,1995,2002) y la investigación educativa (Pozo, 1999; Escolano, 1987).

**Palabras clave:** *sistemas tutores inteligentes, sistemas expertos en educación, asesores inteligentes*

## Introducción

La estrategia metodológica que se desea proponer se centra en la elaboración de un modelo para el diseño, el desarrollo y la evaluación que integra cuatro etapas básicas: la definición de requerimientos, diseño, desarrollo y evaluación, con énfasis en la verificación, validación y mantenimiento a lo largo de las etapas del ciclo de vida, considerando los 5 componentes básicos de los sistemas tutores inteligentes (Giraffa, 1997, Khuwaja, 1994) el modelo dominio, el modelo de estudiante, el modelo de profesor, el modelo de interface y el sistema de control de acceso y gerenciamiento centrado en la base de datos para registro de las interacciones.

Para elaborar la estrategia metodológica se debe cautelar<sup>1</sup> la inclusión en el diseño de las características inherentes a los estudiantes respecto a su modo o estilo de aprendizaje (Oliveira y Viccari, 1996) a través del modelado y las características de los tutores expertos (Perkins, 1994, Pozo, 1999) a fin de incluirlos en la misma, ya que escasa o parcialmente son tenidos en cuenta, sobre todos a través de datos obtenidos empíricamente.

En la década de los 60, los investigadores en educación vieron el enorme potencial de las computadoras como herramientas de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto dio origen al CAI (Instrucción Asistida por Computadora) donde tanto el conocimiento de la materia y del “maestro” estaban preprogramados, sin flexibilidad para adaptarse a diferentes situaciones y al comportamiento de los estudiantes (Cruz, Feliú, 1997). En este contexto, hacia los 80, se incorporan a la enseñanza asistida por computadoras las técnicas de la Inteligencia Artificial (IA), con lo que se recupera un cierto interés por el tema (Anderson, 1985; Norman, 1987).

Los sistemas tutores inteligentes (STI) comenzaron a desarrollarse en los años 80, diseñados con la idea de impartir conocimiento con base en alguna forma de inteligencia para guiar al estudiante en el proceso de aprendizaje (Urretavizcaya, 2001; Sancho, 2002).

---

<sup>1</sup> en el sentido de la Real Academia Española (22 Ed.): “Dicho de una medida o de una regla: Destinada a prevenir la consecución de determinado fin o precaver lo que pueda dificultarlo”.

Wenger (1978) define la tarea de enseñar en términos de una “*comunicación del conocimiento*” que involucra a un sistema tutor y a un estudiante donde el objetivo básico es adquirir conocimiento de alguna materia.

El propósito es el de exhibir un comportamiento similar al de un tutor humano, que se adapte al comportamiento del estudiante en lugar de un modelo rígido. Éste, debería ser capaz de identificar la forma en que el estudiante está resolviendo el problema y de brindarle ayuda cuando cometa errores. A su vez debería proveerle el conocimiento que requiera para poder solucionar el problema con explicaciones en el momento preciso, y adicionalmente aprendería de la interacción con el estudiante.

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), a lo que Giraffa (1997) agrega la consideración de los diferentes estilos cognitivos de los alumnos que utilicen el sistema de acuerdo a Cern (2002).

Los STI (Sistemas Tutores Inteligentes), son una evolución de los CAI, y se basan en la idea de que las computadoras podían entender a los estudiantes en los diferentes dominios de conocimiento y a partir de las interacciones con el estudiante podían aplicar la estrategia más adecuada. Las características más importantes son: un conocimiento del dominio acotado y articulado, un conocimiento acerca del estudiante (por lo que pueden adaptar la enseñanza y realizan procesos de diagnóstico adaptados al estudiante. En este sentido, mejoran la relación tutor-estudiante, permitiendo formularle preguntas al tutor. (Urretavizcaya, 2001)

En los 90, con los avances de la psicología cognitiva (Norman 1987; Gardner, 1988), las neurociencias (Gardner, 1987) y los nuevos paradigmas de programación (Pressman, 2002; Pfleeger, 2002; Sommerville, 2002), los STI han evolucionado desde una propuesta instructiva (Cruz Feliú, 1997) hacia entornos de descubrimiento y experimentación del nuevo conocimiento (Bruner, 1990; Perkins, 1995, 2002; Pozo; 1998, 1999) desde una visión constructivista de los procesos de aprendizaje. Es decir, desde la postura conductista con base en la teoría de Skinner hacia la psicología cognitiva. (Schunk, 1997; Woolfolk, 2001)

A partir de ahí, las investigaciones se centraron en las teorías de enseñanza y de aprendizaje, ya que deben considerar las estrategias de aprendizaje a fin de tener en cuenta las diferencias individuales. Se centran además, en los errores de los estudiantes y la retroalimentación a fin de fortalecer los temas problema. Las dificultades de representación actuales se centran en la identificación de los preconceptos o concepciones erróneas y en los diferentes estadios evolutivos del estudiante.

La orientación actual de las investigaciones se centran sobre todo, en el sentido de proveer una alternativa al tutor humano, cuando no puede invertir más tiempo con sus estudiantes y para los estudiantes que pretenden aprender en forma más autónoma. (Khuwaja, 1994; Wu, 1995)

## **Descripción**

*Los sistemas interactivos del tipo STI, en general no proveen de un modo de aprendizaje adaptable (Waern, 2001) de acuerdo a los conocimientos previos y a la capacidad de evolución de cada estudiante (ritmo), teniendo en cuenta las condiciones en que el tutorizado humano es más eficiente en forma simultánea (Shim, 1991) y las concepciones epistemológicas que subyacen en las prácticas de enseñanza (Escolano, 1987; Cubero, 2003; Denazis, 2004).*

*Por otra parte, cada estudiante debería poder elegir las características del método aplicado por el tutor de acuerdo a sus preferencias (Khuwaja, 1994), entre los diferentes métodos que éste utilice, orientador, socrático, otros (Shim, 1991; Perkins, 1995; Casas, 1999), y si lo desea debería poder cambiarlo de acuerdo a sus propios requerimientos.*

La tutoría, uno a uno, es un método que si bien facilita el aprendizaje activo en el estudiante

(Abbas, 1998), no siempre es el mejor método comparado con el aprendizaje grupal (Shim, 1991), ya que depende fuertemente de la experticia del tutor (Anamia, 1983; Abbas 1998) y no hay suficientes tutores humanos con alta experticia.

Los tutores humanos requieren dos tipos de experticia: en el dominio y en el tutorizado (Pozo,1999; Perkins, 1994) y tiene un rol compuesto de tres aspectos fundamentales: *diagnóstican* los problemas del estudiante, *planean* la retroalimentación y *se comunican* con los estudiantes, por lo que las preguntas que surgen son:

*¿Cómo el tutor humano usa los modelos mentales del dominio para solucionar las concepciones erróneas y ayudar a los estudiantes a construir modelos mentales correctos con base científica? ¿Qué concepción epistemológicas subyacen en sus prácticas educativas? ¿Cómo relacionan las cuestiones epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento a enseñar y cómo transmiten ese conocimiento?.*

*Además, como otra de las formas más eficientes de aprendizaje es en grupos con pares, se prevé un módulo de “intercambio con los pares”, denominado “ecosistema” a fin de fomentar la socialización mediante planteo de situaciones de aprendizaje que permitan la negociación de los significados que los participantes le atribuyen a cada experiencia. Este módulo, no es más que un “compañero” de estudios que aprende con los datos que toma del ecosistema o “asistente personal” y que ayuda al aprendizaje de su pares a través de modos cooperativos y colaborativos de trabajo.*

## **Fundamentación**

Los programas basados en técnicas de los Sistemas Inteligentes suelen adoptar la forma de tutoriales en los que el estudiante puede tomar la iniciativa. Las diferencias más notables con respecto a los programas tutoriales convencionales, se deben a la forma en que se concibe su diseño. Un programa tutorial tradicional trata de inducir en el estudiante la respuesta correcta mediante una serie de estímulos que han sido cuidadosamente planificados. En cambio un programa tutor inteligente intenta simular alguna de las capacidades cognitivas del estudiante y utilizar los resultados de esta simulación como base de las decisiones pedagógicas a tomar. El control de la iniciativa, en un tutorial convencional, corresponde totalmente a la computadora, mientras que en el inteligente hay situaciones en las que puede corresponder al estudiante.

Wolf (1988) 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”*.

Giraffa (1997) los define como *“un sistema que incorpora técnicas de IA a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”*

Los STI integran el trabajo de tres campos básicos:

- La investigación educativa a través de herramientas que proporcionen una enseñanza personalizada asegurando el aprendizaje del estudiante.
- La inteligencia artificial, mediante la aplicación de técnicas de modelado de usuario, representación del conocimiento y razonamiento.
- La psicología cognitiva o educativa al aplicar la simulación cognitiva del comportamiento de un tutor: razonamiento, aprendizaje, conocimiento.

Algunos investigadores indican que los STI son adecuados para tratar dos objetivos fundamentales: *desarrollar sistemas para automatizar la educación y explorar cuestiones epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento a enseñar y cómo ese conocimiento puede ser transmitido.*

Así, los STI permiten la emulación de un tutor humano en el sentido de *saber que enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar*.

La mayoría de los sistemas implementados hasta ahora, poseen una arquitectura básica común que se constituye de *cuatro módulos*:

1. *Un módulo del dominio*: que define el dominio del conocimiento (conocimiento sobre *qué enseñar*).
2. *Un módulo del estudiante*: que es capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada punto durante la sesión de trabajo (conocimiento sobre *a quién enseñar*).
3. *Un módulo del tutor*: que genera las interacciones de aprendizaje basada en las discrepancias entre el especialista y el estudiante (conocimiento sobre *cómo enseñar*).
4. *Un módulo de la interface<sup>2</sup> con el usuario*: que permite la interacción del estudiante con un STI de una manera eficiente (conocimiento sobre *cómo presentar* el material).

A través de la interacción entre los cuatro módulos básicos, los STI son capaces de juzgar qué sabe el estudiante y cómo va en su progreso, por lo que la *instrucción*, puede ser ajustada según las necesidades del estudiante, automáticamente, sin la necesidad de un tutor humano. Un STI actúa como un tutor particular del estudiante ya que como un entrenador humano, se encuentra libre para actuar sobre las necesidades más complejas del estudiante.

## Objetivos generales y específicos

1. Definir un marco teórico que sustente el diseño y la evaluación de los STI.
  - Presentar las diferentes visiones existentes acerca de los diseños y desarrollos.
  - Plantear un marco teórico general con base en la ingeniería de software, los sistemas inteligentes, la psicología cognitiva y las ciencias de la educación.
2. Especificar y desarrollar una metodología para el diseño y la evaluación de los STI que se sustente en el marco teórico definido.
  - Presentar una visión unificada acerca de las metodologías orientadas al diseño de los STI.
  - Desarrollar una extensión metodológica específica que cautele los aspectos para diseño de STI orientados al tutorizado para la resolución de problemas.

## Grado de Avance

A la fecha de esta presentación se ha llevado a cabo el relevamiento documental y se ha definido el marco teórico para el diseño de los STI con base en los pilares descritos en los objetivos.

Se están analizando las herramientas metodológicas más apropiadas para el modelado del docente a fin de poder adaptar el sistema a las resoluciones que el estudiante presenta a medida que este toma decisiones para resolver un problema en particular, teniendo en cuenta la perspectiva desde la cual se impartirán los conocimientos, para lo que se estudia la aplicación del método socrático, el cual permite la interacción requerida por los problemas y tiene en cuenta la forma de adaptación del sistema a los conocimientos previos de los estudiantes.

## Referencias bibliográficas

Abbas, H. (1998) Designing a New Domain Knowledge Base for an Intelligent Tutoring System. *Ph.D., Illinois Institute of Technology, 1998*

Anamia, J. (1983). The influence of instructional conditions on student learning and achievement. *Evaluation in education*. 7, p. 1-92

---

<sup>2</sup> 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 tratan de poner en práctica procesos orientados a la construcción de interfaces lo más usables posible, es decir con alto grado de facilidad en el uso del sistema interactivo. (Estándar ISO 92401 de requisitos ergonómicos para el trabajo de oficina con terminales visuales).

- Anderson, J. R. (1984) *Some reflections on the acquisition of knowledge*. Educational Researcher, 5-10.
- Anderson, J.R.; Boyle, C.F.; Yost, G. (1985) *The geometry tutor*. Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Los Altos. Morgan
- Bruner, J. (1991) *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Casas, M. (1999) *contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual*. Tesis Doctoral Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.
- Cern, S. (Ed.)(2002) *Intelligent tutoring systems*. Springer Verlag Pub.
- Cruz Feliú, J. (1997) *Teorías del aprendizaje y tecnología de la enseñanza*. Trillas
- Cubero, L.N. (2003) *Pensar la Educación*. Pirámide
- Denazis, J.M. (2004) *Las concepciones epistemológicas en la enseñanza d ela tecnología*. Tesis de Magíster en Didáctica. FF y Letras, Universidad de Buenos Aires.
- Denazis, J.M. (2004) *Las concepciones epistemológicas en la enseñanza d ela tecnología*. Tesis de Magíster en Didáctica. FF y Letras, Universidad de Buenos Aires
- Escolano, A. et al. (1987) *Epistemología y educación*. Sígueme. Salamanca.
- García-Martínez, R. y Borrajo, D. (2000). *An Integrated Approach of Learning, Planning and Executing*. Journal of Intelligent and Robotic Systems. 29, 47-78.
- García-Martínez, R. (1997) *Sistemas Autónomos*. Editorial Nueva Librería.
- Gardner, H. (1993) *Las inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós. Barcelona.
- Gardner, H. (2002) *La inteligencia reformulada*. Paidós.
- Gardner, H. (2004) *Changing minds: the art and science of changing our own and other people's*. Harvard Business School Press.
- 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. Proceedings.. Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
- Khuwaja, R.A. (1994) A Model of Tutoring: Facilitating Knowledge Integration Using Multiple Models of the Domain. *Ph.D., Illinois Institute of Technology*
- Nilsson, N. (2001) *Inteligencia Artificial. Una nueva síntesis*. Mc Graw-Hill Interamericana de España.
- Norman, D. (1987) *Perspectiva de la ciencia cognitiva*. Paidós.
- Pazos, J. (1997) *Inteligencia Artificial. Métodos y Técnicas*. Editorial Ramón Areces.
- Perkins, D. (1994). *Enseñar a pensar*. Paidós.
- Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa.
- Perkins, D. (2002) *King's Arthur round table. How collaborative conversations create smart organizations*. John Wiley & Sons.
- Pfleeger, S. (2002) *Ingeniería de software. Teoría y práctica*. Prentice Hall.
- Pozo Muncio, I. (1999). *Aprendices y Maestros*. Alianza.
- Pressman, R. (2002). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. 5 Ed., México: McGraw Hill.
- Russell, S. J. and Norvig, P. (2001). *Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno*.
- Sancho, L. (2002). *Sistemas Tutores Inteligentes: Una alternativa para el uso de computadoras en educación*. Education Net. Red Global de educación a distancia. (DistEdNet) universidad Estatal a Distancia. Consultado el 10/03/04. [www.uned.ac.cr/servicios/global/ensenanza/instruccion/articulos/sistemas.html](http://www.uned.ac.cr/servicios/global/ensenanza/instruccion/articulos/sistemas.html)
- Schunk, D. (1997) *Teoría de la Educación*. Prentice Hall.
- Shim, L. (1991) Student Modeling for an Intelligent Tutoring System: Based on the Analysis of Human Tutoring Sessions. *Ph.D., Illinois Institute of Technology*
- Sommerville, I. (2002). *Ingeniería de software*. Addison Wesley.
- Urretavizcaya, M. (2001). *Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación*. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. Nº 12, pp. 5-12. ISSN 1137-3601
- VanLehn, K (1988). *Student Modelling*. M. Polson. Foundations of Intelligent Tutoring systems. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78.
- Viccari, R.M. y Girafa, L.M. (1996). *Sistemas Tutores Inteligentes: Abordagem Tradicional x Abordagem de Agentes*. XIII Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, Curitiba.
- Waern, A. (2001) What is an intelligent interface?. Notas de Seminario de introductorio. Centro de Investigaciones en Computación de Suecia. Disponible en <http://www.sics.se/~annika/publications.html>. Consultado el 13/03/04.
- Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge. Los Altos C. A. Morgan and Kaufman.
- Woolfolk, A. (2001). *Psicología educativa*. Prentice Hall. México.
- Wu, H. B. (1995). *Rough set approach to user modeling*. Consultado el 13/03/04 y disponible en <http://www.eecs.lehigh.edu/~bhw2/>