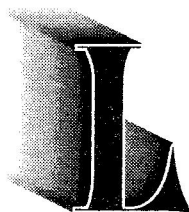

ESTADO DEL ARTE DE LOS CURSOS REALIZADOS POR COMPUTADORA

Francisco Ruiz González, Manuel Ortega Cantero, José Bravo Rodríguez (*)
Manuel E. Prieto Méndez (**)

(*) Departamento de Informática - Univ. de Castilla-La Mancha
Teléfono.- 926-25 46 10 Fax.- 926 - 25 48 07 E-mail:frui@inf-cr.uclm.es
Esc. Univ. de Informática. Rnda de Calatrava s/n. 13071-Ciudad Real (SPAIN)

(**) Universidad Nacional de Costa Rica
E-mail:mprieto@servidor.unam.mx



Resumen

La realización de software educativo, es decir, programas de computador con aplicaciones educativas, tiene más de veinte años de existencia, pero hasta fechas muy recientes no ha logrado un desarrollo adecuado al gran potencial que este campo tiene en sí mismo. Las razones que han influido en esta situación son diversas, y pertenecen tanto al ámbito de la informática, como al educativo. La insuficiente potencia o el excesivo coste del hardware (máquinas), y el incompleto desarrollo teórico y aplicado del software, han dificultado en exceso la realización de software educativo con unos requisitos funcionales y de calidad adecuados. Esta situación ha impedido que los profesores y maestros dispusieran de adecuados sistemas informáticos para elaborar ellos mismos material educativo asistido por computador. Aún cuando han existido herramientas destinadas a tal fin, su aplicación se ha visto muy frenada por la dificultad de manejo que implicaban.

En el presente trabajo realizamos un repaso de esta situación y sus causas históricas: y presentamos una introducción de las nuevas técnicas informáticas que están contribuyendo a solucionar el cuello de botella de este problema, es decir, que permiten construir herramientas software para que los enseñantes puedan elaborar su propio material didáctico con las menores complicaciones técnicas posibles. Entre estas nuevas técnicas se encuentran las siguientes: multimedia, hipermedia, inteligencia artificial, sistemas expertos, orientación a objetos, sistemas de información distribuidos (por ejemplo, WWW en Internet), etc.

Palabras claves:

Informática Educativa, Enseñanza Asistida por computador, Sistemas de Autor, Hipermedia, Courseware.

1. Introducción.

Como prácticamente cualquier otra actividad humana, la enseñanza también se ha visto afectada - especialmente en los últimos años - por el auge y extensión de las Nuevas Tecnologías de la Información (NTI). Si tenemos en cuenta que el proceso educativo tiene un componente fundamental de *transmisión de información*, resulta evidente el gran potencial de aplicación de la informática al mundo de la enseñanza.

Debemos dejar bien claro desde el principio que la Informática es una herramienta que simplemente amplía el abanico de posibilidades que al enseñante y/o al estudiante se le ofrecen, al igual que ocurre con otras tecnologías como puede ser el video, el audio o los proyectores de transparencias; si bien es cierto que los sistemas informáticos son capaces de sustituir y ampliar con creces a dichas tecnologías. Estamos por tanto, hablando de Enseñanza, por lo que serán fundamentales los conocimientos propios de las ciencias de la Educación (Didáctica, Pedagogía, ...). No es objetivo de este trabajo entrar en tales materiales, por lo que no se abordarán sus implicaciones con el tema que abordamos, dejándolas para su análisis por especialistas, y nos centraremos en los aspectos tecnológicos (informáticos) del desarrollo de Cursos realizados por Computador, denominados por los anglosajones con el epígrafe *Courseware*.

En [1], [2] y [20] se puede encontrar un buen estudio genérico sobre todos los aspectos relacionados con la aplicación de la informática a la enseñanza.

1.1 La Enseñanza Asistida por Computador (EAC).

Existen muchas formas de utilización de la informática para ayudar directamente en el aprendizaje. Todas ellas se identifican genéricamente bajo la denominación de *Enseñanza Asistida por Computador* (EAC), equivalente al término inglés *Computer Assisted Instruction* (CAI).

Tradicionalmente se ha criticado a la EAC por intentar contribuir en una actividad tan compleja como la enseñanza, sin conocer con suficiente precisión las leyes del aprendizaje. Pero esta crítica es incorrecta, ya que el mismo planteamiento se puede aplicar a la figura del profesor [1], que enseña pero no sabe realmente el mecanismo por el cual aprenden sus alumnos. Por tanto, no es necesario conocer en profundidad dichos mecanismos de aprendizaje, para elaborar y experimentar nuevos métodos y técnicas de enseñanza.

Hasta la década de los 70, con la irrupción del microprocesador, y especialmente hasta el comienzo de los 80, con la socialización de la informática gracias al surgimiento y amplísima difusión del computador personal (PC); el excesivo coste del hardware (las máquinas y periféricos) fue un revulsivo muy fuerte que limitó considerablemente el desarrollo de la EAC.

En la actualidad, la relación prestaciones/costes de los PC's y de sus periféricos ha mejorado tremendamente, haciéndolos muy asequibles; por lo que esta tecnología está teniendo una difusión muy importante en el mundo educativo, en todos los niveles de la enseñanza. Los costes y dificultad de desarrollo del software educativo también se han reducido considerablemente contribuyendo a mejorar todavía más las perspectivas que esta situación nos ofrece.

1.2 Tipos de Software Educativo.

Conforme se fue extendiendo la utilización de los computadores en la enseñanza, se fueron diversificando las formas de uso, así como el grado de servicio (prestaciones) de estas técnicas al desarrollo de fines educativos. A continuación presentamos un breve repaso por todos estos tipos de software educativo:

- En primer lugar, la informática puede ser una ayuda al profesor en la propia gestión y administración del proceso educativo, aunque en este caso no podemos hablar realmente de EAC. Los sistemas para corrección automática de pruebas o exámenes (por ejemplo, utilizando lectoras de marcas ópticas) conocidos como *Pruebas Basadas en Computador* (PBC) (En inglés Computer Based Testing [CBT]) son ejemplos muy conocidos de esta clase de software.
- Uno de los tipos de software educativo más empleado son los *Tutoriales*, llamados así porque «sustituyen» el tutor. En estos sistemas, el alumno visualiza el material de enseñanza e interviene directamente a través de un terminal interactivo. Con estos sistemas se permite una enseñanza adaptada progresivamente a las características individuales de cada alumno. Además de presentar el material a aprender y controlar el aprendizaje, los tutores pueden realizar funciones de diagnóstico continua y prescripción para avanzar. Los tutoriales están siendo muy utilizados en la enseñanza de la propia informática (ver figura 1).

```

  Archivo Búsqueda                               MS-DOD Ayuda: CHDIR - Ejemplos -----+
  |-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  | Imprimir... |-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  |-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  | Salir       |-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  |-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
  |                               CHDIR - Ejemplos
  |
  | Cualquiera de los comandos siguientes cambiará su directorio actual al directorio llamado PRUEBA:
  |
  |     chdir \prueba
  |     cd \prueba
  |
  | Supongamos que tenga un directorio llamado ESPECIAL con un subdirectorio llamado PRUEBA.
  | Para cambiar el directorio actual a \ESPECIAL\PRUEBA, escriba el siguiente comando:
  |
  |     cd \especial\prueba
  |
  | O si el directorio actual es \ESPECIAL, podrá usar el siguiente comando para cambiar al
  | directorio \ESPECIAL\PRUEBA:
  |
  |     cd prueba
  |
  | FI=Ayuda| Imprime el Texto especificado                               | B 00001:002
  
```

Figura 1. Ejemplo de tutorial para el aprendizaje del sistema operativo MS-DOS.

- Otra posibilidad de empleo de la informática en la educación es la creación de programas para la *realización de ejercicios* o problemas, en los cuales el sistema propone al alumno un ejercicio y espera su respuesta. El aprendizaje se basa en la repetición y práctica de conceptos a través de los ejercicios. En la figura 2 se muestra un ejemplo de diálogo con un *sistema experto* con reglas de derivación y transformación algebraicas.

LRI-Aprender a Derivar

Ejercicio: derivar $\frac{(x^2 - 1) * (x+5)}{(x-1)}$

> Utilizó la regla de la división
 En este caso es mejor la simplificación
 > $(x+1)*(x+5)$
 Si, muy bien. Continua
 > $2x+6$
 Bien, es la solución correcta
 ¿Qué método has usado?
 > la regla del producto
 Correcto

Figura 2. Ejemplo de resolución de ejercicios con sistema experto para derivación.

- El software de *Adiestramiento* hace que el alumno se involucre en una actividad (juego) que le sirve para estimular cierto aprendizaje. El sistema informático «observa» las acciones del alumno y le hace críticas y sugerencias que le ayudan a aumentar el aprendizaje. Ejemplo de este tipo fue el *Chemical Element Game*, juego de adivinación utilizado para el aprendizaje de las propiedades de los elementos químicos (figura 3).

| CHEMICAL ELEMENT GAMA | |
|--|--------|
| Preguntas/Respuestas | Puntos |
| Adivinar: Metal blanco plateado | 200 |
| a> 11 ¿color de la llama? | |
| r> sin color significativo | 198 |
| a> 9 ¿acción del calor sobre el nitrato? | |
| r> se descompone dando O2 y n02 | 185 |
| a> 7 ¿reacción del elemento con Naoh? | |
| r> fácilmente dando Hidrógeno | 159 |
| a> O ¿Zn? | |
| r> Correcto. Puntuación final = 159 | |

Figura 3. Ejemplo de juego de adivinación

- Otro de los tipos de software educativo más importantes son los sistemas de *Simulación*. A través de ellos, se presenta artificialmente un sistema real (algunas veces simplificado) para que el estudiante experimente con él. Es conveniente el empleo de sistemas de simulación cuando no se puede tener acceso a la experiencia real por razones de peligrosidad o costes. Este tipo de software tiene una importancia que desborda el ámbito de la educación clásica, siendo utilizado en muchas situaciones de enseñanza avanzada muy específica: pilotos de aviación, astronautas, etc.

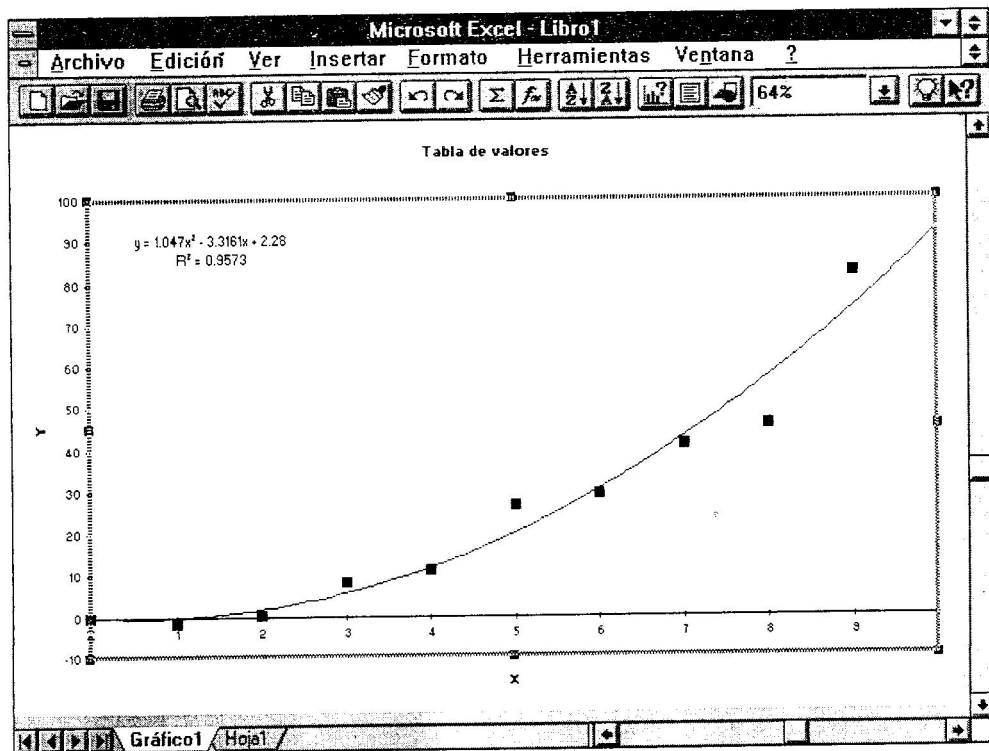


Figura 4. Utilización de una Hoja de Cálculo para explicar el concepto de ajuste polinómico.

- Por último, y aunque no suele tener en cuenta, queremos destacar el potencial didáctico de ciertos productos software no diseñados para tal fin. Por ejemplo, los lenguajes de programación pueden emplearse con excelentes resultados pedagógicos para la expresión precisa de ideas y en la resolución de problemas; habiéndose llegado a diseñar lenguajes especiales con fines pedagógicos (LOGO). Estas posibilidades de aplicación educativas se extienden a muchos otros tipos de programas: tratamientos de texto, bases de datos, hojas de cálculo (ver figura 4), herramientas de diseño gráfico, paquetes estadísticos, etc. A todos ellos podemos encontrarle muy interesantes aplicaciones en el mundo de la enseñanza/

La mayoría de los cursos realizados por computador pertenecen al tipo de los tutoriales, aunque casi siempre incluyen características de los demás tipos; por ejemplo, incorporando ejercicios para su resolución por el alumno o incluyendo simulaciones simples.

2. Evolución Histórica

Realizaremos un recorrido histórico que nos permitirá tener una visión de conjunto del porqué de la situación actual y nos facilitará entender cómo los últimos avances tecnológicos pueden influir en la evolución futura de los cursos realizados por computador. Un repaso más pormenorizado de la evolución de la EAC en general se encuentra en [a], [14], [15] y [16].

a) Antecedentes históricos

Ya en la mitad de los años 50 se desarrollaron sistemas mecánicos o electromecánicos que permitían la presentación de programas¹ lineales basados en el principio de respuesta activa [3]. Según este principio, el alumno solamente aprende lo que el programa le obliga a hacer, por lo que el Curso se divide en «unidades de información» (páginas o pantallas), cada una de las cuales acaba con el planteamiento de una pregunta al alumno. El sistema no permite ramificaciones, y las unidades de información se presentan secuencialmente, teniendo que responder correctamente a cada pregunta para pasar a la siguiente unidad de información.

Las grandes limitaciones de estos sistemas se corrigieron en parte con la *programación ramificada*, la cual sí permite seguir diferentes «camino de información» según las respuestas de los usuarios. Esto supuso que las máquinas se complicasen bastante, llegándose en la primera mitad de los años 60 a desarrollar máquinas de propósito especial, concebidas para una tarea muy específica, por ejemplo, la formación de grabadores de tarjetas perforadas.

b) Los comienzos

La aparición de los computadores con sus posibilidades y flexibilidad de adaptación a cualquier tarea hicieron que ya a principios de la década de los 60 se convirtiesen en la base de los sistemas de enseñanza automatizada. En estos años, en Estados Unidos se comenzaron a utilizar los computadores como medio de impartir cursos tutoriales, de forma que los elementos de conocimiento y su secuencia de exposición se adaptasen a las diferencias individuales de los alumnos.

Así, en 1959 se desarrolla el «Computer Applications Laboratory» en la Universidad de Florida para enseñanza de la aritmética binaria; y en 1961 se realizaron los proyectos CLASS y PLATO que permitían al estudiante responder a preguntas de elección múltiple.

En Europa también comenzó en los mismos años el interés por el EAC. En España, en 1965 ya estaba desarrollándose en la Universidad Complutense de Madrid el primer proyecto de este tipo. Información más detallada sobre estos y algunos otros importantes proyectos desarrollados en esa época se puede encontrar en las referencias [3], [4], [5] y [6].

Estas primeras experiencias supusieron desde el punto de vista pedagógico la mecanización mediante computadores de los métodos de la «enseñanza programada»; dotándole de nuevos aspectos, como por ejemplo, la programación extrínseca (registro de todas las incidencias para revisión posterior del curso).

Fueron estos años 60 de nacimiento y de gran ilusión en las posibilidades de la informática aplicada al proceso de enseñanza. Numerosos países comenzaron a interesarse por estos temas y se extendieron experiencias y proyectos de esta naturaleza.

c) *La crisis*

Alrededor del año 1970 se había extendido una sensación generalizada de fracaso. Los desarrollos y logros obtenidos no habían respondido a las expectativas despertadas. Realmente, no se puede hablar de fracaso, puesto que los objetivos de los proyectos concretos se cumplieron en gran parte de los casos y se produjo un desarrollo, que comparado con la situación de partida, fue muy importante y en algunos temas espectacular.

La situación a la que se llegó, y que se mantuvo durante los años 70 y comienzo de los 80, se define más correctamente con el término *estancamiento*. No es que no se produjesen avances, sino que su intensidad y cantidad fueron menores que en el período anterior, y sobre todo, el interés general sobre el tema decayó, especialmente entre los especialistas en informática.

El fenómeno tuvo sus causas en la falta de madurez del desarrollo tecnológico de la informática de dichos años. Los reducidos rendimientos y prestaciones de los computadores en comparación con su coste; así como el escaso desarrollo conceptual metodológico y de aplicación del software, limitaban las aplicaciones reales de la informática a poco más de que las clásicas tareas de mecanización de actividades repetitivas.

El estancamiento en el mundo de la EAC tuvo un gran paralelismo con el fenómeno similar ocurrido en otras áreas de aplicación de la informática, y muy especialmente, en la inteligencia artificial, la cual tiene problemas de naturaleza y complejidad muy similares a los de la EAC. Recordemos como ejemplo de dicho paralelismo las predicciones que algunos «expertos» de ambas materias hicieron a finales de los años 60: «antes de 20 años los computadores habrán sustituido a los profesores en el aula», «antes de 20 años los computadores entenderán y se comunicarán con nosotros utilizando el lenguaje natural». Podemos explicar estos desvíos entre la realidad posterior y las previsiones tecnológicas en que estas últimas estaban basadas mucho

más en deseos que en fundamentaciones científicas. El desconocimiento de los problemas que se empezaban a enfrentar era tan grande que ni siquiera se tenía una idea aproximada del gran nivel de complejidad que dichos problemas tienen.

d) *La madurez*

El lanzamiento comercial de los primeros computadores personales a comienzos de la década de los 80 supuso el inicio de una auténtica revolución tecnológica y social. La tecnología informática ha sufrido desde entonces un intenso proceso de socialización, es decir, de difusión y utilización en prácticamente todos los ámbitos de la actividad individual y comunitaria. Esta nueva situación ha permitido a la EAC pasar a una fase de madurez, en la cual se ha podido llevar a cabo, gracias a los bajos costes de la microinformática, la implantación real de los sistemas EAC en el mundo educativo, de forma que en la actualidad es difícil encontrar un centro de enseñanza público o privado que no disponga de sistemas informáticos para fines educativos.

Estas razones de índole económica se han visto complementadas por el espectacular desarrollo que han tenido en los últimos 15 años las tecnologías de los computadores y del software, posibilitando la creación de sistemas de EAC mucho más potentes y con nuevas posibilidades de aplicación. El cambio cuantitativo ha sido tan grande que ha supuesto también cambios cualitativos muy importantes, abriendo unas perspectivas de futuro que analizaremos en detalle con posterioridad. En la figura 5 se muestra un ejemplo de tutorial inteligente hipermedia para la enseñanza de geografía desarrollado por la Universidad de Virginia, realizado en un entorno gráfico de usuario, incluyendo simuladores (por ejemplo, para los movimientos migratorios), cuestionarios de preguntas tutorizadas, etc.

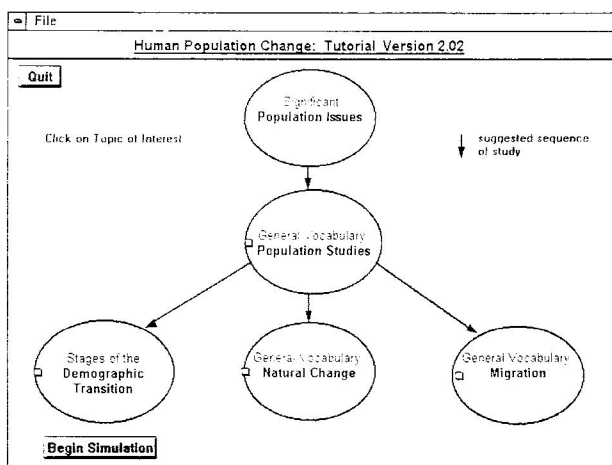


Figura 5. Proyecto de tutorial para enseñanza de geografía (Univ. de Virginia, 1995).

Otro aspecto muy importante que está influyendo en el despegue actual de la EAC es el cambio de actitud de los profesionales del mundo de la educación. En general, los enseñantes son reacios a sustituir métodos de enseñanza probados por otros nuevos poco conocidos y en los que, normalmente, no tienen suficiente experiencia. Los importantes cambios tecnológicos ya comentados y la extensión de una cierta «cultura informática» fuera del ámbito de los propios especialistas hace que la situación esté cambiando, de forma que hoy en día la mayoría de los maestros y profesores tienen interés en conocer las posibilidades de aplicación de la informática al proceso educativo. En [23] podemos encontrar un amplio estudio sobre esta nueva revitalización de la EAC.

3. La Producción de Software Educativo

En gran avance tecnológico que se está produciendo no debe conducirnos a una actitud de espera «a ver que pasa», esperando a que llegue la última novedad tecnológica, ya que este es un proceso sin retorno y sin final a la vista. Hoy en día, ya tenemos a nuestra disposición una gran cantidad de recursos para la elaboración de Cursos por Computador, que irán ampliando con el tiempo.

El problema más serio que nos encontramos, común a toda la EAC, es de tipo pedagógico. Los conocimientos sobre los mecanismos de aprendizaje no evolucionan al ritmo de la tecnología. No podemos saber cómo se debe enseñar si no resolvemos antes el problema de *el cómo y el porqué aprendemos*. Los estudios para conocer el efecto de la aplicación de cada nueva tecnología en el desarrollo psicológico de los individuos necesitan que dicha tecnología se difunda. Es labor de los informáticos poner esta tecnología al servicio del mundo de la educación, y tarea de otros especialistas analizar y valorar sus ventajas y/o desventajas.

Todos los estudios indican que en un futuro más o menos próximo, los computadores serán tan habituales, especialmente para los niños, como lo son hoy en día el lápiz y el papel; y los cursos realizados por computador serán un medio educativo muy utilizado. No debatiremos sobre sus pros y contras, sino que nos centraremos en analizar sus características actuales, su evolución en un futuro inmediato, y en concreto, sobre cómo conseguir que los propios educadores pueden generar Courseware evitando la barrera tecnológica existente todavía en la actualidad.

3.1 Fasise en el Desarrollo de Courseware

De manera similar a como ocurre con otros tipos de software, podemos distinguir tres etapas principales a la hora de desarrollar cursos por computador [2]:

* *Diseño*: Es la etapa más crítica. Normalmente se distinguen dentro de ella

entre el diseño pedagógico y el diseño informático. A su vez, el primero se subdivide en dos pasos: diseño pedagógico inicial (conceptual) y diseño pedagógico detallado. En esta etapa suelen trabajar equipos multidisciplinares con especialistas en la materia específica, en ciencias de la educación y en informática.

- * *Producción:* Es una etapa puramente informática, consiste en el desarrollo del software. Incluirá todas las etapas propias de la metodología informática utilizada.
- * *Evaluación y Perfeccionamiento:* Como todo producto elaborado, se necesita una etapa de evaluación, que en este caso se refiere a los aspectos pedagógicos, ya que la evaluación informática se hace en la etapa anterior. Algunos autores distinguen entre la evaluación formativa (pruebas con muestras de alumnos mientras se desarrolla) y la sumativa (realizada con posterioridad para conocer sus efectos en el aprendizaje).

3.2 Concepto de Autor

En el ámbito de los libros de texto, sólo un número pequeño de profesores-autores escriben estos libros que posteriormente son utilizados por numerosos profesores-utilizadores. De igual forma, en el ámbito de la EAC se utiliza el concepto de *Autor*: desarrollador de software educativo para el uso posterior por otras personas. Ahora bien, la tecnología informática permite unas nuevas posibilidades que rompen la concepción excesivamente rígida del material educativo clásico. Se debe posibilitar que cada profesor pueda contribuir construyendo él sus propias ampliaciones o modificaciones. Para esto se hace necesario que la tecnología de desarrollo de software educativo sea «amigable».

3.3 Lenguajes de Autor

Clásicamente, el software educativo se ha desarrollado con las mismas herramientas que los otros tipos de software: los lenguajes de programación (FORTRAN, BASIC, PASCAL, etc.). Esto exige un conocimiento profundo del lenguaje utilizado así como de programación informática en general; por lo que casi siempre se ha ocurrido a la formación de equipos multidisciplinares entre informáticos y profesores. En cualquier caso, el desarrollo de software educativo de esta forma es costoso en tiempo y recursos, y conduce a productos cerrados o muy poco flexibles.

Para tratar de solucionar estos inconvenientes, surgen los *lenguajes de autor*, que son lenguajes de programación de propósito específico, concebidos para el desarrollo de aplicaciones con fines pedagógicos [6]. Estos lenguajes, por ejemplo el PILOT, facilitan instrucciones para tareas concretas que con

otros lenguajes requerirían un número mucho mayor de instrucciones; pero no evitan la programación y son casi tan complejos como los lenguajes de programación genéricos.

En la práctica, el tiempo de aprendizaje y dificultades técnicas para su dominio por los enseñantes no han sido significativamente mejores, y los problemas de fondo han seguido existiendo.

3.4 Sistemas de Autor

Los Sistemas de Autor se diseñan para facilitar que el profesor-autor pueda crear software educativo sin necesidad de programar en el sentido clásico del término, es decir, no debe aprender ningún lenguaje específico para codificar instrucciones al computador; aunque por supuesto, al computador se le deben dar las órdenes de cómo actuar. En este caso, el autor especifica los contenidos que quiere enseñar y la estrategia de control del aprendizaje (acciones a realizar según la respuesta del alumno). El sistema genera automáticamente el software con el curso indicado por el profesor. Por tanto, un sistema de autor es una herramienta que *ayuda al autor a crear software educativo sin tener conocimiento informáticos*.

Los sistemas de autor suponen algunas ventajas adicionales:

- * reducen el tiempo de desarrollo informático, aunque no en la fase de diseño pedagógico que es previa a la informatización.
- * Facilitan la transportabilidad, es decir, el sistema puede generar ejecutables para diferentes entornos informáticos (sistemas operativos).

Los primeros sistemas de autor surgieron en los años 70 [7], pero los más elaborados y de mejores características se han desarrollado en la siguiente década. En España es conocido el sistema SIETE, desarrollado por el Departamento de Informática y Automática de la Universidad Complutense, [8] y [9]. En general, el esquema de funcionamiento de un sistema de autor es el mostrado en la figura siguiente:

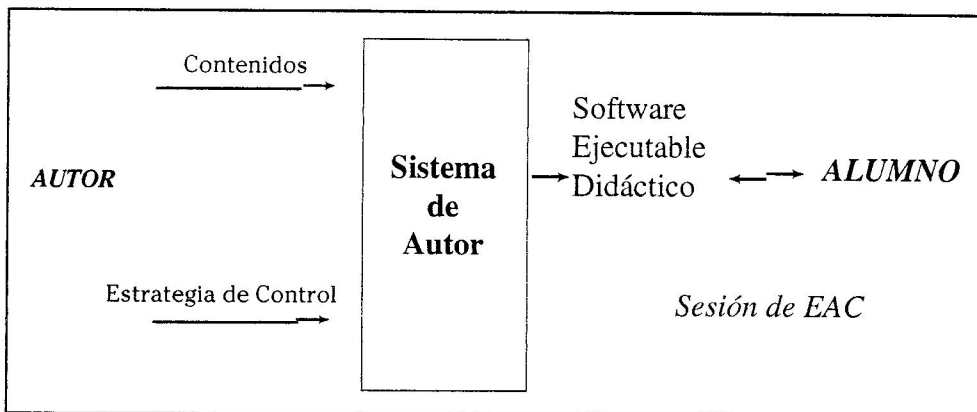


Figura 6. Esquema de funcionamiento de un Sistema de Autor.

Las funciones de los sistemas de autor las podemos agrupar en cuatro niveles [1]:

- *Creación de los contenidos del curso*: para ello el sistema necesita de editores de texto, de gráficos, gestores de información audiovisual, etc.
- *Definición de las unidades didácticas*: no permite agrupar los contenidos en unidades informativas (didácticas), indicando el orden de presentación, bifurcaciones o saltos en función de opciones elegidas o respuestas dadas por el usuario, etc.
- *Gestión de los cursos*: permite definir opciones que afectan al contenido completo de un curso: estrategias educativas (modo tutorial, simulación, ejercicios, etc.), posibilidad de vuelta atrás, intentos para acertar las respuestas correctas, etc.
- *Configuración del entorno de autor*: permite adaptar el sistema a las necesidades de un cierto entorno, por ejemplo, señalando la forma de mostrar ayudas.

Hasta ahora los sistemas de autor existentes se han orientado fundamentalmente hacia la creación de software educativo de tipo tutorial mostrando básicamente información textual. Esta situación está empezando a cambiar gracias a las nuevas posibilidades que nos ofrecen los últimos desarrollos tecnológicos en informática, tal como veremos posteriormente.

4. Perspectivas de futuro del Courseware

Tal como hemos introducido anteriormente, actualmente estamos en una fase en la que los últimos desarrollos tecnológicos ofrecen nuevas perspectivas y funcionalidades en el desarrollo de cursos por computador. A continuación realizamos un repaso de todos estos cambios tecnológicos y su repercusión sobre la EAC, y en concreto sobre la realización de Courseware.

4.1 Hardware más potente y evolucionado

En primer lugar, la potencia y prestaciones de los computadores sigue cada año en aumento, mientras que los precios se reducen. La última generación de *microprocesadores* para PC's (pentum, power-pc,...) tiene unas características y una potencia impensables hace tan sólo unos pocos años. La potencia de la UCP (unidad central de proceso) es fundamental para soportar las grandes demandas de cálculo y procesamiento de datos que las nuevas aplicaciones demandan.

Por otro lado, los *dispositivos de almacenamientos* (memorias, discos magnéticos) han multiplicado considerablemente sus capacidades y reducido los costes en proporción inversa. Además, han surgido nuevos soportes para almacenar la información: CD-ROM's [37], videodiscos, etc. Con estos dispositivos se pueden guardar grandes cantidades de imágenes, gráficos, vídeo y sonido (que necesitan mucha más capacidad que la información de tipo textual o numérica).

Los usuarios comprobarán en pocos años que las formas de interactuar con los computadores se diversifican y simplifican por la disponibilidad de *nuevos periféricos de entrada/salida*. Ya existen en el mercado o están en fase de investigación sistemas para:

- * *Reconocimiento y Sintetización de voz*; que nos permiten comunicar con los computadores verbalmente.
- * *Reconocimiento óptico de textos manuscritos*; que nos evita tener que escribir con el teclado la información que queremos introducir al sistema informático.
- * *Integración de sensores táctiles, visuales, etc.*; que nos permiten empezar a recibir información desde el computador directamente por nuestros sentidos. El ejemplo paradigmático de estos nuevos dispositivos son los sistemas de *Realidad Virtual* [36], que tienen un potencial grandísimo en el mundo de la educación: Imaginemos las posibilidades de que un alumno residente en un pequeño pueblo pueda «realizar una inmersión virtual» dentro de una catedral gótica, con prácticamente las mismas sensaciones que si estuviese físicamente en ella.
- * *Integraciones de sistemas autidovisuales con el computador*; que nos permiten capturar y utilizar mediante el computador secuencias de audio (música, voz, ...), vídeo, etc.

4.2 Inteligencia Artificial

En un futuro más o menos inmediato se prevé un cambio sustancial de la filosofía de los actuales sistemas de EAC, debido a la utilización masiva de *sistemas expertos* y otras técnicas de inteligencia artificial [25]. Un sistema experto es un sistema informático diseñado para resolver problemas en algún área muy específica del saber, teniendo una competencia similar a la de un experto humano en dicha materia [10].

Con este cambio, los sistemas de EAC no son simple instrumento que enseña pasivamente cualquier materia, sino que tiene auténticos conocimientos de la materia que se está enseñando. Como consecuencia de ello, estos sistemas podrán enseñar a pensar a los alumnos, mostrándoles los pasos que deben seguir en los razonamientos. También podrán responder a las preguntas planteadas por los estudiantes.

Los sistemas expertos incorporan una base de conocimientos sobre la materia de estudio. Por tanto, los sistemas de autor que utilizan ésta tecnología debe disponer de herramientas que faciliten la construcción de bases de conocimiento.

El software educativo que necesita interactuar con el alumno tiene hoy en día el problema todavía sin resolver del *lenguaje natural* [24]. La complejidad de este problema se debe a la dificultad de la representación y adquisición del conocimiento [17] [26], de forma similar a como ocurre con los sistemas expertos.

Por estas causas, el enfoque conductista de la EAC tradicional se debe sustituir por el uso del *paradigma cognitivo*, cuyo objetivo es una descripción cualitativa de los procesos involucrados en la conducta cognitiva del individuo. En [2] podemos encontrar un estudio sobre la aplicación de la inteligencia artificial a la EAC y, en concreto, un análisis del paradigma cognitivo, los tutoriales inteligentes, la representación del conocimiento y el aprendizaje de máquina.

Donde más aplicadas han encontrado todas estas técnicas es en el campo de los llamados *Sistemas Tutoriales Inteligentes* (STI); [18] y [21]. Los componentes de un STI se corresponden aproximadamente con las diferentes clases de conocimiento necesarias para impartir una lección:

- *Sistema experto*, que incluye la base de conocimientos sobre la materia y el mecanismo de inferencia. Contiene la representación del conocimiento sobre el dominio objeto de enseñanza.
- *Modelo de estudiante*, que representa lo que sabe el estudiante (desde el punto de vista del tutor).
- *Módulo pedagógico o autor*, que contiene las estrategias pedagógicas, tanto generales como particulares sobre la materia de estudio en cuestión.
- *Interfaz de comunicación con el usuario*, que se diferencia con los tutoriales clásicos en que se intenta aproximar al lenguaje natural.

4.3 Multimedia

Se define el multimedia como la utilización en el computador de múltiples tipos de información (media) [38], entre los cuales, además de los clásicos (texto, números, gráficos), están el vídeo, el sonido, las secuencias de animación, la fotografía, etc. En la figura 7 se muestra un ejemplo de software multimedia con texto, fotografías, vídeo y audio.

El multimedia es hoy en día una realidad perfectamente asentada en el mercado, aunque bien es cierto que desde hace muy pocos años. Las causas que han contribuido al auge del multimedia ya las hemos comentado en parte. En primer lugar, la disponibilidad de PC's lo suficientemente potentes, y de los periféricos multimedia a bajo coste: micrófonos, tarjetas de sonido, tarjetas de vídeo, CR-ROM's, altavoces, etc. En segundo lugar, el desarrollo de los *entornos gráficos de usuario* (Windows, Mac) que permite utilizar y procesar de forma mucho más sencilla la información multimedia. Dentro de estos entornos han surgido un número importante de herramientas de desarrollo para trabajar con multimedia, las cuales podemos englobar en la mayoría de los casos como sistema de autor multimedia. Estas herramientas facilitan bastante a los profesores-autores la construcción de software educativo multimedia incorporando habitualmente editores de los distintos «medias» de información, así como posibilidades de animación simples.

Dada la madurez a la que ha llegado esta tecnología, existe numerosa bibliografía sobre ella. La mayoría de las editoriales tienen uno o varios libros sobre el tema, tanto de carácter técnico [27], como con fines divulgativos [28].

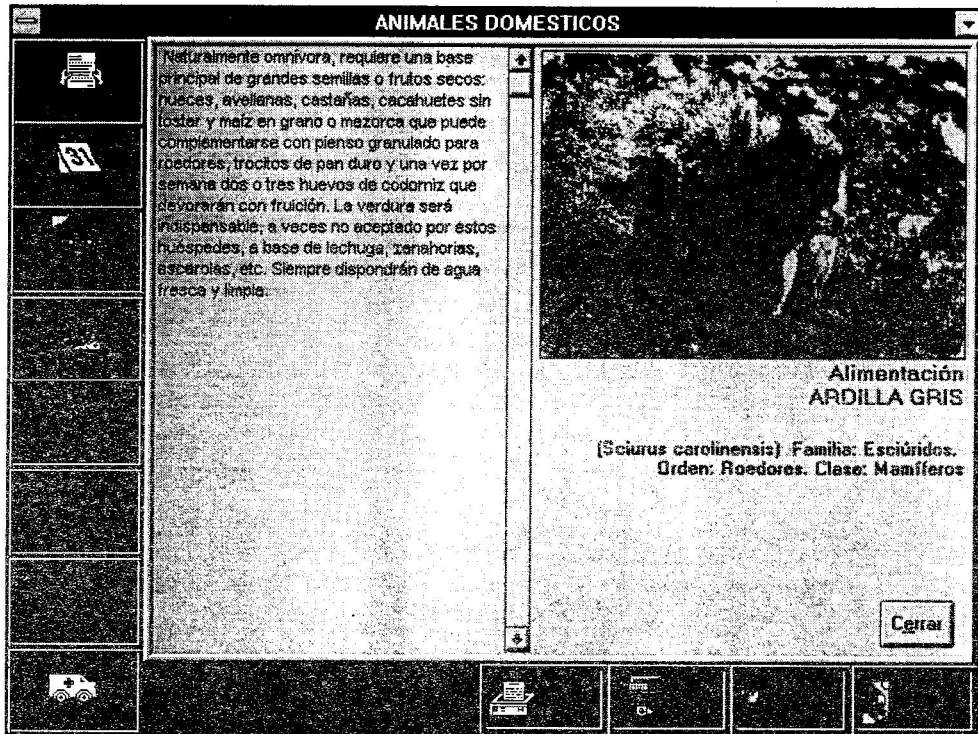


Figura 7. Ejemplo de aplicación multimedia en un entorno gráfico de usuario.

El empleo del multimedia facilita también la *interacción hombre-máquina* haciéndola más intuitiva y cómoda. En el caso del software educativo, esta interacción entre el computador y el alumno es un factor fundamental a tener en cuenta, ya que en el proceso de aprendizaje influyen también los aspectos psicológicos [29]. Se han realizado numerosos estudios sobre este tema, existiendo hoy en día diversos modelos teóricos sobre como debe ser dicha interacción [30], y también sobre cómo añadirle inteligencia (*interfaces multimedia inteligentes*) [31].

El ámbito del multimedia se sigue expandiendo en la actualidad. Las tecnologías CDTC, CD-I, Sony Bookman y «Pen computing» son ejemplos de este espectacular avance. Es previsible que en un futuro inmediato se popularicen nuevos periféricos multimedia. Así mismo, todas las previsiones apuntan a una integración de los diversos sistemas de comunicación de información hoy existentes (redes de datos, teléfono, televisión, fax, ...). Esta integración se producirá en dos aspectos en paralelo: máquinas que integran todas estas funcionalidades y nuevas redes de transmisión capaces de enviar todos estos tipos de información por los mismo canales físicos (Red Digital de Servicios Integrados). La evolución del multimedia se va a ver fuertemente influenciada por estas situaciones.

4.4 Hipermedia

Se tiende a confundir los términos hipertexto e hipermedia, aun cuando no son equivalente. El concepto *hipertexto* significa escritura (texto) no secuencial, [22] y [19]. Un hipertexto es una colección de trozos de texto que están entrelazados entre sí de forma no secuencial, es decir, desde uno de ellos se puede «saltar» a otros, sin tener que respetar un orden secuencial clásico de siguiente y anterior. En los documentos escritos, las notas a pie de página son información no secuencial, semejante al hipertexto. La utilización del hipertexto en los cursos por computador es ya habitual. Ejemplo paradigmático son los sistemas de ayuda de muchos de los programas informáticos actuales. En la figura 8 se muestra un ejemplo de hipertexto de ayuda de un conocido software para PC's.

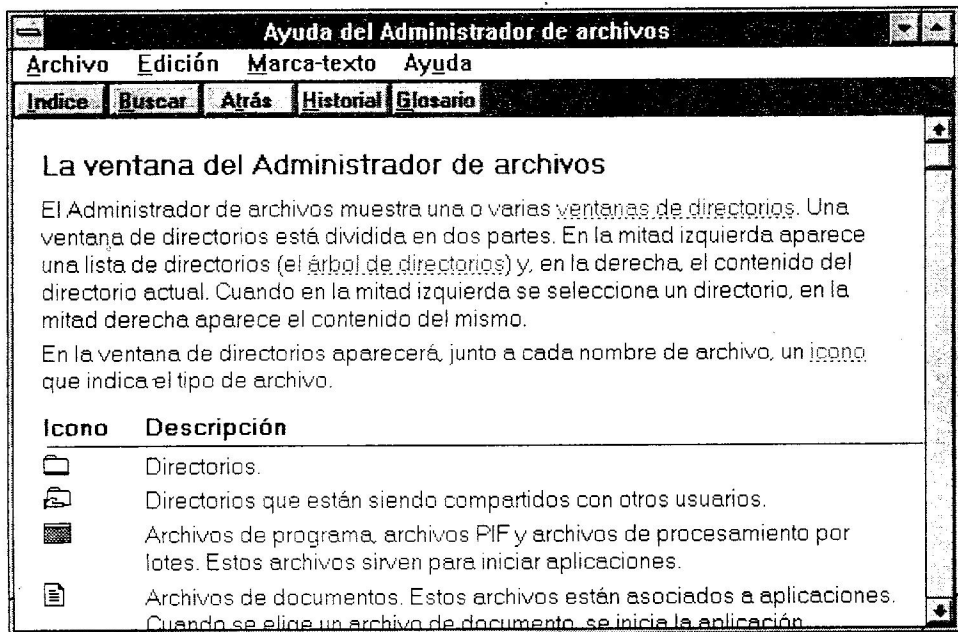


Figura 8. Ejemplo de Hipertexto utilizado en la ayuda en línea de un conocido software.

En los sistemas hipertexto, el usuario se le informa de los «enlaces» (links) desde el texto que está visualizando hacia otras porciones de texto remarcando las palabras significativas (subrayado, vídeo inverso, botones, etc.). La gran ventaja pedagógica de esta técnica es que cada individuo puede «navegar» por el hipertexto según su nivel, necesidades o intereses, por lo que se facilita la enseñanza adaptativa.

En [11], [12] y [32] se realiza un estudio genérico de los conceptos y la tecnología hipertexto e hipermedia. Esta tecnología es más reciente que el

multimedia por lo que está menos extendida. De hecho, hasta el año 1990 no se ha producido un modelo estándar de arquitectura interna para los sistemas hipermedia, conocido como Modelo de Dexter [39].

Todavía existen bastantes problemas a nivel de mercado para la distribución de productos hipermedia debidos a que las herramientas de desarrollo actuales (lenguajes, sistemas de autor) producen el material en sus propios formatos, produciendo situaciones de incompatibilidades. Esta situación es parecida a la que ocurrió con los sistemas de vídeo (2000, VHS y Betamax), aunque afortunadamente ya existen especificaciones reconocidas por los organismos internacionales de estandarización. Para tratar de solucionar el problema, en 1992, ISO (Organización Internacional de Estándares) aprobó la norma estándar para intercambio de información hipermedia, llamada *HyTime* (Hypermedia Time-based Structuring Language) [33], a la cual se están adaptando la mayoría de los sistemas de desarrollo hipermedia comerciales.

Algunas de las herramientas de desarrollo hipermedia más difundidas en el mercado son, entre otras, HyperCard, NoteCard, ToolBook, Intermedia, HM-Card. En la referencia [35] se encuentra una recopilación bibliográfica sobre este tema.

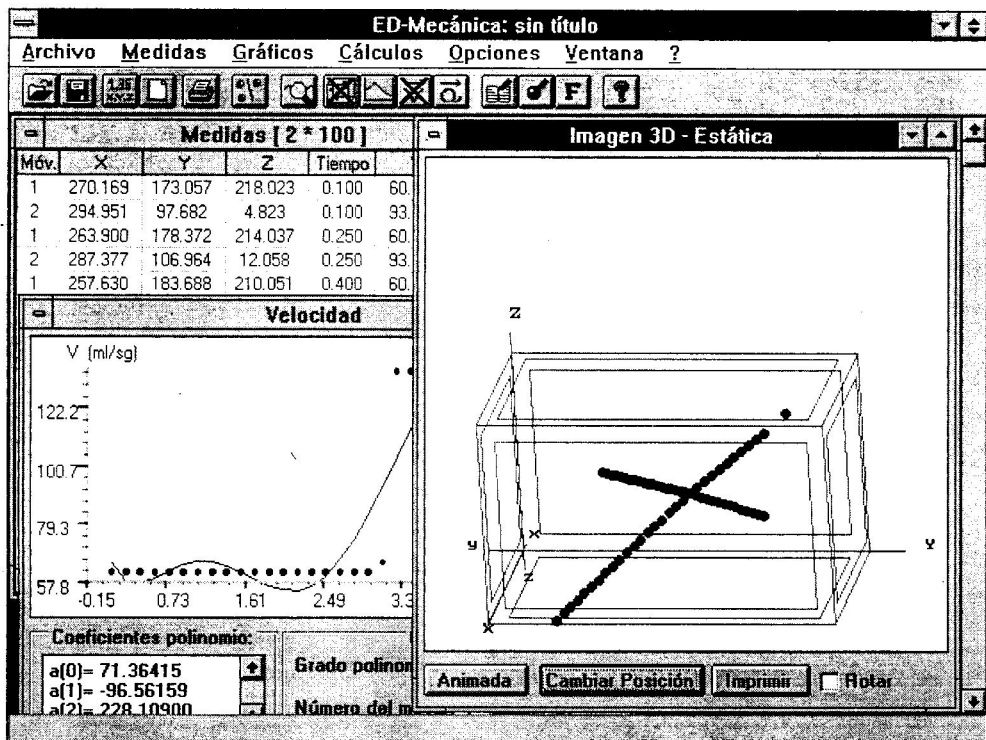


Figura 9. Ejemplo de software educativo desarrollado con un interfaz orientado a objetos.

4.5 Orientación a Objetos

Las metodologías de análisis, diseño y programación orientados a objetos permiten abordar el desarrollo de aplicaciones más complejas con menos costes. Uno de los aspectos donde mejor se pueden observar las ventajas de la orientación a objetos (OO) es el desarrollo de los interfaces de usuario de las aplicaciones. La combinación de los entornos gráficos de usuario, ya comentados, con la tecnología informática OO simplifica en gran medida el control de la interacción entre el usuario y la aplicación software, pudiendo obtenerse unos interfaces mucho más intuitivos y versátiles, con lo que se mejoran ostensiblemente las cualidades pedagógicas de los productos obtenidos. Un ejemplo de estas nuevas formas de interactuar los usuarios con el software se muestra en la figura 9.

El concepto de objeto se ha aplicado en informática en múltiples campos, muchos de los cuales tienen aplicación en el ámbito de la EAC. Cuando se trabaja con información multimedia o hipermedia, los modelos de datos de propósito general, utilizados clásicamente en informática, son inadecuados para gestionar de manera efectiva formas tan complejas de información. Estos modelos no proveen de tipos y estructuras de datos para el manejo eficiente de objetos hipermedia complejos, tales como documentos conteniendo componentes multimedia textuales, gráficos, sonoros y otros. Por estas razones, se han tenido que diseñar nuevos modelos de datos que permitan almacenar y estructurar la información multimedia e hipermedia. Los más novedosos y evolucionados son orientados a objetos, es decir, la base de datos está formada por una colección de objetos.

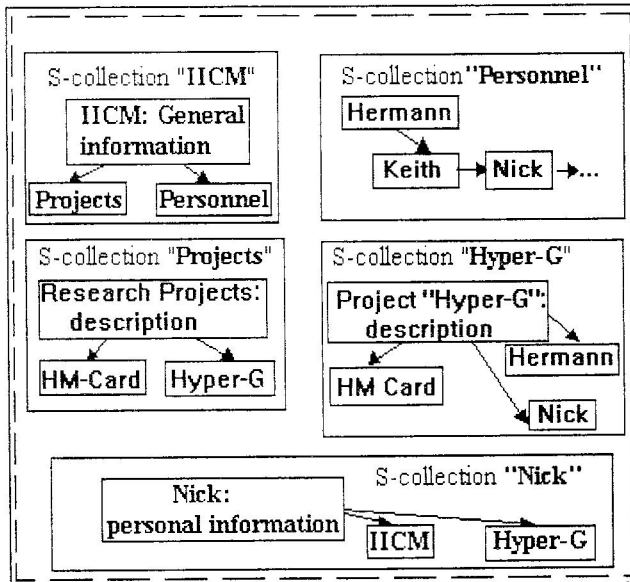


Figura 10. Ejemplo de estructura hipermedia con el HM Data Model.

Como ejemplo de modelo de datos hipermedia orientado a objetos podemos citar el *HM Data Model* [34] desarrollado por el IICM de la Universidad Tecnológica de Graz (Austria).

En el HM-Data Model, una base de datos hipermedia es una colección de objetos hipermedia complejos llamados colecciones. Cada colección tiene un identificador único (un nombre) y una cabecera (información que se visualiza al «entrar» a la colección. Existen nodos primitivos (sin estructura interna) o nodos con estructura interna formada por un conjunto de otras colecciones asociadas entre sí por ciertos enlaces hipermedias. Este tipo de estructura (mostrada en la figura 10) permite una gestión mucho más efectiva y sencilla del hiperespacio (un sistema hipermedia puede llegar a tener cantidades muy grandes de nodos de información y de enlaces entre ellos).

Además, con este modelo se facilita la modelización semántica (significado de los datos) respecto de otros modelos más clásicos y se aumentan las posibilidades de navegación del usuario, bien dentro de la red de enlaces de la estructura interna de la colección activa (la que está visualizando el usuario), o bien utilizando opciones de Zoom-In y Zoom-Out que permiten «entrar» o «salir» de forma ortogonal desde la colección activa hacia la estructura interna de otra colección perteneciente a su vez a la estructura interna de la anterior [41], tal como se muestra en la figura 11.

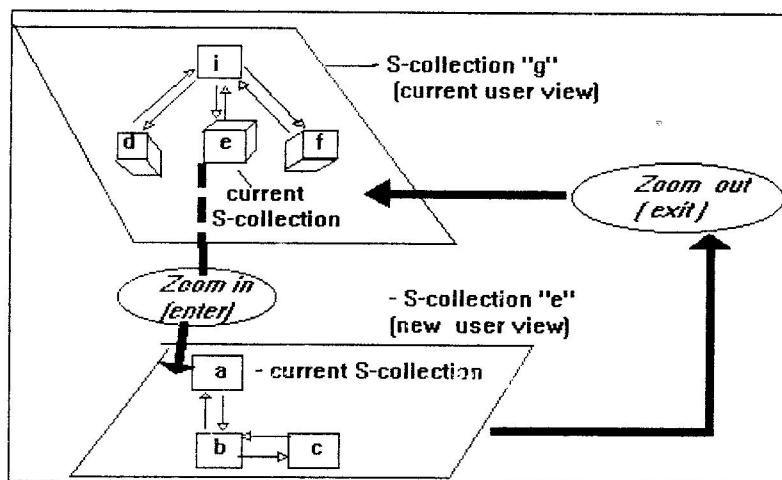


Figura 11. Navegación mediante operaciones de Zoom-In y Zoom-Out en HM Data Model.

La aplicación de un modelo de datos hipermedia orientado a objetos permite construir sistemas de autor que reúnen las ventajas ya comentadas del hipermedia y de la orientación a objetos. Desde el punto de vista de los profesores-autores el trabajo de diseño informático y desarrollo del material educativo se simplifica, ya que se trabaja con objetos hipermedia reusables. Esto significa que un objeto creado para un cierto fin (por ejemplo, el dibujo de

una pizarra desplegable para mostrar cierto texto o gráfico), puede utilizarse como componente de otros objetos más complejos tantas veces como se necesite, o puede volver a utilizarse modificándolo (editándolo) para crear otros objetos similares.

Como ejemplo de sistema de autor de la última generación, podemos citar a HM-Card, que es hipermedia con orientación a objetos, y está basado en el HM Data Model presentado anteriormente.

Este sistema consta de tres componentes principales:

- * *Editor*: para crear y modificar objetos multimedia (colecciones).
- * *Linker*: para combinar dichas colecciones en una estructura navegable computacionalmente según el HM Dana Model, formando la base de datos hipermedia.
- * *Executor*: para ejecutar (visualizar y consultar) las bases de datos hipermedias en modo interactivo o como demos automáticos.

Todas las tareas de edición de objetos y especificación de la estrategia de control realizan por medio de un interfaz gráfico de usuario amigable (íconos, menús, cajas de diálogo) utilizando técnicas de programación visual. Por tanto, el profesor-autor no tiene que codificar nada en ningún lenguaje informático. En la figura 12 se muestra una pantalla del Editor de objetos de HM-Card.

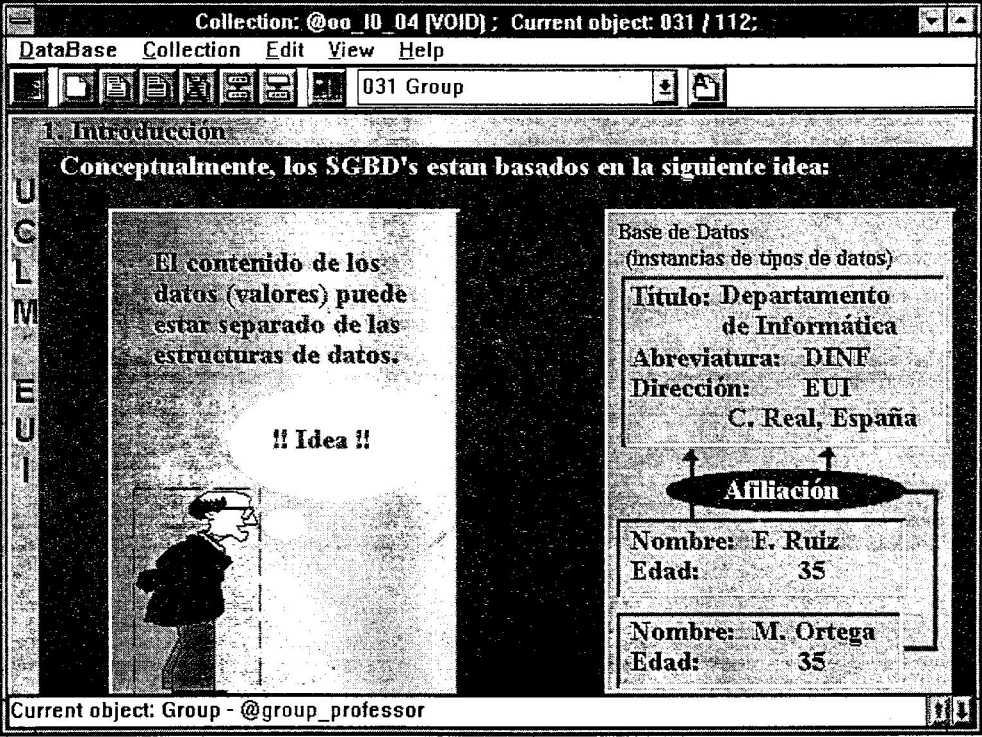


Figura 12. Editor de objetos en HM-Card.

4.6 Sistemas Distribuidos

En los medios años, las *redes de transmisión de datos* (erróneamente llamadas por los medios de comunicación «autopistas de la información») han tenido un auge considerable. Entre ellas, tiene un protagonista especial la red *Internet* [42] surgida en el ámbito universitario y que está teniendo un auténtico boom mundial, incluso en el mundo empresarial. Estas redes abren nuevas perspectivas de servicios de información a distancia, que tendrán una gran repercusión en el mundo de la educación. La mayoría de universidades, y muchas empresas, de los países desarrollados disponen ya de «entradas» en *Internet*, que les permiten ofrecer información a todo el mundo de una forma mucho más ágil, sencilla y económica que por los métodos tradicionales.

Entre los distintos servicios existentes en *Internet*, tiene especial interés para el tema que nos ocupa *World-Wide Web* (WWW) [43], un sistema de información hipertexto distribuido. Este servicio permite crear páginas de información multimedia, en las cuales cada enlace» hipertexto referencia a otra página que puede estar en un computador situado a miles de kilómetros. Para el usuario, el funcionamiento del sistema es transparente, en el sentido de que las acciones para acceder a otra página de nuestro mismo computador o de otro muy lejano son las mismas: una simple pulsación del botón del ratón. Con esta herramienta ya múltiples sistemas de información distribuidos, es decir, con la información almacenada en diferentes computadores separados físicamente, incluso en distintos continentes. En la figura 13 se muestra un ejemplo de un curso hipertexto sobre laboratorios de computación de la Universidad de Berkeley.

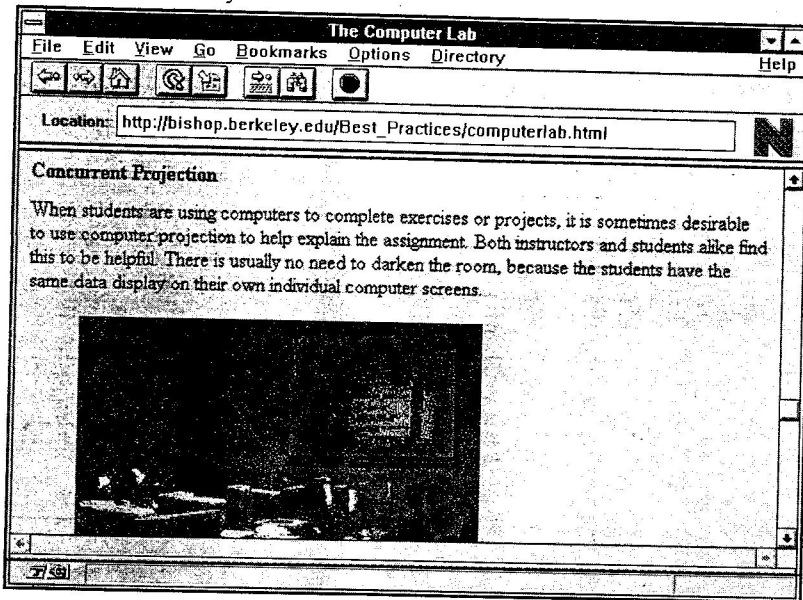


Figura 13. Ejemplo de Courseware Hipermedia distribuido en Internet mediante WWW.

La extensión de las redes de comunicación informática también permite que los sistemas de autor puedan aplicar la tecnología del *Groupware* (software para grupos de personas que trabajan en equipo). Con esto se facilita mucho la realización de material educativo de forma conjunta entre varios profesores-autores aunque estén físicamente separados. En este momento está siendo motivo de muchos proyectos de investigación-desarrollo la realización de *sistemas hipermedia cooperativos* [40] a través de Internet.

Ejemplo de estas técnicas es el proyecto Hyper-G [13] que incluye la capacidad de *Tutoría Cooperativa* necesaria sobre todo cuando se abordan grandes proyectos con estructuras hipermedias a gran escala que no pueden ser creadas por una única persona. Con Hyper-G se puede construir *courseware* hipermedia de forma cooperativa entre varios autores, utilizando la red Internet como soporte de comunicaciones (es compatible con WWW).

5. Conclusiones

La Enseñanza Asistida por Computador, y en particular, el desarrollo de *Courseware*, han pasado por diversas vicisitudes y altibajos hasta fechas muy recientes. Los grandes desarrollos que han tenido lugar en los últimos años en las tecnologías de la información (hardware, software, comunicaciones) han cambiado radicalmente el panorama. Las perspectivas que se les ofrecen a los enseñantes y estudiantes son mucho mejores que hace tan solo 10 años.

La aplicación de los nuevos avances en el hardware, multimedia, hipermedia, orientación a objetos, inteligencia artificial o redes de comunicaciones nos permiten disponer de *Sistemas de Autor* mucho más potentes, versátiles y funcionales. Con ellos los profesores-autores podrán elaborar de forma más rápida, cómoda y sencilla material educativo informático, que además podrá ser distribuido y consultado por las nuevas redes de comunicación.

Las posibilidades que se abren al mundo de la enseñanza son muy importantes y corresponde a los especialistas en ciencias de la educación su estudio y aplicación adecuados.

Todos estos nuevos avances tecnológicos que hemos comentado, tienen a solucionar el problema informático del desarrollo de cursos por computador. Pero detrás de todo ello, sigue existiendo el problema pedagógico. Los distintos métodos didácticos deben evolucionar y estudiarse en profundidad para que la EAC evolucione de forma equilibrada en sus dos bases, la tecnología y la educativa.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Antonio Vaquero; Carmen Fernández. *La Informática Aplicada a la Enseñanza*. EUEDEMA (Edic. de la Univ. Complutense), 1987.
- [2] Antonio Vaquero, Carmen Fernández, Alfredo Fernández-Valmayor. *Informática Educativa*. XIII Escuela de Verano de Informática de la AEIA, 1990.
- [3] J.A. Chambers, J.W. Sprecher. *Computer-Assited Instruction. Its Use in the Classroom*. Ed. Prentice-Hall, 1983.
- [4] P. Coburn et al. *Practical Guide to Computers in Education*. 'Addison-Wesley, 1982.
- [5] S. Papert. *Desafío a la mente. Computadoras y Educación*. Ed. Galápagos, Argentina 1982.
- [6] A. Book. *Computers and Information Technology as a Learning Aid*. Education & Computing, vol. 1, 1985.
- [7] G. Kearsley. *Authoring Systems in computer Based Education* Communications of the ACM, vol. 25, nº 7, julio 1982.
- [8] A. Vaquero, C. Fernández, J.M. Sánchez y J.M. Troya. *SIETE: Sistema Informatizado en Español para el desarrollo de Temas de Enseñanza*. Rev. de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1987.
- [9] A. Vaquero, J.M. Sánchez, C. Fernández y J.M. Troya. *A Methodology for Automatic Generation of Courseware*. Computer Aided Design and Applications, Publ. IASTED, 1985.
- [10] Gregorio Fernández y Fernando Sáez Vacas. *Fundamentos de Informática*. Alianza Editorial, 1987.
- [11] E. Berk, J. Devlin (editores). *Hypertext/Hypermedia Handbook*. McGraw Hill Software Engineering Series, 1991.
- [12] J. Nielsen. *Hypertext and Hypermedia*. Academic Press, 1990.
- [13] H. Maurer, F. Kappe, N. Scherbakov, P. Srinivasan. *Conceptual Modeling in Hypermedia: Authoring of Large Hypermedia Databases*. Universidad de Graz, Austria, 1994.
- [14] A. Bork. *El ordenador de la Enseñanza*. Ed. Gustavo Gili, 1986.
- [15] A. Bork. *The History of Technology and Education (technical report)*. Educational Technonology Center. Universidad de California-Irvine, 1989.
- [16] D.M.Kurland, L.C. Kurlan. *Computers Applications in Education: A Historical Overview*. Ann. Rev. Computer Science, 2:317-358, 1987.
- [17] J.R. Anderson. *The Architecture of Cognition*. Harvard University Press, 1983.
- [18] H. Mandl, A. Lesgold (editores). *Learning Issues Intelligent Tutoring Systems*. Springer-Verlag, 1988.
- [19] J. Nielsen. *The Art of Navigating through Hypertext*. Communications of ACM, marzo 1990, vol. 33,3.
- [20] T.O'Shea, J. Self. *Enseñanza y Aprendizaje con Ordenadores*. Ed. Anaya Multimedia, 1985.
- [21] D. Sleeman, J.S. Brown. *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press, 1982.
- [22] J. Smith, S. Weiss. *An Overview of Hypertext*. Communications of ACM, julio 1988, vol. 31, 7.
- [23] T.A. Standish. *Revitalizing Education with Computers*. University of California-Irvine, 1988.
- [24] M.F. Verdejo. *Análisis del Lenguaje Natural*. Faculta de Informática, Univ. del País Vasco, 1984.
- [25] E. Wenger. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. Morgan JKaufman Pub., 1987.
- [26] Alfredo Fernández-Valmayor Crespo. *Diseño de una Base de Conocimientos Dinámica y su Aplicación en un Entorno Educativo*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1990.
- [27] J.L. Encarnacao, J.D. Foley (editores). *Multimedia: system Architectrures and Applications*. Springer-Verlag, 1994.
- [28] Tay Vaughan. *Todo el poder de Multimedia*. McGraw-Hill, 1995.
- [29] S.K. Card, T.P. Moran y A. Newell. *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Ass., 1983.

- [30] J. Preece, L. Keller (editores). *Human-Computer Interaction: Selected Readings*. Prentice-Hall, 1990.
- [31] Michael Wilson. *Building Intelligent Multimedia Interfaces*. BCS Multimedia Systems and Applications Conference, Diciembre 1993.
- [32] R. Cotton y R. Oliver. *Understanding Hypermedia*. Phaidon Press, 1993.
- [33] ISO/TEC JTC1/Sc 18/WG8, Information Technology. *Hypermedia/Times-based Structuring Language (HyTime)*. ISO/TEC D18 10744.1.1, 1992.
- [34] H. Maurer, N. Scherbakov, P. Sprinivasan. *A New Hypermedia Data Model*. Proceedings of DEXA'93, pgs. 685-696, Springer 1993.
- [35] H. Maurer, I. Tomek. *Hypermedia Bibliography*. Journal of MCA 14,2(1991), 161-216.
- [36] L. Casey Larjani. *Realidad Virtual*. McGraw-Hill, 1995.
- [37] Steve Lambert, Suzanne Ropiequet. *CD-ROM: el nuevo papiro*. Anaya Multimedia, 1987.
- [38] Tony Feldman. *Multimedia. Blueprint*, 1994.
- [39] Frank Halasz, Mayer Schwartz. *The Dexter Hypertext Reference Model*. Communications of ACM, febrero 1994, vol. 37, 2.
- [40] Kay Gronbaek, Jens A. Hem, Ole. Madsen, Lennert Sloth. *Cooperative Hypermedia Systems: A Dexter-Based Architecture*. Communications of ACM, febrero 1994, vol. 37, 2.
- [41] H. Maurer, F. Kappe, N. Scherbakov, P. Srinivasan. *Structured Browsing of Hypermedia Databases*. Proceedings of VCHCT'93 Viena, Springer 1993, pp. 685-696.
- [42] Harley Harun. *Internet. Manual de Referencia*. Osborne / McGraw-Hill, 1994.
- [43] T.J. Berners-Lee, R. Cailliau, J-F Groff, B. Pollermann, CERN. «World-Wide Web: The Information Universe» publicado en «Electronic Networking: Research, Applications and Policy», Vol. 2 n° 1, pp. 52-58 Spring 1992.
- [44] H. Maurer, K. Andrews, N. Scherbakov. *Embedding Courseware into the Internet: Problems and Solutions*. Universidad Tecnológica de Graz, Austria, 1995.

Algunos servidores de información sobre Hipermedia y Courseware en Internet:

<http://bishop.berkeley.edu/>
<http://www.yahoo.com/Computers/Multimedia?>
<http://www.w3.org/hypertext/>
<http://info.tu-graz.ac.at/>
<http://life.anu.edu.au/>
<http://viswiz.gmd.de/MultimediaInfo/>
<http://www.lawrence.ed/www/>
<http://info.cern.ch/hypertext>
<http://www.crl.com/>
<ftp://iicm.tu-graz.ac.at/pub/hmcard/>