

# La enseñanza de Estructura de Computadores en el EEES

Fermín Sánchez, Agustín Fernández, Josep Llosa

Dept.. Arquitectura de Computadors  
Universitat Politècnica de Catalunya  
c/Jordi Girona 1i 3, Mòduls D6 y C6  
{fermin, agustin, josepll} @ac.upc.edu

## Resumen

En este artículo se describe el proceso de diseño de la organización docente de una asignatura de Estructura de Computadores dentro del marco del EEES. A partir de las competencias profesionales relacionadas con la Estructura de Computadores se definen los objetivos formativos de la asignatura, para a continuación establecer los contenidos técnicos y la metodología docente que permiten conseguir los objetivos propuestos. El proceso de diseño se ha aplicado a la asignatura Estructura de Computadores II, de la Facultat d'Informàtica de Barcelona. Los indicadores muestran que la asignatura alcanza un alto grado de consecución de los objetivos propuestos.

## 1. Introducción

Los nuevos títulos de Grado [1] y Postgrado [2] harán especial énfasis en la formación profesional del titulado, a diferencia del enfoque académico de las actuales titulaciones. Adaptar las titulaciones actuales al EEES exigirá un esfuerzo docente para cambiar de paradigma educativo: (i) el protagonista es el alumno, no el profesor, (ii) el objetivo deja de ser la enseñanza del profesor para convertirse en preparar al alumno para el aprendizaje permanente y (iii) se pasa de simplemente “enseñar” a “aprender a aprender”

El cambio de paradigma educativo tiene unas consecuencias inmediatas para los alumnos: es imprescindible que lleven las asignaturas al día y aumenten su participación en las clases.

El ECTS [3] será la unidad de valoración de la actividad académica. Un crédito ECTS es equivalente a una dedicación del estudiante de entre 25 y 30 horas. Mide el trabajo del estudiante, no del profesor, e integra estudios teóricos y prácticos, actividades académicas dirigidas y el trabajo personal del estudiante. El volumen de trabajo de un alumno durante un año académico completo son 60 créditos ECTS.

Los estudios de Estructura de Computadores se centran en la relación entre los lenguajes máquina y los de alto nivel, la jerarquía de memoria y su influencia en el rendimiento de los programas y, finalmente, el manejo de dispositivos de entrada/salida desde el punto de vista del programador de lenguaje máquina.

En JENUI 2001 se abordó como tema estratégico “¿Cómo enseñamos memoria cache en nuestros planes de estudios?”. En los últimos años, diversos autores han elaborado o usado simuladores o pequeños programas para ayudar a los alumnos a comprender los conceptos relativos a la estructura de los computadores mediante la realización de prácticas.

En [4] se describe un simulador gráfico de memorias cache multinivel que permite simular hasta 3 niveles de cache e incluye optimizaciones como la prebúsqueda. En [5] se expone un código, escrito en lenguaje máquina, que permite comprobar experimentalmente el efecto de la memoria cache sobre las prestaciones de un PC.

En [6] se detalla un conjunto de prácticas realizadas sobre Xilinx, orientadas a que el alumno comprenda mejor la organización y funcionamiento de la memoria principal.

En [7] se presenta una práctica para analizar, usando los contadores hardware del procesador, la influencia en el tiempo de ejecución de algunas optimizaciones sobre el código escrito en lenguaje máquina de la arquitectura IA32. Con el mismo objetivo, en [8] se presenta una práctica que enlaza ensamblador con C para mejorar el rendimiento de un conjunto de programas.

En [9] se describe un entorno de simulación de entrada/salida de sistemas basados en la arquitectura IA32. Con un enfoque muy distinto, en [10] se presentan los diseños de una tarjeta PCI y de una mochila que se conecta al puerto paralelo del computador. Ambos dispositivos permiten hacer prácticas de entrada/salida sin la necesidad de usar un simulador.

En este artículo se describe la organización de la asignatura “Estructura de Computadores II” (EC2), perteneciente al plan de estudio de la Facultat d’Informàtica de Barcelona. Se trata de una asignatura de tercer cuatrimestre, precedida por dos asignaturas que también abordan conceptos de estructura de computadores. En la asignatura de primer cuatrimestre, “Introducción a los Computadores”, el alumno estudia un computador sencillo formado por un procesador RISC muy básico de 16 bits, un sistema de memoria con un único módulo y un único nivel y un sistema de entrada/salida con muy pocos periféricos y gestionado por encuesta. El segundo cuatrimestre, el alumno cursa “Estructura de computadores I”, donde al computador que ya conoce se le añade una memoria cache directa de escritura retardada. En cuanto al procesador, se le añaden interrupciones. En EC2 se completa el modelo de computador mediante el estudio del lenguaje máquina de un procesador real con arquitectura IA32 y el sistema de memoria y de entrada/salida de un PC compatible.

El resto del artículo se organiza del siguiente modo. La Sección 2 enumera las competencias profesionales sobre las que incide la asignatura EC2 y sus objetivos formativos. En la Sección 3 se describe la organización docente que permite a EC2 conseguir los objetivos definidos. La Sección 4 presenta algunos resultados obtenidos los cinco últimos semestres y, finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones.

## 2. Competencias profesionales y objetivos formativos

En esta sección se clasifican y describen las competencias profesionales y los objetivos formativos, y se detallan las competencias en las que incide y los objetivos cubiertos por EC2.

### 2.1. Discusión preliminar

El Libro Blanco de la Ingeniería Informática [11] define un conjunto de competencias deseables en un Ingeniero en Informática. En su redacción participaron 53 universidades y la totalidad de centros públicos y privados que imparten estudios universitarios de informática en España. Para definir las competencias profesionales de un Ingeniero en Informática, se deben considerar también los trabajos desarrollados en el marco de la Comunidad

Europea por *Career Space*, un consorcio formado por once compañías de las TIC y la Asociación Europea de Industrias TIC [12,13].

En este trabajo clasificamos las competencias profesionales de una titulación en tres categorías, tal como se describe en [14]:

- Competencias Técnicas: relativas a los conocimientos técnicos propios de la titulación
- Competencias Transversales: necesarias en un titulado con ese nivel académico, pero no relacionadas con sus conocimientos técnicos
- Competencias Deontológicas: recomendables en la actitud personal del titulado respecto a temas relacionados con la sociedad y con su formación personal como individuo

Una titulación debe diseñarse a partir de un conjunto de competencias profesionales, mientras que una asignatura se diseña a partir de un conjunto de objetivos formativos. Los objetivos formativos de las diferentes asignaturas deben permitir al titulado adquirir las competencias profesionales de la titulación.

Tanto ACM como IEEE [15,16] consideran que el nivel de competencia (la palabra *competencia* se usa aquí con otro significado) que debe alcanzar un ingeniero es el nivel de *Aplicación* y, en algunas materias, el de *Análisis*. Los niveles de *Síntesis* y *Evaluación* pertenecen al ámbito del doctorado. Sobre este tema destaca el trabajo descrito en [17], donde se adapta la taxonomía de Bloom [18] a una titulación técnica, respetando la definición de sus niveles (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación) pero ofreciendo, para cada uno de ellos, definiciones y ejemplos propios de una Ingeniería Informática. Un trabajo similar fue realizado por la universidad de Pittsburg [19].

La taxonomía de Bloom distingue dos clases de objetivos: *generales* y *específicos*. Los objetivos generales tienen una granularidad más gruesa que los específicos y hacen referencia a capacidades que el alumno debe desarrollar de forma genérica. Los objetivos específicos, por el contrario, detallan de forma precisa los conocimientos y aptitudes que el alumno debe adquirir sobre un tema determinado.

A nivel de asignatura, y con una relación directa con la clasificación de competencias, en [20] los objetivos se clasifican en tres grupos:

- Técnicos: relacionados con los contenidos técnicos de la carrera.

- Transversales: relacionados con capacidades y aptitudes. Hacen referencia a capacidades generales, no ligadas a conceptos técnicos de la titulación.
- Deontológicos: relacionados con actitudes, valores y normas. Se refieren a la disposición personal del estudiante con respecto a la sociedad.  
En este artículo usaremos esta clasificación.

## 2.2. Competencias profesionales y objetivos formativos de EC2

Las competencias técnicas sobre las que incide EC2 son las siguientes:

- Capacidad de implementar código crítico siguiendo criterios de valor estratégico, urgencia, rendimiento y seguridad. En particular, capacidad de diseñar software que se ejecute con el máximo rendimiento sobre una arquitectura concreta
- Capacidad de evaluar los requerimientos hardware que debe tener el sistema informático de una organización

En cuanto a competencias transversales, EC2 contribuye a desarrollar las siguientes:

1. Capacidad para resolver problemas
  2. Adquisición de hábitos de trabajo y estudio
  3. Capacidad de trabajo en equipo
  4. Capacidad de razonamiento crítico
  5. Capacidad de análisis y síntesis
  6. Capacidad de organización y planificación
  7. Capacidad para tomar decisiones
- EC2 no incide en competencias deontológicas. A partir de las competencias hemos definido los objetivos de EC2. Los objetivos técnicos de tipo general son los siguientes:
8. Capacidad de desarrollar aplicaciones en C que integren rutinas en ensamblador
  9. Capacidad de describir cómo se realiza en una máquina real la comunicación con los dispositivos básicos de entrada/salida
  10. Capacidad de explicar las implicaciones de una configuración de entrada/salida en el rendimiento del computador
  11. Capacidad de evaluar el rendimiento de una determinada configuración de entrada/salida
  12. Capacidad de evaluar los esquemas básicos de memorias cache
  13. Capacidad de evaluar el rendimiento de un esquema real de memoria principal

14. Capacidad de justificar la existencia de una jerarquía de memoria y de explicar su funcionamiento

Los objetivos transversales de EC2 son mejorar incrementalmente cada una de las competencias transversales descritas en esta sección. Esto se consigue con una adecuada metodología docente. A continuación se clasifican por temas los objetivos técnicos específicos.

### Objetivos específicos de Lenguaje Máquina

15. Capacidad de realizar programas de hasta 25 líneas en ensamblador IA32
16. Capacidad de utilizar un depurador (*debugger*) para eliminar errores en un programa escrito en ensamblador y/o C
17. Capacidad de enlazar programas escritos en ensamblador con programas escritos en C en un entorno de trabajo Linux
18. Capacidad de describir cómo se almacenan las estructuras de datos complejas y cómo acceder a ellas de forma eficiente
19. Capacidad de traducir a ensamblador un código escrito en C y realizar optimizaciones simples sobre dicho código

### Objetivos específicos del sistema de memoria

20. Capacidad de describir las características de los diferentes tipos de DRAM
21. Capacidad de explicar las implicaciones (tiempo de respuesta, complejidad, coste, etc.) de la implementación hardware de los diferentes esquemas de memoria cache
22. Capacidad de seguir una traza de referencias a memoria, indicando aciertos y fallos de cache, TLB y página. La traza puede ser explícita o estar implícita en un programa escrito en C o ensamblador
23. Capacidad de evaluar configuraciones de memoria cache que incluyan prebúsqueda, *buffers* de escritura, varios niveles de cache, cache de víctimas, cache no bloqueante y optimizaciones en el tiempo de servicio en caso de fallo
24. Saber evaluar el impacto de realizar transformaciones simples en un programa escrito en C en una jerarquía de memoria determinada
25. Capacidad de explicar los conceptos básicos de memoria virtual: traducción de direcciones,

fallo de página, implementación de la tabla de páginas, TLB y fallo de TLB

26. Capacidad de explicar la relación entre la memoria virtual y la cache cuando se realiza la traducción de direcciones

### Objetivos específicos del sistema de entrada/salida

27. Capacidad de explicar el funcionamiento de los mecanismos de sincronización de entrada/salida en un computador real
28. Capacidad de explicar las implicaciones que tiene la transferencia vía DMA en un sistema con jerarquía de memoria
29. Capacidad de explicar las características de los diferentes tipos de buses y sus sistemas de arbitraje: síncronos o asíncronos, serie o paralelo, ciclo partido o completo, arbitraje centralizado o distribuido
30. Capacidad de justificar la existencia de una jerarquía de buses y de evaluar el ancho de banda de cualquier bus de la jerarquía
31. Capacidad de describir los buses estándar de un PC compatible y relacionarlos con los periféricos que soportan
32. Capacidad de explicar el concepto de RAID y de calcular el rendimiento de un sistema RAID de un solo nivel (RAID 0 – RAID 6)

Siguiendo las recomendaciones descritas en [21], a partir de los objetivos formativos definidos para EC2 hemos diseñado los contenidos, las estrategias docentes y el método de evaluación.

## 3. Organización docente

Esta sección describe la forma en que se ha organizado EC2 para conseguir los objetivos propuestos en la Sección 2. EC2 se imparte de forma cuatrimestral durante 5 horas semanales. Está organizada tres tipos de clases:

- Clases de teoría
- Clases de problemas
- Clases de laboratorio

Las clases de teoría y problemas son de dos horas y se realizan conjuntamente. Las clases de laboratorio se distribuyen semanalmente a lo largo de las 13-14 semanas que dura el curso a razón de una hora semanal.

## Adaptación al espacio europeo de educación superior

### 3.1. Contenidos técnicos y objetivos técnicos cubiertos por cada tipo de actividad

Las clases de teoría y problemas están estructuradas en tres grandes bloques temáticos:

- Arquitectura y Lenguaje Máquina IA32: cubre los objetivos 15, 17, 18 y 19
- Jerarquía de memoria: cubre los objetivos 12, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 25 y 26
- Subsistema de entrada/salida: cubre los objetivos 9, 10, 11 y 27-32

Las clases de laboratorio cubren los objetivos 8, 15, 16, 17, 19, 22 y 24, y permiten fijar y profundizar en la mayoría de los objetivos trabajados en las clases de teoría y problemas. En [22] pueden encontrarse los enunciados de las prácticas, los enunciados de problemas y un detalle completo de los contenidos.

### 3.2. Método de evaluación:

La evaluación sirve para determinar si el alumno ha alcanzado los objetivos de la asignatura, pero también es una herramienta muy potente para ayudar a que el alumno alcance dichos objetivos.

La característica fundamental del método de evaluación de EC2 es que los alumnos pueden superar la asignatura mediante la evaluación continuada sin necesidad de hacer el examen final. De esta forma, se fomenta que los alumnos lleven la asignatura al día.

En la evaluación de EC2 distinguimos 2 componentes: teórica (80%) y práctica (20%). La componente práctica se evalúa a partir de un conjunto de ejercicios de laboratorio, y no es imprescindible aprobarla. La componente teórica se evalúa o bien a partir de un examen final o bien a partir de un mecanismo de evaluación continua que describimos a continuación.

Durante el curso, y en horas de clase, se realizan tres controles de dos horas de duración sobre la materia. Los controles están distribuidos uniformemente en el tiempo, cada cuatro o cinco semanas. El nivel de estos controles no es inferior al del examen final. El segundo y tercer control incluyen conceptos de los controles anteriores. Para superar la componente teórica, el alumno ha de aprobar los tres controles de forma independiente o bien obtener una nota media superior o igual a 6. Los alumnos que no superen la componente teórica deben ir al examen final.

El profesor evalúa las prácticas sesión a sesión en función del trabajo y los resultados de los

alumnos, sin necesidad de realizar ningún examen, entrega de prácticas o entrevista. La evaluación es individual pese a que las prácticas se hacen en grupos de dos.

Aunque no es necesario aprobar las prácticas para aprobar la asignatura, la experiencia nos muestra que casi ningún alumno con el laboratorio suspendido aprueba la asignatura.

### 3.3. Metodología docente

La metodología docente influye tanto en la organización de las clases como en el método de evaluación. El primer día de clase se explica en detalle al estudiante lo que se espera de él. Se definen los objetivos de la asignatura y se le detalla cómo se esperan conseguir. Esto contribuye a que el estudiante comprenda que debe trabajar de forma continuada desde el principio si quiere alcanzar los objetivos que se le han propuesto (y ahorrarse el examen final).

#### Clases de teoría

Las clases de teoría se imparten con el soporte de transparencias que se ponen a disposición de los alumnos al empezar el curso, tanto en formato impreso como en la web de la asignatura. El uso de transparencias aporta ciertas ventajas, como la minimización de los errores de transcripción (tanto por parte del profesor en la pizarra como por parte de los alumnos al copiar sus propios apuntes) y la agilización de las clases, especialmente aquellas en las que hay dibujos complejos. Sin embargo tiene ciertas desventajas, como una rápida disminución de la atención de los alumnos a medida que avanza la clase o una menor asistencia de los alumnos a las clases, que creen erróneamente que es suficiente con estudiar las transparencias para aprobar la asignatura.

Para combatir los efectos negativos de las transparencias, éstas incorporan puntos de ruptura de la dinámica de la clase (*breaks*) consistentes en pequeños problemas que los alumnos deben realizar en unos minutos. En ocasiones, los *breaks* consisten en una pregunta o un tema de discusión. Los *breaks* permiten, por un lado, recuperar la atención del alumno mediante un cambio de actividad y, por otro, consolidar los conceptos recientemente explicados. Además, los *breaks* fomentan la cooperación de los alumnos, el espíritu crítico y la participación en clase (competencias 1, 3 y 4).

Además de las transparencias, el profesor recurre con frecuencia a la pizarra, ya sea para ampliar o clarificar algún concepto o para introducir algún concepto secundario o ejemplo. El uso de la pizarra contribuye a recuperar la atención de los alumnos.

#### Clases de problemas

Las clases de problemas están mezcladas con las de teoría, es decir, no hay un horario especial dedicado a ellas. Esto permite al profesor dedicar tiempo a problemas en el momento más oportuno, cuando el alumno ya ha adquirido y madurado los conocimientos necesarios. También contribuye a mejorar la atención de los alumnos, ya que permite dedicar una parte de la clase a la resolución de problemas y otra a la adquisición de conocimientos teóricos.

Los alumnos disponen de un conjunto de enunciados de problemas desde el primer día y las clases de problemas requieren su participación. Los problemas a resolver son anunciados con antelación y los alumnos disponen de varios días para poder resolverlos por su cuenta. En ocasiones se les da tiempo en clase para que resuelvan un determinado problema. El profesor aprovecha este tiempo para pasear por la clase y comprobar el grado de comprensión de la materia que han alcanzado los estudiantes. El profesor no suele resolver los problemas en la pizarra. Durante la clase, algunos alumnos convenientemente seleccionados por el profesor explican sus soluciones en la pizarra y se entablan discusiones públicas (moderadas, guiadas y fomentadas, por el profesor) sobre las diversas soluciones propuestas. Este tipo de actuación contribuye a conseguir las competencias 1, 2, 4 y 6.

Los enunciados de la colección de problemas no contienen las soluciones, con el objeto de facilitar la discusión entre los alumnos y fomentar que exploren diversas soluciones. En presencia de colecciones con soluciones, los estudiantes tienden a intentar entender la solución propuesta en lugar de tratar de encontrarla por sí mismos. No obstante, en aquellos problemas en que el resultado es único o sencillo de exponer, se les da la solución numérica final o bien algún dato que les permita comprobar si su solución es correcta.

### Clases de laboratorio

Las clases de laboratorio se realizan en sesiones de una hora semanal en grupos de dos alumnos (competencia 3) sobre un entorno Linux y en PCs compatibles. Estas clases consisten en la resolución e implementación de pequeños problemas hasta su correcto funcionamiento (competencia 1) o en la realización de pequeños experimentos y de su posterior análisis (competencias 4 y 5). Son, por tanto, un refuerzo adicional de la teoría y están perfectamente sincronizadas con ella.

Para fomentar la preparación de las prácticas y garantizar el correcto aprovechamiento de las sesiones de laboratorio, los alumnos deben entregar un trabajo previo al inicio de cada sesión, que consiste en la realización de pequeños ejercicios que aportan pistas o les guían hacia la correcta realización de la práctica. El trabajo previo contribuye a conseguir las competencias 1, 2 y 6. En algunas sesiones se les pide un informe posterior, fomentando las competencias 3, 4 y 5. Ambos informes requieren poca carga para los alumnos, ya que pueden ser manuscritos y suelen tener una extensión de entre una y tres páginas.

### Evaluación formativa

EC2 implementa una evaluación formativa, ya que ha sido diseñada con el objetivo de fomentar que los alumnos lleven la asignatura al día y contribuir a su aprendizaje. Por tanto, el método de evaluación de la asignatura es una parte importante de la metodología docente.

Además de los tres controles de la evaluación continuada, se realizan otros dos o tres controles sorpresa durante el curso, intercalados con los controles de la evaluación continuada. Estos controles tienen una duración de entre media hora y una hora y se resuelven inmediatamente después de su elaboración.

El objetivo de los controles sorpresa no es evaluar a los estudiantes, y por ello no tienen ningún impacto negativo en la nota final. No obstante, y como motivación para los estudiantes, estos controles son tenidos en cuenta en ciertas circunstancias siempre positivas, como redondeos al alza, liberar del examen final a un alumno con un control suspendido y media muy próxima a 6 o aprobar a un alumno con nota final cercana a 5.

Desde el punto de vista formativo, los controles sorpresa cumplen múltiples funciones. En primer lugar, permiten al alumno realizar un

autoseguimiento. En muchos casos hace que se dé cuenta de la necesidad de incrementar el esfuerzo dedicado a la asignatura sin esperar a los días previos al control evaluativo. Esto contribuye a que el alumno lleve la asignatura al día y aproveche mejor las clases (contribuyendo además a las competencias 2 y 6). En segundo lugar, obliga al alumno a resolver varios problemas de forma individual (competencia 1), procurando el máximo aprovechamiento de la posterior sesión de corrección/discusión. Los controles sorpresa son autocorregidos por los alumnos. Para ello, los estudiantes son organizados en grupos de dos o tres y se les distribuyen otros tantos controles de sus compañeros. El profesor explica la solución y la forma de puntuar y los alumnos corrigen los controles de sus compañeros. Esto les hace darse cuenta no sólo de los errores que han cometido, sino también de errores cometidos por sus compañeros. Este tipo de corrección les obliga a ponerse en la piel del profesor durante unos minutos y a entender lo difícil que puede resultar corregir un examen y lo importante que es que esté bien organizado y escrito (competencia 4). También les permite que vean soluciones distintas de la suya y de la propuesta por el profesor, y les obliga a evaluar la calidad de las diversas soluciones (competencia 7). Por supuesto, estas sesiones de corrección de los controles sorpresa fomentan también la participación en clase.

El hecho de que las prácticas se evalúen de forma individual y que también se evalúe el trabajo previo fomenta que los alumnos realicen algunos ejercicios de forma semanal contribuyendo a las competencias 2 y 6. El que todas las sesiones de laboratorio sean 'actos evaluables' y que las diferentes prácticas estén muy relacionadas con las clases teóricas incentiva a los alumnos a seguir el laboratorio de forma constante y regular. Aunque los laboratorios no son obligatorios para poder aprobar la asignatura, el método de evaluación hace que prácticamente todos los alumnos asistan a todas las sesiones habiendo realizado el trabajo previo, aprovechando así de forma satisfactoria dichas sesiones. Además, evaluar todas las sesiones de laboratorio permite al profesor conocer a sus alumnos e 'incentivarlos' cuando sea necesario.

Finalmente, esta metodología docente no sólo no ha aumentado el trabajo de los profesores en cuanto a corrección se refiere, sino que ha conseguido distribuirlo a lo largo del curso.

### 3.4. El forum

La asignatura dispone de un forum de discusión vía web. En este forum los estudiantes plantean preguntas a sus compañeros o proponen soluciones a problemas. Este forum fomenta la discusión colectiva de los problemas fuera de las aulas y contribuye al aprendizaje del estudiante (competencias 1, 4 y 7). Asimismo, incrementa su capacidad para explicar los conocimientos adquiridos.

Para fomentar la participación en el forum, los profesores proponen semanalmente problemas o temas de discusión en el forum. La misión de los profesores es la de ejercer de moderadores y, si es necesario, guiar a los alumnos. En ningún caso el profesor resuelve el problema ni en el forum, ya que iría en contra de la participación. Este forum tampoco es un mecanismo para realizar preguntas a los profesores: para esto ya existen las horas de consultas.

### 3.5. Bibliografía

La bibliografía de la asignatura se divide en básica y complementaria [22]. No existe un libro de texto como tal, aunque en alguno de los temas se utilizan como base determinados capítulos de la bibliografía básica.

Los estudiantes pueden acceder a toda la documentación de la asignatura a través de la página web de la asignatura [22]. Entre otras cosas, los alumnos disponen de las casi 600 transparencias del curso, la documentación de prácticas, los enunciados de problemas y exámenes de cursos anteriores. Toda la documentación de la asignatura está bajo una licencia de Creative Commons [23] y protegida por un *username* y *password*, que se pone en conocimiento de los estudiantes a comienzo de curso, para evitar su uso no autorizado.

### 3.6. Dedicación del estudiante:

Desde el curso 2005-2006 se realiza en la FIB una experiencia para correlacionar la dedicación de los alumnos a una asignatura con las horas especificadas en el Plan Docente. Los datos son introducidos de forma voluntaria por los alumnos semana a semana, y luego se agrupan en función de su nota final de cada asignatura. Por ello, sólo disponemos de datos de un 8% de los alumnos (Entre 150 y 250 matriculados cada semestre).

Los resultados experimentales nos indican que la asignatura está bien dimensionada. El esfuerzo estimado por los profesores para seguir la asignatura correctamente es de 150 horas (6 créditos ECTS). Los alumnos declaran que dedican en media entre 116 y 130 horas, pero los que han sacado mejores notas ( $>7$ ) declaran una dedicación media de entre 130 y 150 horas. Sin embargo, las encuestas oficiales que realizan la mayoría de los estudiantes indican una dedicación media de entre 1 y 2 horas de estudio por cada hora de clase, lo que supone entre 130 y 195 horas de trabajo. Dado que la encuesta ECTS se realiza semana a semana y las encuestas oficiales se realizan a final del curso, consideramos más exactos (aunque menos significativos) los resultados de la primera encuesta.

## 4. Resultados

La Tabla 1 muestra resultados académicos de los últimos cuatrimestres. En todos ellos se ha usado la metodología descrita. En media, el 58% de alumnos aprueba la asignatura con la evaluación continuada (Aprob. curso). En los últimos cuatrimestres este número ha disminuido porque hasta el curso 2005-06 no se exigía aprobar los 3 controles independientemente, sólo la media final. De forma complementaria, ha ido aumentando el número de alumnos que aprueba el examen final (37% en media), desde el 16% del primer cuatrimestre al 50% del último cuatrimestre analizado. Al margen del número de aprobados, consideramos que la mayoría de los alumnos alcanzan los objetivos de la asignatura.

Curso	Núm. Alum.	Aprob. curso	Aprob. total	Susp. total	NP
2004/05 Q1	262	65,6%	71,4%	25,6%	3,1%
2004/05 Q2	196	73,0%	82,7%	12,2%	5,1%
2005/06 Q1	236	52,1%	73,7%	16,9%	9,3%
2005/06 Q2	177	46,9%	67,8%	20,9%	11,3%
2006/07 Q1	180	56,1%	78,3%	14,4%	7,2%

Tabla 1. Resultados académicos

La valoración de la asignatura que realizan los alumnos en las encuestas oficiales es buena (3.7 sobre 5 en los 2 últimos cursos), y está por encima de la valoración media de las asignaturas del centro (3.4).

## 5. Conclusiones

En este artículo hemos presentado una propuesta de asignatura de Estructura de Computadores dentro del marco definido por el EEES. A partir de las competencias profesionales se han diseñado los objetivos de la asignatura, y a partir de estos los contenidos, el método de evaluación y la metodología docente. La propuesta se centra en el aprendizaje del alumno, de forma que las actividades lectivas y evaluatorias están orientadas a fomentar la participación activa del estudiante y su trabajo constante y regular a lo largo del curso.

La asignatura se ha impartido con éxito durante los últimos cinco cuatrimestres. Los resultados obtenidos por los alumnos (porcentaje de aprobados), la sensación subjetiva de los profesores y la evaluación realizada a partir de las encuestas de los estudiantes sugieren que los alumnos alcanzan los objetivos propuestos en el tiempo estimado.

## Referencias

- [1] *Real Decreto 55/2005, de 21 de Enero, por el que se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los estudios universitarios oficiales de Grado*, BOE núm. 21, Martes 25 de Enero de 2005
- [2] *Real Decreto 56/2005, de 21 de Enero, por el que se establece la estructura de las enseñanzas universitarias y se regulan los estudios universitarios oficiales de Postrado*, BOE núm. 21, Martes 25 de Enero de 2005
- [3] [http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects_en.html)
- [4] R. Almisas, R. Paz, A. Linares, C. Amaya y J.L. Sevillano. *Un simulador de memorias cache multinivel*. JENUI2001.
- [5] J. Sahuquillo, J. Flich y J. Real. *Prácticas experimentales de memoria cache*. JENUI2003.
- [6] J. Flich, J. Real y J. Sahuquillo. *Prácticas de diseño de sistemas de memoria*. JENUI2003.
- [7] A. Linares, R. Paz, S. Vicente, M.A. Rodríguez y F. Díaz. *Análisis a bajo nivel de Procesadores superescalares reales*. JENUI2001.
- [8] M. Anguita, F.J. Fernández, A.F. Díaz, A. Cañas y A. Prieto. *Práctica de optimización para asignaturas de Estructura de los Computadores*. JENUI2004.
- [9] M. Prieto, A.J. Vicente y J.A. Vargas. *Simulador de dispositivos de entrada/salida programables*. JENUI2002.
- [10] M. Prieto, A.J. De Vicente, R. Aldea y E. Bonillo. *Soluciones para las prácticas de entrada/salida*. JENUI2006.
- [11] J. Casanovas, J.M. Colom, I. Morlán, A. Pont y M.R. Sancho, *El libro blanco de la Ingeniería en informática: el proyecto EICE*, JENUI2004, [http://www.aneca.es/modal\\_eval/docs/libroblanco\\_informatica.pdf](http://www.aneca.es/modal_eval/docs/libroblanco_informatica.pdf)
- [12] *Directrices para el desarrollo curricular*, Career Space, CEDEFOP. [www.cedefop.eu.int](http://www.cedefop.eu.int)
- [13] *Perfiles de capacidades profesionales genéricas de TIC*, Career Space, CEDEFOP. [www.cedefop.eu.int](http://www.cedefop.eu.int)
- [14] J. García, F. Sánchez, y R. Gavaldà. *Cómo diseñar un Grado en Informática*. JENUI2006.
- [15] *IEEE / ACM Computing Curricula*. <http://www.computer.org/education/cc2001/>
- [16] *Accreditation Criteria*. Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc., <http://www.abet.org/>
- [17] M. Valero-García y J.J. Navarro. *Niveles de competencia de los objetivos formativos de las ingenierías*. JENUI2001.
- [18] B.S. Bloom, J.T. Hastings y G.F. Manaus. *Taxonomía de los objetivos de la educación, Tomo I (conocimientos) y Tomo II (dominio afectivo)*. Ed. Marfil, Alcoy 1973.
- [19] *Bloom and Krathwohl Definitions of Levels and McBeath Action Verbs*. The University of Pittsburg, 2000. [http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000\\_downloads.html](http://www.engrng.pitt.edu/~ec2000/ec2000_downloads.html)
- [20] F. Sánchez y R. Gavaldà. *Objetivos formativos del primer curso de las ingenierías informáticas y estrategias docentes relacionadas*. SINDI2005
- [21] F. Sánchez. *¿Cómo serán las asignaturas del EEES?* JENUI2005
- [22] <http://docencia.ac.upc.edu/FIB/EC2/>
- [23] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/es>