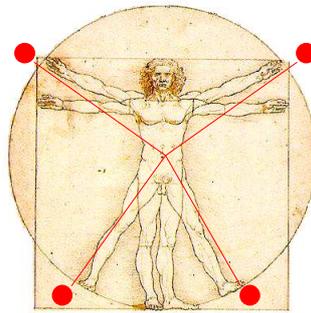


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

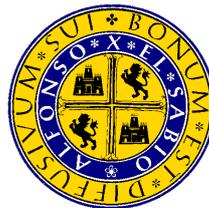
VOLUMEN VIII. AÑO 2010

SEPARATA



SISTEMAS ADAPTATIVOS EN EDUCACIÓN

Ana Isabel Velasco Fernández.



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO  
Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Ana Isabel Velasco Fernández  
Noviembre, 2010

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE010\\_003.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE010_003.pdf)

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

*Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.VIII. 2010.*

# **SISTEMAS ADAPTATIVOS EN EDUCACIÓN**

## **Ana Isabel Velasco Fernández (a)**

(a) Lcda en Ciencias Físicas. Área de Matemáticas y Física Aplicadas .  
Universidad AlfonsoX el Sabio. Tfno: 918109139,  
email: aivelfer@uax.es

### **RESUMEN:**

La generalización del uso de Internet ha propiciado que muchas aplicaciones se centraran en el aspecto de la enseñanza y el aprendizaje a distancia. Desde los primeros sistemas, los CAI (del inglés Computer Aided Instruction), que podríamos comparar con un libro electrónico, hasta los actuales SAE (Sistemas Adaptativos de Enseñanza) que se adaptan dinámicamente a las necesidades e intereses del estudiante, ha habido un largo camino en el que se conjugan tanto las teorías pedagógicas de la formación, como los avances de la Inteligencia Artificial asistida por ordenador. En este artículo se realiza un análisis de la evolución de los distintos sistemas, describiendo los fundamentos, la metodología aplicada y los desarrollos según distintos planteamientos..

**PALABRAS CLAVE:** Sistema educativo adaptativo basado en la Web. Aprendizaje a distancia. Hipermedia adaptativo. Sistemas inteligentes de tutoría. Inteligencia Artificial.

### **ABSTRACT:**

*Since the Internet use has been generalized there have been great the applications that have centred on aspect of the education and the e-learning. From the first systems, the CAI programs (Computer Aided Instruction), that we might compare with an electronic book, up the current SAE (Adaptive Systems of Education) that adapt dynamically to needs and interests of the student, there has been a long way in which pedagogic theories of the training conjugate so much, as the progress of the Artificial Intelligence assisted by computer. This paper is an overview of different systems, describing the features, the applied methodology and the developments according to different approaches.*

### **KEY-WORDS:.**

*Web-Based Adaptive Educational System. Distance Learning. Adaptive Hypermedia. Intelligent Tutoring Systems. Artificial Intelligence.*

**SUMARIO:** 1. Introducción, 2. Sistemas Tutoriales Inteligentes, 3. Entornos de Aprendizaje Interactivo y Micromundos, 4. Conclusiones, 5. Referencias.

**SUMMARY:** 1. Introduction, 2. Intelligent Tutoring Systems, 3. Environments of interactive learning and Microworlds, 4. Conclusions, 5. References.

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10\\_003.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE10_003.pdf)

## 1. Introducción

Con el objetivo de mejorar los modelos tradicionales de enseñanza basados en clases magistrales impartidas por un profesor poseedor de todo el conocimiento y alumno que aprende de éste, se iniciaron nuevos sistemas de educación basados en la interacción enseñanza-aprendizaje. Un acontecimiento fundamental fue la introducción de los ordenadores a la educación como forma de aprovechar las ventajas que puede ofrecer el trabajo en un ambiente virtual.

Fue así como aparecieron en primer lugar los CAI (*Computer Aided Instruction*, del inglés Enseñanza Asistida por Ordenador), que se centraban en representar la estructura de la materia a enseñar y en transmitir dicha estructura siguiendo los métodos tradicionales de enseñanza. Es decir, estaban organizados de manera estática conteniendo tanto el dominio del conocimiento como el conocimiento tutorial de maestro como experto humano. Esta estructura estática fue el principal inconveniente de estos sistemas, ya que aún pudiendo contemplar un gran número de situaciones particulares de los alumnos, previamente previstas por un profesor, siempre quedan situaciones impredecibles hasta en el caso de un experimentado profesor.

De esta forma, la calidad de los programas de aplicaciones en los CAI está estrechamente relacionada con la habilidad del tutor o maestro para anticipar el mayor número de respuestas posibles, y en función de ello decidir la trayectoria del tutorial más conveniente, lo cual puede que no resulte apropiado para un alumno particular en el sentido de que no se le proporciona la autonomía suficiente y por otra parte, debido al gran número de situaciones que se deben contemplar, el coste de tales programas es bastante elevado.

Por otro lado, en los CAI no hay una definición explícita del objetivo de la enseñanza, ni tampoco una línea de adaptación dinámica al alumno para conseguir una serie de propósitos.

Como consecuencia de todos estos inconvenientes surgieron los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI), que son considerados los primeros sistemas basados en la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial a la educación, a pesar de que todavía en ellos el alumno seguía presentando una actitud más o menos pasiva.

## 2. Sistemas Tutoriales Inteligentes ( STI)

Los STI se apoyan en la psicología cognoscitiva, donde la enseñanza se presenta como una serie de conocimientos, situaciones o acciones. De esta forma puede deducir porqué un estudiante cometió un error específico y con ello corregirle adecuadamente por medio de un replanteamiento en su razonamiento, o con un simple comentario, igual que lo haría un tutor humano.

La característica más favorable podría considerarse la correspondencia de la aplicación con un modelo de tutorización individual uno a uno, mediante una guía de acciones previamente prefijadas.

Pero sin duda, lo más destacable de los STI es que con la aparición de ellos, toman un papel relevante dos elementos que desde entonces están presentes en la mayoría de las aplicaciones informáticas de enseñanza y aprendizaje:

- El *Modelo del Estudiante* para representar lo que el sistema supone que el estudiante ha aprendido.
- El *Modelo Pedagógico* para representar el conocimiento referido a la forma de gestionar el propio proceso de aprendizaje.

El principal inconveniente de estos sistemas acabó siendo que se preocupaban más del conocimiento que se quería transmitir que del propio proceso de aprendizaje de dicho conocimiento. Es decir, tenían un planteamiento conductista de la enseñanza.

Frente a este tipo de planteamiento y con la intención de solucionar los problemas anteriores, se crearon los Entornos de Aprendizaje Interactivos (EAI) y los Micromundos, en los que la concepción de la enseñanza es distinta en el sentido de que se considera que es el propio alumno el que, guiado convenientemente por un tutor pero sobretodo manteniendo su autonomía, tiene que construir su propio conocimiento. Es decir, se trata de un planteamiento constructivista del aprendizaje frente al conductista de los CAI y STI.

Otro ejemplo de aplicación de un CAI lo encontramos en la Web, en “*La Manzana de Newton*” accesible en: <http://www.lamanzanadenewton.com/principal.html>, donde entre muchos otros temas relacionados con la ciencia, existe el que se muestra en la Figura 1 sobre “El Papel y El Cartón”, en el que además de hacer un análisis de los fundamentos y usos, propone actividades para que el alumno practique los conceptos y evalúe sus progresos, pero en todo momento es guiado, es decir, sin ningún tipo de autonomía.

6. Ana I. Velasco Fernández

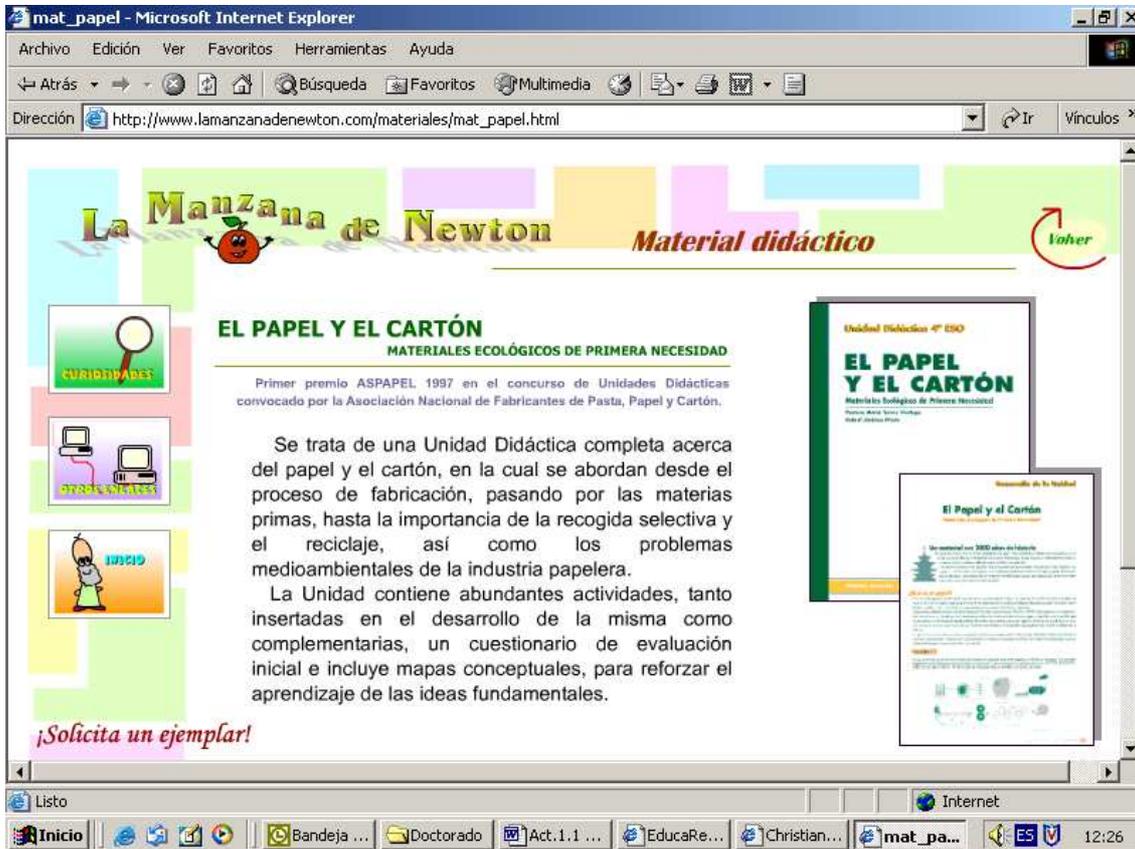


Figura 1: La Manzana de Newton

Fuente: [http://www.lamanzanadenewton.com/materiales/mat\\_papel.html](http://www.lamanzanadenewton.com/materiales/mat_papel.html)

Sin embargo y también incluida en la página Web de “La Manzana de Newton” está la aplicación interactiva sobre conceptos de trigonometría: TRIGONOM, que se muestra en la Figura 2, ya más próxima a los Sistemas Tutoriales Inteligentes, en la que el alumno elige, entre otras cosas, nivel de dificultad y dispone además de una biblioteca de conceptos, test de evaluación, y hasta una ayuda para desplazarse por los distintos menús.

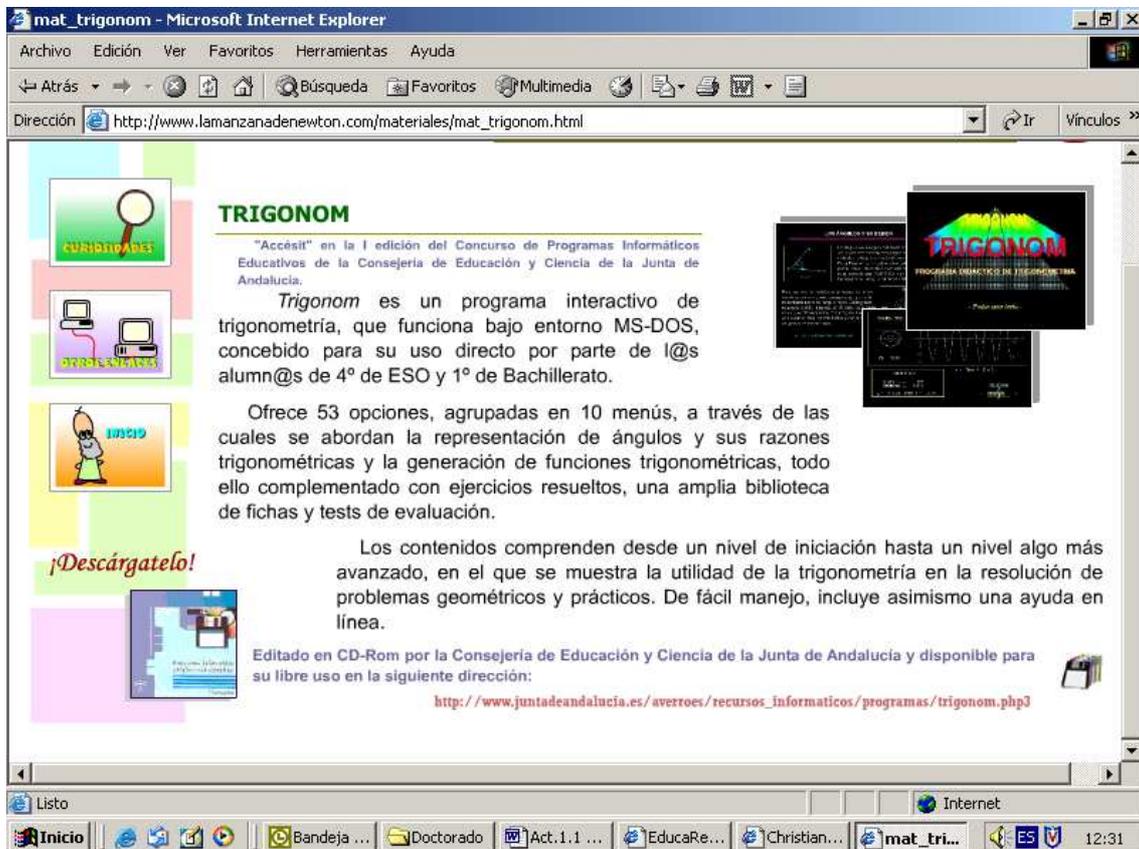


Figura 2: TRIGONOM

Fuente: [http://www.lamanzanadnewton.com/materiales/mat\\_trigonom.html](http://www.lamanzanadnewton.com/materiales/mat_trigonom.html)

Según Schank (2005), la idea clave sobre la memoria consiste en recordar casos relacionados con la información que se está tratando para lo cual nos basamos en la correspondencia en algún aspecto entre la situación actual y la recordada. De esta manera, creamos una etiqueta que identifica dicho aspecto en nuestra memoria de casos, es decir estructuras de conocimiento sobre situaciones experimentadas en el pasado. Mediante estas etiquetas se crea una red de experiencias que se organizan de forma que reflejan lo que más nos interesa sobre cada situación. La creación de esta red es dinámica, de manera que se pone de manifiesto la capacidad natural de aprender ante nuevas experiencias.

Con todo esto, y de acuerdo a la teoría de Schank, la memoria se estructura en una gran red de nodos donde se producen generalizaciones que capturan los aspectos comunes encontrados en distintos casos. Si una generalización se contradice con un nuevo caso, se construye la explicación del fallo y se recuerda esta información con el fin de evitar futuras contradicciones.

Por tanto, nuestra memoria tiene diferentes tipos de estructuras que categorizar e interrelacionar. Estas estructuras de organización segmentan la memoria de forma que podemos localizar el elemento adecuado cuando es necesario.

Las estructuras de organización nos ayudan a clasificar y localizar estructuras de niveles inferiores como hechos o casos. También recogen las generalizaciones que hacemos sobre casos más específicos. La forma en que se organizan nos ayudan a hacer predicciones.

Schank y Cleary (1995) proponen entonces dos tipos de estructuras. Por un lado están los *scriptlets* o guiones, denominados así por su ámbito limitado, encargados de recoger lo que sabemos sobre cómo suelen ocurrir los hechos en situaciones típicas, como si se trataran de una pequeña parte de una escena o situación. En palabras de Schank, (1982, pp.39) los *scriptlets* “capturan lo que sabemos sobre cómo ocurren las cosas en situaciones típicas en las que nos encontramos”. Es decir, un *scriptlet* es una acción o un conjunto de acciones que hacemos tan a menudo que seríamos capaces de hacerlas sin pensar. Si no se usan con frecuencia decaen en la memoria. Por encima de éstos estaría otra estructura superior denominada *mops*, o paquetes de organización de memoria, que son los encargados de dividir las situaciones en escenas, es decir, toman porciones más grandes de conocimientos acerca de secuencias típicas de sucesos. Gracias a esta división de la memoria en dos tipos de estructuras podemos utilizar lo que hemos aprendido en una tarea en otra distinta. El motor de esa memoria de casos son las preguntas, jugando un papel esencial en el aprendizaje, apuntando a huecos en nuestras estructuras de memoria que se intentan cubrir.

Es decir, el método natural de aprendizaje se puede basar en plantear preguntas interesantes que surgen cuando nos han planteado objetivos interesantes, lo que Schank y Cleary denominan “ cascada del aprendizaje”. Para las distintas etapas de esta cascada proponen varias arquitecturas:

**1) Metas:**

1.1) *Aprendizaje mediante experiencia*: simulaciones de situaciones reales en las que el estudiante puede aprender una gran variedad de competencias, sobre todo en trabajos de alto riesgo, como por ejemplo en control de tráfico aéreo, véase Taylor (2005), o para la toma de decisiones en el ámbito empresarial, como describe Mitchell (2004), o en temas científicos en los que a partir de unas hipótesis interesa ir cambiando variables para estudiar sus efectos, léase de Jong, (2006).

1.2) *Aprendizaje accidental*: para temas poco atractivos para el estudiante. Ejemplo: sistema ROADTRIP, descrito por Schank y Cleary (1995).

1.3) *Aprendizaje basado en objetivos*: se procura generar objetivos que el alumno está deseoso de alcanzar. Ejemplo: sistema Sickle Cell, que es un proyecto realizado por el Museo de Ciencia e Industria de Chicago, interesado en enseñar a los visitantes la enfermedad de Sickle Cell, que es un desorden en la sangre original fundamentalmente de los habitantes de África. El

software educativo, descrito en Schank y Cleary (1995), es una simulación en la que intervienen varios tutores, de manera que el alumno en función de sus objetivos selecciona a quién quiere dirigir su pregunta. Hay una médica que responde sobre los aspectos médicos de esta enfermedad, un genetista que responde sobre cómo se hereda y un técnico de laboratorio que explica cómo se realizan los estudios analíticos para ver las características de este desorden.

En este sentido, es importante entrenar bien a los tutores, de manera que distingan entre críticas buenas y malas con el fin de cubrir la mayor parte de los errores frecuentes. Un buen tutor no debe dar respuestas si es posible que el alumno las averigüe él mismo. Es decir el tutor tiene que conseguir desafiar a los estudiantes para que ellos mismos avancen más, sacándoles de los lugares en los que se sienten confortables, Godoy (2009).

## **2) Planteamiento de cuestiones:**

2.1) *Aprendizaje reflexivo* para ayudar al alumno a reflexionar sobre acciones realizadas, planes, soluciones incompletas, etc.

## **3) Elaborar respuestas:**

3.1) *Enseñanza basada en casos*: se trata de ir contando al alumno casos apropiados en el momento oportuno. Ejemplo: sistema *Creanimate*, descrito en Schank (2009), que es un portal educativo que ayuda a los estudiantes a aprender cosas de los animales planteando preguntas que hacen pensar al alumno. Entonces, por ejemplo, va sugiriendo preguntas sobre qué modificaciones se podrían realizar en un animal concreto para conseguir un fin determinado y luego razona con el estudiante las respuestas.

El método de enseñanza basado en casos es el utilizado en el Sistema Tutorial Inteligente para Tuberculosis (STI-TB), enmarcado dentro del proyecto Sistema Inteligente para el Control de la Tuberculosis (SINCO-TB), descrito en González (2003), y cuyo objetivo es contribuir a la mejora de los programas de capacitación dentro del dominio de la Salud Pública en Colombia, en colaboración con la ETSI de Telecomunicación de la Universidad de Vigo. El programa se enmarca, en cuanto a fundamentos pedagógicos se refiere, en el paradigma del Razonamiento Basado en Casos (RBC) proporcionando asistencia inteligente y personalizada. En este proceso, cada caso es una parte contextualizada del conocimiento representando una experiencia que comprende el problema, la solución aplicada y el resultado obtenido.

La principal ventaja es que es capaz de utilizar conocimiento específico adquirido en situaciones previas y aplicarlo en la situación presente. Un problema nuevo se resuelve buscando en la memoria un caso similar resuelto en el pasado. Además, este esquema permite incrementar el conocimiento almacenando el nuevo caso para ser usado en situaciones futuras. Esto conlleva que el sistema se mantenga actualizado en todo momento y por ende, mejora la calidad de los “Planes de Control y Prevención de enfermedades”.

Otro ejemplo de sistema adaptativo aplicado en la enseñanza es el sistema WebDL, Boticario (2000), del Departamento de Inteligencia Artificial de la UNED de España, para diseñar un sistema educativo a distancia a través de Internet, y que con respecto a la organización conceptual de los contenidos, las prácticas y los pasos aconsejados en la resolución de los ejercicios se basan en el modelo propuesto por Schank, donde los contenidos se presentan mediante una red de conceptos (nodos) prefijados por el tutor que deben ser aprendidos por el alumno, y los arcos representan la transición de un concepto a otro en función de los conocimientos que el alumno va aprendiendo y los intereses que el propio alumno va eligiendo.

Este mismo sistema de nodos y arcos se utiliza en la plataforma PLAGENSTI-IIE, Romero (2002), siendo los nodos las unidades de aprendizaje, lecciones o conceptos y los arcos la relación existente entre las distintas unidades de aprendizaje, dando lugar a una especie de redes tipo árbol, que es una forma muy flexible de estructurar el conocimiento tanto a nivel computacional como a nivel operacional. La plataforma PLAGENSTI-IIE, que se detallará más adelante, fue diseñada para el desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes en capacitación y entrenamiento en general, y en la actualidad se aplica en temas relacionados con centrales de generación eléctrica.

3.2) Aprendizaje por exploración: se trata, por el contrario, de dejar al alumno que sea él el que pregunte en función de sus necesidades. Ejemplo: sistema ASK, disponible en <http://es.ask.com>. El motor del buscador es un sistema inteligente que mediante el método que denominan sus creadores “agregación en comunidades”, permite discernir cuando una página es relevante o no para un concepto.

Para Self (1995) uno de los objetivos básicos de un Sistema Interactivo de Enseñanza Aprendizaje es comprender bien las necesidades, preferencias, dificultades, etc del alumno para poder realizar acciones personales que mejoren su proceso de aprendizaje. Todas estas suposiciones se recogen en el *Modelo del Estudiante*, en cuya construcción es fundamental un buen diagnóstico, que debe centrarse más en la utilidad computacional que en la fidelidad cognitiva.

De esta forma, el sistema realiza una serie de suposiciones o creencias sobre el alumno. El conjunto de creencias  $B_a$  del agente  $a$  es el conjunto de proposiciones que cree  $a$ :  $B_a = \{p | B_{ap}\}$

El marco de trabajo básico consiste en considerar que el sistema no tiene acceso directo a las creencias del estudiante, sólo a una serie de conjeturas sobre las mismas que constituyen el modelo aprendido. Para inicializar el modelo una opción es considerar que las proposiciones relevantes que definen un concepto forman una cadena de reglas de inferencia. En este caso se puede preguntar por las reglas intermedias en la cadena para discriminar más rápidamente si el alumno conoce o no un concepto.

También se podría establecer una serie de supuestos por omisión sobre dicho modelo, es decir usar unos estereotipos para denominar modelos de grupos de usuarios que comparten ciertas características

o intereses comunes. A cada estereotipo se le asigna una serie de propiedades o inferencias que se aplican a los usuarios pertenecientes a dicho estereotipo. La asignación de un usuario a un determinado estereotipo se hace en función de las características de dicho usuario y de la aplicación de una regla de asignación. Una vez definidos los estereotipos, éstos se organizan en una estructura jerárquica. De esta forma se establece un orden y una herencia de propiedades. Para la actualización del modelo se lleva a cabo una tarea de diagnóstico, que básicamente consiste en un diálogo con el alumno. Cuando el sistema comprueba que el estudiante se comporta de una forma diferente a como lo establece el *Modelo del Estudiante*, entonces el sistema inicia la correspondiente tarea de diagnóstico para resolver la inconsistencia. La actualización puede realizarse en función de los valores introducidos por el estudiante o bien basándose en los contenidos de su modelo. El sistema debe establecer lo que significan dichas entradas con respecto a las creencias incluidas en el modelo. El uso del *Modelo del Estudiante* se realiza fundamentalmente por el componente encargado de controlar la instrucción. Por ejemplo, si el sistema quiere establecer un plan para la instrucción debe considerar los estados que son predecibles que se pueden alcanzar. Para ello se consideran los objetivos y éstos están precisamente en función del *Modelo del Estudiante*. Ambas acciones, planificación y diagnóstico, deben coordinarse continuamente.

Los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) surgieron como una manifestación de la perspectiva de los sistemas basados en el conocimiento, en este caso concretada en la figura de un experto instructor. Se trataba de aprovechar todo el conocimiento pedagógico de los expertos humanos. Los STI generalmente persiguen objetivos de aprendizaje bien definidos, como conocimiento factual y habilidades procedurales, de acuerdo a una perspectiva objetivista del conocimiento, que pueden medirse mediante tests estandarizados. Estos sistemas se diseñan intentando especificar el conocimiento tan completamente como sea posible, y de acuerdo con la filosofía objetivista estructuran el conocimiento en términos de entidades, propiedades y relaciones, teniendo en cuenta que el pensamiento racional consiste en la manipulación de símbolos abstractos vistos como representantes de la realidad. Esto se consigue aplicando distintas técnicas de representación del conocimiento: sistemas de producción, marcos, redes semánticas, lógica de predicados, etc.

Los STI intentan capturar un método de enseñanza y aprendizaje ejemplificado por una interacción humana de tutoría uno a uno, lo cual permite un aprendizaje altamente individualizado y conduce por ello a mejores resultados que otros métodos. Sus principales desventajas se atribuyen a la inadecuación de las técnicas de evaluación de los resultados del aprendizaje. El método de enseñanza y la filosofía subyacente de aprendizaje en un STI es la misma que la de un sistema CAI. Las diferencias entre ambos residen en los logros de la ingeniería y la psicología que permiten al STI tutorizar de un modo orientado al conocimiento.

La arquitectura clásica de un STI está compuesta principalmente por cuatro módulos: *Tutor* o *Módulo Pedagógico*, *Dominio de la Aplicación* o *Sistema Experto*, *Interfaz* y *Modelo del Estudiante*.

El *Módulo del Tutor* es el encargado de determinar a quién, cómo, cuándo y qué se enseña o se evalúa. El *Módulo del Dominio de la Aplicación* se refiere al tema o curso en el que se requiere la

capacitación. El *Módulo Interfaz* es en el que se lleva a cabo la interacción del estudiante con el sistema adaptativo, por lo que debe ser atractivo y capaz de retener la atención del alumno. Finalmente el módulo del *Modelo del Estudiante* es el encargado de determinar en todo momento el grado de conocimiento que tiene el estudiante sobre el tema que está aprendiendo.

Un buen STI debe tener dos características básicas: primero, seleccionar y acotar el contenido del dominio de aplicación que se quiere enseñar, y segundo, aplicar estrategias didáctico-pedagógicas para dirigir el aprendizaje. En un STI, la primera característica se establece en el *Módulo del Dominio de Aplicación* y la segunda es modelada tanto en el *Módulo Tutor* como en el *Módulo Interfaz*.

Aparte de estos módulos, que siempre están en un STI, pueden incluirse algunos más en función de la funcionalidad que se pretenda. Por ejemplo, la plataforma genérica para el desarrollo de aplicaciones de STI denominada PLAGENSTI-IIE, comentada con anterioridad, incluye los cuatro módulos fundamentales y además, los módulos *Administrador* y del *Medio Ambiente de Simulación* (MAS). El *Módulo Administrador* es el encargado de administrar y definir cursos, instructores y estudiantes, y en función de esa definición, ofrecer la posibilidad de controlar la autocapacitación desde un solo alumno hasta un centro de aplicación completo.

El *Módulo MAS* permite diseñar e implantar sesiones de práctica para la adquisición de habilidades, utilizando para ello simulaciones de subsistemas de procesos complementado con un asistente que va guiando las maniobras de los operadores, que en el caso de la aplicación PLAGENSTI-IIE se refiere a operaciones en centrales eléctricas que realizan de manera cotidiana.

En el *Módulo del Dominio de Aplicación* o *Sistema Experto* se almacena y estructura el conocimiento sobre el tema que se va a enseñar. Para representar ese conocimiento se seleccionó la representación en forma de nodos que simbolizan unidades de aprendizaje, lecciones o conceptos, y arcos, que representan la relación existente entre las diferentes unidades de aprendizaje, lo cual da lugar a una especie de redes tipo árbol.

En el *Módulo del Estudiante* en PLAGENSTI-IIE, se utiliza un modelado de tipo superposición, ya que es el más recomendado para la enseñanza de conceptos teóricos de dominios de aplicación en donde su contenido está bien acotado o no existen problemas de definiciones, descripciones de equipos y enunciados, como es el caso de las centrales eléctricas. El modelado consiste básicamente en considerar lo que el estudiante sabe sobre el dominio de aplicación que se le presenta, como un subconjunto del conocimiento del experto en ese dominio.

En función de la diferencia entre estos dos grados de conocimiento, el *Módulo Tutor* establece objetivos pedagógicos para que el estudiante adquiera, mediante estrategias pedagógicas, el conjunto de conocimientos del experto. En este *Módulo Tutor*, las estrategias de enseñanza implementadas se basan en métodos de enseñanza-aprendizaje apoyados en el ordenador y en efectos basados en tecnología multimedia. Para que el sistema ubique el nivel o grado de conocimiento del estudiante que accede por primera vez a la plataforma, se presenta la opción de realizar un examen preliminar o ingresar directamente a aprender las lecciones.

No obstante, y a pesar de que en muchas aplicaciones demuestran ser muy efectivos, los Sistemas Tutoriales Inteligentes presentan una serie de limitaciones:

- En problemas donde no se puede construir un sistema experto, un STI pierde su potencial.
- Experiencia y pericia pedagógica limitada, ya que no es posible considerar una autorización flexible y adaptable a diferentes estilos de aprendizaje.
- En la mayoría de los casos, los STI ofrecen limitadas elecciones a los estudiantes.
- Para mejorar las capacidades pedagógicas de un STI es preciso enriquecer la base de conocimiento pedagógica, mejorando por ejemplo la base de reglas que infiere cuándo y cómo instruir a los estudiantes, e implementar un mejor método de enseñanza y aprendizaje.
- Los STI se ciñen a un único modelo de enseñanza y aprendizaje, mientras que los auténticos tutores expertos pueden adoptar diferentes métodos. No tienen capacidad para tutorizar de manera flexible, adoptando en cada momento el método que resulte más conveniente en función de sus intereses y aptitudes, cosa que un buen tutor humano sí puede hacer dependiendo de la evolución del estudiante y otros factores contextuales.
- El método de enseñanza de ejercicio y práctica de los STI parece más adecuado para afianzar conceptos que para el aprendizaje de conceptos básicos de nuevo conocimiento.

### **3. Entornos de Aprendizaje Interactivo y Micromundos.**

Como respuesta a estas limitaciones surgieron los Entornos de Aprendizaje Interactivo (EAI) y los Micromundos. En estos sistemas la teoría del aprendizaje utilizada es el constructivismo, y el método de aprendizaje está centrado en el estudiante, basado en la indagación..

Esta teoría, el constructivismo, defiende que existen múltiples significados o perspectivas para cualquier evento o concepto, en lugar de existir un único significado correcto hacia el cual debe guiarse al estudiante. De esta forma, el conocimiento en los EAI se organiza como un conjunto de herramientas que puede usar el alumno en lugar de centralizarse en el tutor. Estas herramientas de computación pueden ser vídeos interactivos u otras representaciones gráficas que resulten atractivas para el estudiante y que le permitan investigar sin demasiado control externo.

Los EAI proporcionan una representación explícita de los temas que el estudiante tiene que investigar, pero no necesariamente conocen todas las respuestas correctas, ni tampoco incluyen modelos de cognición del estudiante, ni tienen que tomar complejas decisiones pedagógicas.

El problema, a menudo, es que las herramientas proporcionadas al alumno son a veces demasiado potentes, de manera que por sí sólo éste puede llegar a perderse en cuestiones alejadas del interés real.

Como resumen, podríamos decir que las principales diferencias entre los EAI y los STI tanto a nivel conceptual como estructural son:

- Construcción frente a instrucción: los estudiantes aprenden más efectivamente construyendo su propio conocimiento que escuchando lecciones o siguiendo una secuencia organizada de ejercicios.
- Control del estudiante frente a control del tutor. El tutor es sólo un guía y el alumno tiene un control significativo de la interacción del aprendizaje.
- Individualización determinada por el estudiante, no por el tutor. La realimentación e información recibidas son función exclusiva de la interacción con el sistema a través de su entorno.
- Rica realimentación generada por la interacción del estudiante con el entorno de aprendizaje, no con el tutor.

Los Micromundos son un tipo particular de EAI que suponen una transición del tutor al concepto de herramientas educacionales y del método ejercicio y práctica al método de aprendizaje basado en la indagación. También suponen un cambio en los objetivos de aprendizaje.

En primer lugar, consideran importante el aprendizaje de la caracterización de patrones de relaciones entre objetos y propiedades que definen el mundo. En segundo lugar, muchos Micromundos alientan al estudiante a adquirir por sí mismos habilidades de indagación. Son habilidades genéricas que los estudiantes deben conocer para conducir sus investigaciones virtualmente en cualquier tema. No existe una tarea de análisis riguroso de la indagación comparable con otras habilidades mejor definidas, como integrar o resolver una ecuación cuadrática.

Las principales habilidades de indagación que persiguen son:

- Proponer cuestiones
- Proponer problemas específicos.
- Generar conjeturas o hipótesis.
- Recopilar observaciones que conduzcan a cuestiones o hipótesis.
- Confirmar o invalidar hipótesis.
- Refinar hipótesis.
- Explicar o probar una hipótesis.

Un ejemplo de AEI lo encontramos en los sistemas CASIES, disponible en (<http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/21-OML.pdf>) de la Universidad de Ciencias Informáticas de Brasil.

Los Centros de Auto-Aprendizaje y Servicios de Idiomas Extranjeros (CASIE) ofrecen a estudiantes, profesores y a toda la comunidad universitaria en su conjunto, una experiencia en el autoaprendizaje de idiomas. Son espacios físicos virtuales apropiados para llevar a cabo la autogestión del aprendizaje. Su propósito es proporcionar al estudiante de idiomas todo lo que necesita para estudiar la lengua que

deseo: recursos didácticos, tecnologías y asesorías a través de entornos de aprendizaje altamente efectivos.

La filosofía CASIE se basa en los siguientes principios:

- Se centra en el estudiante, ya que cada persona tiene una manera de aprender diferente de los demás, donde los objetivos, por ejemplo inglés empresarial, inglés científico, velocidad de aprendizaje, motivaciones o los intereses son particulares.
- En la personalización, individualización y en la flexibilidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- En la comunicación y la interrelación de toda la comunidad educativa.
- En el trabajo cooperativo en ambientes interactivos de aprendizaje.
- En la autogestión de los recursos de aprendizaje.



Figura 3: CASIE

Fuente: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/21-OML.pdf>

#### 4. Conclusiones

Las clases tipo conferencia ya no parecen ser tan efectivas como lo eran hace muchos años, cuando eran muy pocos los que tenían acceso a los libros. Se ha demostrado que los alumnos aprenden más haciendo cosas, aunque ello conlleve cometer fallos, que escuchando pasivamente a otros. Cuando un

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE010\\_003.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEEE010_003.pdf)

profesor es muy elocuente lo más que puede conseguir es inspirar a la audiencia, pero el alumnado no va a internalizar procedimientos que le permitan hacer mejor una tarea. Actualmente los ordenadores se han convertido en potentes herramientas educativas. Internet nos permite acceder a información de cualquier parte del mundo, y comunicarnos con quien deseemos en el momento que queramos.

Todo esto ha propiciado la proliferación de cursos y material educativo en la Web. Algunos profesores lectores habrán intentado explorar formas virtuales de aprendizaje, pero seguramente habrán acabado defraudados, al igual que muchos usuarios tentados ante la gran oferta de cursos gratuitos de infinidad de temas. En todos estos sistemas lo que se dice está muy por encima de las experiencias presentadas o propuestas, con lo cual no hay diversión involucrada ni motivación suficiente, por lo que el alumno finalmente abandona. Sin embargo, tal como se ha ido describiendo a lo largo del artículo, las líneas de investigación se centran en que la esencia de cualquier Sistema Adaptativo de Enseñanza Aprendizaje (SAE) debe ser la de poder adaptarse dinámicamente a las necesidades del alumno, con el fin de que el proceso de enseñanza sea satisfactorio para el mismo.

Estando actualmente inmersos en la implantación de los planes de estudio conforme al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), los profesores universitarios vamos a necesitar apoyarnos en este tipo de sistemas, que sin duda servirán para potenciar significativamente la calidad de la enseñanza y la investigación que debe caracterizar una educación superior. Hasta ahora muchas universidades han propuesto plataformas para facilitar la relación entre profesores y alumnos fuera del aula, como Moodle, Web-CT,... Pero en general se trata de repositorios para intercambio de información: documentos y calificaciones básicamente.

Los Sistemas Adaptativos de Enseñanza Aprendizaje deben ser una herramienta que compense la disminución de clases magistrales con respecto al sistema educativo anterior y favorezca una formación más integral del alumno en función de sus características personales, en el sentido de que motive el aprendizaje autónomo, incremente el flujo de información con el profesor y otros compañeros y permita dirigir al alumno hacia los aspectos más relevantes en cada momento. La intención de este artículo ha sido la de llamar la atención con el fin de que otros docentes de ingeniería se acerquen a explorar las posibilidades del aprendizaje activo en un ambiente simulado.

## 5. Referencias

Boticario et al., 2000. J.G. Boticario, E. Gaudioso, F. Hernández del Olmo, *WebDL: Un sistema adaptativo de educación a distancia a través de Internet*. Revista Ried, volumen 3, nº 1, 2000.

Boticario y Gaudioso, 2001. J.G. Boticario y E. Gaudioso. *Aprender y Formar en Internet*. Madrid, España. Sanz y Torres. Thomson Learning Paraninfo, 2001.

Boticario y Gaudioso, 2003. J.G. Boticario y E. Gaudioso. *Sistemas Interactivos de Enseñanza/Aprendizaje*. Madrid, España. Sanz y Torres. 2003

Godoy, 2009. Godoy L.A. *Una revisión del programa de investigación sobre aprendizaje activo en un ambiente simulado desde la perspectiva de la educación en Ingeniería*. Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education, Vol. 3(2), 2009.

González et al.,2003. González C., Burguillo J.C., Llamas M., Vidal J.C. *Sistemas Tutoriales Inteligentes: propuesta de una arquitectura para aprendizaje en salud pública*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Departamento de Ingeniería Telemática. Universidad de Vigo, 36200 Vigo (España). Universidad del Cauca. Departamento de Sistemas. Popayán (Colombia).

Romero et al. 2002. Romero G., Martínez R. E., Romero I., y Cordero J.C. *Plataforma genérica para el desarrollo de aplicaciones de STI en capacitación y entrenamiento*. Boletín IIE, enero-febrero 2002.

Schank, 2005. R. C., Schank *Lessons in Learning, e-Learning and Training: Perspectives and Guidance for the Enlightened Trainer*, Pfeiffer, 2005.

Schank y Cleary, 1995. R. C. Schank, C. Cleary, *Engines for Education*. Lawrence Erlbaum, 1995.

Schank, 2009. R. C., Schank. *Inside multi-media case based instruction*. Taylor & Francis e-Library, 2009.

Self, 1995. J. Self, *Formal approaches to student modelling*. In McCalla, Greer, J., (eds), *Student Modelling: the key to individualized knowledge based instruction*, pp. 295-352, 1995.