

HERRAMIENTA MULTIMEDIA DE AYUDA EN LA IMPARTICIÓN DE UN LABORATORIO DE PROCESADORES DIGITALES DE SEÑAL (DSPs)

MULTIMEDIA TOOL TO IMPROVE A DIGITAL SIGNAL PROCESSORS (DSPs) LABORATORY LEARNING PROCESS"

FEDERICO JOSÉ BARRERO GARCÍA
 SERGIO GALLARDO VÁZQUEZ
 ANTONIO JAVIER LILLO MORENO
 SERGIO LUIS TORAL MARÍN
 UNIVERSIDAD DE SEVILLA(ESPAÑA)
sgallardo@gte.esi.us.es

RESUMEN.

El presente trabajo describe una aplicación multimedia realizada en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. La herramienta, un CD interactivo, se ha desarrollado con vistas a su empleo como laboratorio virtual y sistema de ayuda en la impartición de un laboratorio de Procesadores Digitales de Señal (DSPs). El uso de este CD agiliza el proceso de aprendizaje y/o entrenamiento de los estudiantes en la asignatura, fomentando la participación de los alumnos en el mismo. El material didáctico se emplea en la actualidad, con gran éxito, en las clases prácticas de la asignatura "Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales", de tercer curso de Ingeniero de Telecomunicación.

ABSTRACT.

This paper describes a multimedia application developed by the department of Electronic Engineering at the University of Sevilla. This tool, an interactive CD, has been developed as a virtual laboratory utility and as tutorial in a Digital Signal Processors laboratory. The CD employment improves the learning process of the students, and it foments the students' participation. The didactic material is currently and successfully used in the practical lessons of 3th course subject "Digital Electronic Systems", at the Telecommunication Engineer School.

PALABRAS CLAVE.

Multimedia, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Informática Educativa, Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación, Elaboración de Aplicaciones Informáticas, Realidad Virtual, Aplicaciones Interactivas.

KEYWORDS.

Multimedia, Technologies of the Information and the Communication, Computer Educational, New Technologies Applied to the Education, Elaboration of Computer Applications, Virtual Reality, Interactive Applications.

1. INTRODUCCIÓN.

La Universidad, a igual que la sociedad, está sufriendo una metamorfosis provocada por el ingente avance tecnológico que estamos experimentando. Los sistemas educativos se están viendo claramente influenciados por las NNTT (Nuevas tecnologías) en la enseñanza, lo que permite la introducción de recientes técnicas y medios docentes hasta ahora no imaginados.

La realidad educativa de los últimos años se ha visto afectada por la suma de dos fenómenos. De un lado, la introducción progresiva de nuevos medios informáticos, equipos, y recursos audiovisuales en las universidades de forma significativa. De hecho, hoy día prácticamente todas las facultades poseen un centro de cálculo o aula de informática donde los alumnos pueden acceder a ordenadores personales y a aplicaciones informáticas. Por otra parte, la mayoría de los sectores de la sociedad han sufrido cambios que han supuesto grandes avances en las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC). Existe, sin duda, una relación mutua entre estos dos fenómenos, ya que la aparición de estas nuevas tecnologías son las que han propiciado la introducción de éstas en los centros educativos, y concretamente en la universidad.

Las que han sido denominadas nuevas tecnologías, para diferenciarlas de las tradicionales, tienen cuatro pilares básicos que son: la informática, la electrónica, los medios audiovisuales/multimedia y las redes de comunicación. Estos conceptos interrelacionan entre sí, constituyendo un marco tecnológico que nos obliga a avanzar en los métodos pedagógicos actuales.

No obstante no debemos olvidar que antaño las NNTT ya se introdujeron en los centros educativos como un intento de mejora en la calidad de la enseñanza, mediante medios audiovisuales, proyecciones, televisión, etc. Sin embargo, los cambios que han supuesto las TIC en los organismos educativos han superado toda expectativa y han

supuesto una implantación masiva en un, relativamente, corto periodo de tiempo, afectando de raíz a los sistemas educativos, a sus modelos y al escenario en el que tenía lugar el proceso de aprendizaje y enseñanza.

Según Salinas (1997) las experiencias de enseñanza-aprendizaje a través de las telecomunicaciones ofrecen la posibilidad de desarrollar acciones de formación bajo una concepción de enseñanza flexible y pueden provocar los cambios que se mencionan a continuación:

- Cambios en las concepciones: la forma de funcionar el aula, la definición de los procesos didácticos, la identidad del docente, etc.
- Cambios en los recursos básicos: contenidos (materiales), infraestructuras (acceso a las redes, alumnos con conexión a Internet).
- Cambios en las prácticas de los docentes, de los estudiantes (transformar de "escuchadores pasivos" a gestores activos de su propio proyecto de autoformación).

De este modo, podemos afirmar que el profesorado debe adaptarse para cambiar su metodología y utilizar los nuevos recursos telemáticos y elementos multimedia que están presentes en la sociedad como herramientas de trabajo que nos lleven a aumentar la calidad de la enseñanza.

Este cambio implica una evolución en el papel tanto por parte del profesor como del alumno dentro de la clase, desapareciendo la idea clásica de profesores en sus atriles y alumnos en sus pupitres en la que el profesor era un simple transmisor de información y el alumno adquiriría un papel meramente pasivo.

De todo lo visto, podemos afirmar que se considera a las NNTT como útiles desde el punto de vista de la metodología docente por varios motivos: inducen un aprendizaje más activo sin que esta responsabilidad recaiga de forma absoluta sobre el docente, permiten que el alumno avance de forma individual en sus conocimientos sin someterse a horarios ni emplazamientos imprescindibles lo que responde a las posibilidades y necesidades de cada alumno, hacen el aprendizaje más participativo e interactivo, ofrecen un aprendizaje mayor en un menor tiempo, etc. En definitiva, podemos admitir la necesidad de su uso (especialmente de las herramientas multimedia, los diseños Web, la realidad virtual, etc.) y, por tanto, de realizar nuevas herramientas basadas en ellas como la presentada en el presente documento.

Además, y ahondando en lo anterior, en las Escuelas de Ingeniería de España se está produciendo un notable cambio en los planes de estudio, cambio al que no es ajena la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, que está afectando notablemente a la metodología docente. Este cambio se traduce en el mayor peso de las clases de tipo práctico en la búsqueda de fomentar el concepto aprender-realizando. El objetivo perseguido no es otro que simplificar la docencia de materias que son complicadas de impartir empleando el método de enseñanza tradicional.

La realización de la herramienta multimedia que se presenta en este documento se puede considerar como un primer paso en la renovación de los métodos pedagógicos actuales, asociados a la asignatura "Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales" obligatoria de tercer curso de Ingeniería de Telecomunicación, aprovechando las posibilidades que ofrece la multimedia. Se pretende introducir el sistema desarrollado en el método tradicional de enseñanza, como medio de integrar las clases teóricas y prácticas de la asignatura favoreciendo, además, que el alumno pase de ser un mero elemento pasivo en el proceso educativo a ser parte activa del mismo y facilitándose, además, la transición de la teoría a la práctica que debe realizar el alumno.

La metodología de enseñanza basada en el CD interactivo intenta, también, responder a la necesidad de representar, con la mayor fidelidad posible, la actividad llevada a cabo en el laboratorio: el sistema en sí se puede considerar como un laboratorio virtual de la asignatura, dado que permite extender en el tiempo, fuera del propio laboratorio de electrónica, la realización de las diferentes prácticas planteadas, con el beneficio que ello conlleva. En cualquier caso y a tal efecto, actualmente se están desarrollando nuevas herramientas basadas en lenguajes de modelado de la realidad (lenguajes de programación de realidad virtual) que se pueden implementar con aplicaciones Web y que no suponen ningún coste adicional al usuario, salvo el que supone el empleo de un navegador, por ejemplo Internet Explorer 5.0® o Netscape 4.5®.

Este CD interactivo forma parte de un conjunto de herramientas diseñadas con el objetivo de incrementar la calidad de la enseñanza, evaluada tanto a nivel de calificaciones como de capacidad resolutoria del alumnado frente a problemas prácticos relativos a sistemas procesadores de señal. Algunas de estas herramientas ya se encuentran desarrolladas, como es el caso de un simulador del procesador digital de señal, en adelante DSPs (Digital Signal Processor) o el propio CD multimedia que se presenta en el artículo, mientras que otras están aún en proceso de realización, como es el modelado 3D (en tres dimensiones) del laboratorio de prácticas y la realización de un laboratorio virtual accesible desde la Web.

1.1. TERMINOLOGÍA.

Con anterioridad al comienzo del desarrollo de los distintos puntos a tratar en el presente artículo, sería interesante aclarar la definición de algunos conceptos que trataremos aquí, como puede ser los conceptos de aplicación multimedia, interactividad y virtualidad.

Entendemos por aplicaciones multimedia todo aquello que emplea de forma conjunta y simultánea diversos medios,

como imágenes, sonidos y texto, en la transmisión de una información.

El término interactividad lo reservaremos para aquellos elementos en los que el espectador actúa y no toma un papel pasivo, sino que es él mismo el que marca la evolución.

Por último, hablaremos de realidad virtual como la representación fiel de la realidad propia, como una emulación de los aspectos fundamentales que ayuden a tomar un contacto cercano, superando en ocasiones a la propia realidad.

2. OBJETIVOS DE LA HERRAMIENTA.

El objeto de la herramienta desarrollada es el diseño e implementación de una aplicación multimedia que pueda emplearse en el desarrollo normal de las clases tanto teóricas como prácticas de la asignatura y que permita al alumnado avanzar en sus conocimientos, a la vez que estudiar o repasar conceptos teóricos relacionados con los temas estudiados. Esta herramienta multimedia se ha desarrollado en forma de CD interactivo, utilizando para ello un software de animación de la firma Macromedia® denominado Director® que se detallará a lo largo del presente trabajo.

Se pretende integrar conceptos teóricos junto con la propia descripción de las prácticas para que el CD sirva como tutorial interactivo en la impartición de las clases prácticas de la asignatura Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales, de la Titulación de Ingeniería Superior de Telecomunicación. La asignatura se centra en el estudio de una familia de DSPs, de altas prestaciones: la familia TMS320C3x de Texas Instruments®. El objetivo docente es el empleo de esta herramienta multimedia durante el desarrollo habitual de las clases prácticas, en especial al principio, como punto de partida previo al desarrollo real a realizar con el DSP en el laboratorio, durante el propio desarrollo de la práctica, como elemento de ayuda en el trabajo que se está realizando, y al final, para la comprensión y visión conjunta del trabajo realizado.

El CD interactivo desarrollado se basa en la visualización de películas y animaciones que permiten al alumno introducirse en los conceptos básicos necesarios para la realización de diferentes prácticas en las que emplea un sistema de desarrollo basado en un DSP de la familia TMS320C3x. Para ello se han seguido las siguientes pautas de diseño:

- Descripción de los conceptos fundamentales de la asignatura relativos a los procesadores digitales de señal, para facilitar al alumno el acceso a este tipo de información en el desarrollo de las prácticas.
- Contenido estructurado. La transmisión, desde el punto de vista docente, del mismo contenido puede tener distintos resultados en función del modo en que se estructura y el orden en que se distribuye la información, por lo que es muy importante prestar una especial atención a la estructuración del contenido del CD.
- Diagramas autoexplicativos y lenguaje gráfico frente a lenguaje escrito. Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la educación tradicional es el abuso del lenguaje escrito como herramienta docente y la ausencia de una explicación gráfica, a pesar de que está científicamente demostrado que el ser humano tiene una mayor capacidad de memoria visual. Esto nos lleva a optar por una representación visual y gráfica de los conceptos frente a una escrita, siempre y cuando esto sea posible. Se plantea la necesidad de presentar muchos y complejos conceptos de forma simple, lo que se ha solventado mediante la utilización de lo que podríamos denominar un "lenguaje gráfico", que nos permite disminuir notablemente la explicación en forma de texto (demasiado texto podría convertir la herramienta en algo tedioso). No se trata sólo de primar la información descrita de forma gráfica, sino también de ocultarla, dando siempre la posibilidad al alumno de acceder a ella siempre que la demande a través de la correspondiente opción en el CD interactivo.
- Material portable e interactivo. Se pretende desarrollar una herramienta asíncrona de enseñanza, que pueda ser utilizada por el alumno con total libertad geográfica y horaria, fuera de clase y al ritmo lectivo que se desee. Se busca una herramienta práctica en la cual el alumno no sea mero receptor de una información establecida previamente, sino que sea partícipe de la propia película: qué se transmite, cómo se realiza la transferencia de la información y cuando.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CD INTERACTIVO.

El CD interactivo se estructura en nueve unidades temáticas, de tipo teórico y práctico, necesarias para la realización de cuatro trabajos reales orientados a introducir al alumno en la metodología de programación y las aplicaciones típicas de un procesador digital de señal de altas prestaciones, el TMS320C3x.

Cada uno de los trabajos que se presentan en el CD interactivo se ha desarrollado para facilitar al alumno el proceso de autoaprendizaje. De este modo, se incluye una descripción teórica e ilustrativa del proceso a realizar y se presenta parte del código en lenguaje ensamblador que servirá como base para completar los objetivos de cada trabajo.

Los conceptos teóricos se explican con detenimiento, empleando el entorno gráfico del CD y siguiendo la premisa de que el aprendizaje debe lograrse al mismo tiempo que se realizan los programas. Además, la herramienta permite al alumno autoevaluarse de forma continua, para que éste sea consciente del grado de asimilación de conocimientos que ha conseguido, lo que supone un valor añadido a la interactividad buscada.

El contenido asociado al CD interactivo es el siguiente:

- Se comienza con la descripción de conceptos sencillos del lenguaje ensamblador y el planteamiento de un programa simple que versa sobre la implementación de operaciones aritméticas y la gestión de tablas de datos. Al alumno se le explica el funcionamiento del programa y se le suministra su esqueleto, para que le sirva de base para los siguientes trabajos prácticos.
- La complejidad de los conceptos introducidos aumenta gradualmente, del mismo modo que los algoritmos con los que se deberán enfrentar los alumnos. Así, el segundo trabajo práctico que debe implementar el alumno se relaciona con el procesamiento de señales audibles. En este caso, los alumnos se enfrentan por primera vez al empleo de periféricos internos y externos (temporizadores, puerto serie síncrono, convertidores analógico-digitales) y al manejo masivo de datos empleando modos de direccionamiento especiales.
- El tercer trabajo práctico implica la realización de un generador de onda digital y programable: onda cuadrada, triangular y senoidal. Se profundiza en el conocimiento y uso de los periféricos del sistema, así como en el lenguaje de programación (uso de instrucciones especiales, etc.).
- El último trabajo práctico se relaciona con la implementación de filtros digitales, filtros FIR (Finite Impulsive Response) e IIR (Infinite Impulsive Response). En este caso, el alumno se enfrenta a una de las aplicaciones típicas de los DSPs, no tanto para ahondar en el conocimiento del DSP como para asentar la necesidad de utilización de los mismos.
- Adicionalmente, el CD interactivo incluye otras unidades temáticas incluidas para ayudar al alumno en el proceso de aprendizaje: descripción de las instrucciones en lenguaje ensamblador, modos de direccionamiento, registros internos de la CPU y de configuración de los periféricos DSP, etc.
- Además, el CD multimedia incorpora una utilidad de autoevaluación de conocimientos mediante un entorno basado en cuestionarios tipo test, cuyo objeto es colaborar en el proceso de aprendizaje del alumno de forma amena.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL CD INTERACTIVO.

El CD se ha realizado con la herramienta Macromedia Director®. Este software nos permite crear elementos multimedia con relativa facilidad, a la vez que resulta un paquete software muy potente y versátil al permitir combinar imágenes, sonidos, animación, texto y contenidos en vídeo, todo en un único archivo ejecutable. Una de sus muchas cualidades es la gran calidad de reproducción de las presentaciones. La filosofía de Macromedia Director® responde a una herramienta de programación fundamentalmente visual, basada en objetos, cuyo lenguaje de programación se denomina Lingo. El trabajo desarrollado con Macromedia Director® se asimila a la realización de una película. De hecho, los cuatro pilares básicos de este software son: el escenario, el marcador, los guiones y los actores, al igual que en una obra de teatro o una película. A los actores se les confiere un rol mediante el guión y el marcador y esto sucede en un lugar, el escenario. El marcador (en anglosajón "score") es una tabla en la que se representa el momento en que cierto actor entra en escena. Los guiones (en anglosajón "scripts") son pequeños programas realizados en Lingo que se les asignan a los actores para especificar lo que deben hacer.

La interacción del usuario con la herramienta se realiza mediante botones de paso de página y menús que permiten avanzar en el contenido, cambiar de bloque temático y solicitar ayuda sobre el manejo de la propia herramienta, figura 1. La presentación multimedia está optimizada para una resolución de 800x600 píxeles, compatibles con los monitores VGA convencionales, prestándosele especial atención al diseño gráfico de la presentación, para atraer la atención del usuario.



Figura 1. Pantalla con el menú desplegado y los botones de control de flujo.

En la figura 2 podemos observar una de las pantallas de las unidades temáticas desarrolladas. En particular, se muestra una unidad temática de apoyo relacionada con la programación del DSP para comunicarse, usando el puerto serie síncrono interno del propio DSP, con un periférico externo con dos canales de conversión, uno analógico-digital y otro digital-analógico. Otra pantalla de estas unidades temáticas de apoyo se muestra en la figura 3. En este caso se describen los modos de direccionamiento. Todas las unidades temáticas de apoyo se encuentran accesibles desde los diferentes bloques prácticos, para facilitar al alumno el acceso a la información contenida en el CD.



Figura 2. Ejemplo de pantalla de exposición de contenidos teóricos.

Adicionalmente, se han incluido en el CD dos bases de datos en las que el usuario puede consultar la información relativa al juego de instrucciones del DSP (formato o sintaxis, descripción y ejemplos de uso), figura 4, y la relativa a la programación de sus periféricos y registros internos. Ambas bases de datos se visualizan en ventanas adicionales que pueden mantenerse activas de forma simultánea al resto de lecciones del CD multimedia, de modo que agilizan la realización del trabajo práctico (programación) por parte del alumno (se puedan resolver las dudas sobre la sintaxis y modo de empleo de las instrucciones en cuanto se presenten, así como sobre la configuración de los registros y periféricos internos del DSP).



Figura 3. Ejemplo de pantalla de explicación de los modos de direccionamiento.

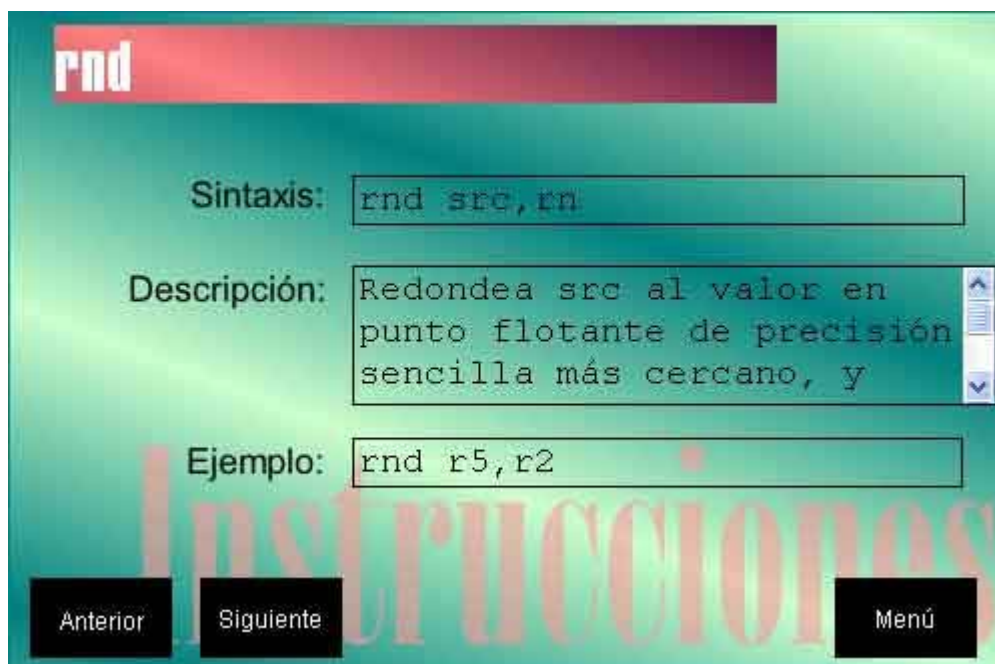


Figura 4. Ejemplo de pantalla de la base de datos que explica las instrucciones del DSP.

5. RESULTADOS ACADÉMICOS.

El presente CD interactivo se introdujo a comienzos del curso académico 2001-2002, con el objeto de analizar la

posible mejora en la calidad de la enseñanza en la asignatura ya comentada y con la pretensión de extender este tipo de herramientas a otras asignaturas.

Como índice de seguimiento de la asignatura se ha tomado una muestra que comprende desde el curso académico 2000-01, en el cual aún no se había introducido la herramienta multimedia, hasta el pasado curso académico 2002-03. Tal como se muestra en la figura 5, se ha tomado como factor evaluador el porcentaje de presentados en la primera convocatoria de la asignatura, por considerar que esta convocatoria es la que mejor representa el índice de impacto en relación al grado de asistencia a clase y seguimiento, medido como alumnos presentados a dicha convocatoria.

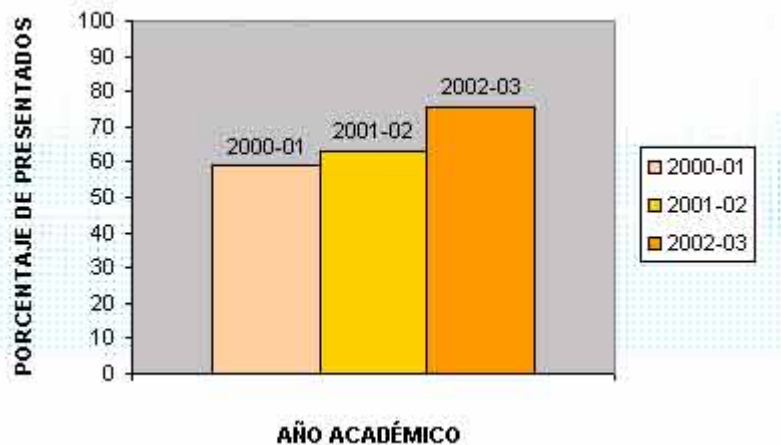


Figura 5. Porcentaje de alumnos presentados a la primera convocatoria de la asignatura.

Tal como puede observarse en la figura 5 el índice de alumnos presentados a la primera convocatoria de la asignatura ha aumentado progresivamente, lo que puede ser considerado como un factor de mejora en la enseñanza de la asignatura. Por otra parte también se ha evaluado el grado de asimilación de conceptos en la asignatura mediante una representación ponderada de las calificaciones de los alumnos a lo largo del curso completo. La ponderación se ha realizado tal como se muestra en la tabla 1. Se ha tomado como nota máxima la matrícula de honor, con un valor de cuatro, y se disminuye progresivamente hasta llegar a la nota de suspenso, que se penaliza con puntuación negativa, concretamente con un punto negativo, del mismo modo los alumnos no presentados penalizan con dos puntos negativos.

Índices de ponderación (Indicador entre -2 y 4).	
Matrícula de Honor.....	4
Sobresaliente.....	3
Notable.....	2
Aprobado.....	1
Suspenso.....	-1
No Presentado.....	-2

Tabla 1. Índices de ponderación empleados en la asignatura.

Si representamos gráficamente en función a los índices de ponderación las calificaciones obtenidas por los alumnos

a lo largo de cada curso académico desde que la herramienta fue introducida, figura 6, podremos observar como el nivel de asimilación de la materia, medida como índice de calificaciones al final del curso, aumenta con una tendencia aproximadamente exponencial, de lo cual podremos deducir que la herramienta multimedia también ha contribuido a mejorar en grado de asimilación de la materia y por tanto ha cumplido con las expectativas propuestas.

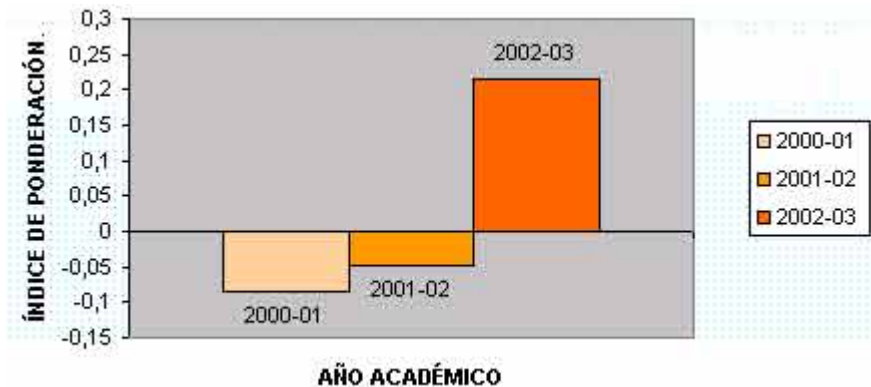


Figura 6. Media de las calificaciones anuales ponderadas de los alumnos de la asignatura Complemento de Sistemas Electrónicos de la Titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la Escuela Superior de Sevilla.

De los resultados se deduce que la introducción de la nueva herramienta pedagógica ha resultado de gran utilidad para el desarrollo de la actividad docente y el aumento en la calidad y aprovechamiento de la enseñanza. Comentar, en este sentido, que el Vicerrectorado de Calidad y Nuevas Tecnologías abre una convocatoria de carácter voluntario dirigida a todo el profesorado de la Universidad de Sevilla, que desee ser sometido a un proceso de evaluación mediante encuestas realizadas a los alumnos al final del periodo lectivo correspondiente (<http://www.us.es/viccalidad/bases0203.htm>). El objetivo de estas encuestas puede resumirse en los siguientes puntos:

- Proporcionar al Profesorado de la Universidad de Sevilla la posibilidad de conocer la imagen transmitida a sus alumnos sobre la enseñanza que imparte.
- Poner en manos del profesorado un instrumento informativo indispensable para la mejora de la docencia y la comunicación con los estudiantes.
- Facilitar que los profesores dispongan de un referente personal que les permita exigir el apoyo docente que precisen, basado en necesidades contrastadas.

La validez pedagógica de estas encuestas se basa en cinco pilares fundamentales que son:

1. Organización de la enseñanza.
2. Atención al estudiante.
3. Metodología docente.
4. Evaluación de los aprendizajes.
5. Grado de satisfacción global de la asignatura y la enseñanza de la misma.

Durante el curso académico 2001-2002 el profesor responsable de la asignatura se sometió a dicho proceso obteniendo el reconocimiento de la excelencia docente resultado de dicha evaluación.

6. CONCLUSIONES.

La realización de este CD multimedia puede considerarse un primer paso dado hacia la renovación de los métodos pedagógicos, para adaptarlos a las nuevas tecnologías y a los cambios sociales y de costumbres que éstas empiezan a traer consigo, asociados a la asignatura "Complemento de Sistemas Electrónicos Digitales", de tercer curso de Ingeniería de Telecomunicación en la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Por supuesto, es muy difícil prever la forma que adoptarán las herramientas educativas a largo plazo, aunque no parece muy arriesgado afirmar que el camino que se ha seguido realizando esta herramienta electrónico se generalizará en unos años, a la

hora de plantear la metodología docente de cualquier asignatura.

El CD multimedia diseñado pretende servir de complemento y ayuda a las clases prácticas impartidas por el profesor de la asignatura. En la mayoría de las asignaturas asociadas a las carreras técnicas, el tiempo y los recursos dedicados a las asignaturas suelen ser insuficientes, dado el volumen de información que se debe transmitir, para garantizar la asimilación del temario por parte del alumnado. Por ello, y una vez que la tecnología lo permite, una ayuda y apoyo a la docencia como puede ser este tipo de material didáctico es casi imprescindible.

Como futuro trabajo, comentar que este CD se está completando con el desarrollo de otra herramienta multimedia que sirva de apoyo a las clases teóricas. En este sentido, se está terminando de desarrollar un libro electrónico cuya finalidad es facilitar la transmisión asincrónica de conocimientos teóricos. La herramienta se está diseñando siguiendo las mismas pautas de desarrollo que se han empleado para la realización de este CD interactivo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CEBRIAN DE LA SERNA, M. (1999): **La formación del profesorado en el uso de medios y recursos didácticos, en Tecnología educativa**. CABERO, J. (ed.), Madrid. Síntesis.
- DOMINGO, J. (2000). **La utilización educativa de la informática, en Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación** (pp. 111- 136).CABERO, J. (Ed.). Madrid, Síntesis.
- HENRIK, V. SORENSEN (1997). **A Digital Signal Processing Laboratory using the TMS320C30**, USA, Prentice Hall
- ROSENZWEIG G. (2002) **La Biblia de Director 8.5**. Madrid. Anaya Multimedia
- SALINAS, J. (2000): **El rol del profesorado en el mundo digital en: Simposio sobre la formación inicial de los profesionales de la educación**, CARMEN, L. (ed.). Universitat de Girona. Pág. 305-320.
- SALINAS, J. (1997): **Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información**, Revista Pensamiento Educativo, 20, pp.81-104.
- TI (1997). **TMS320C3x User's Guide**, USA, Custom Printing Company.
- VIZARRO, C.y LEÓN, J.A. (1998). **Nuevas tecnologías para el aprendizaje**, Madrid, Pirámide.
- W. WOLF y J. MADSEN. (2000). **Embedded Systems Education for the Future**. Proceedings of the IEEE, Special Issue on Electrical and Computer Engineering Education, pp. 23-30