

Experiencia en la adaptación de la asignatura Sistemas Operativos I al EEES

José Antonio Gómez, Buenaventura Clares

Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos

Universidad de Granada

Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n, 18071 Granada

{jagomez, bclares}@ugr.es

Resumen

En el presente artículo se exponen los cambios metodológicos realizados en la asignatura de Sistemas Operativos I encaminados tanto a una próxima adaptación al EEES como una mejora de la actual docencia. Con la mejora de la docencia se pretende generar un conocimiento más sólido de la disciplina en nuestros estudiantes, mejorar los resultados finales de los estudiantes, y reducir la falta de asistencia a clase. Los cambios metodológicos usados pretenden trasladar la responsabilidad del aprendizaje al estudiante. Para ello se fomenta el trabajo autónomo, se aplican técnicas de aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en problemas para el desarrollo de las clases presenciales, y se plantea una revisión de la evaluación. Si bien no se utilizan metodologías novedosas, hay que destacar que si lo es el empleo conjunto de éstas, y su articulación a través de las guías didácticas y de trabajo autónomo. Los resultados obtenidos muestran una mejora los resultados académicos de nuestros alumnos.

1. Motivación

La materia de sistemas operativos se imparte en la Universidad de Granada en tres asignaturas. Sistemas Operativos I y Sistemas Operativos II, que se imparten en el segundo curso de las tres titulaciones de Informática, en el primer y segundo cuatrimestre, respectivamente. Diseño de Sistemas Operativos que se imparte en quinto curso de Ingeniería Informática y es optativa.

La asignatura de Sistemas Operativo I, con un programa y método de trabajo similar a los que podemos encontrar en otras universidades, seguía, tras algunas reformas, enfrentándose a dos graves problemas. Uno, el alto porcentaje de no presentados en las diferentes convocatorias de examen. Otro, las dificultades para adquirir las

capacidades adecuadas en la asignatura. Este último punto provoca además una dificultad añadida en el seguimiento de la asignatura de Sistemas Operativos II, que impartimos en el segundo cuatrimestre.

Para intentar evitar estos problemas, nos planteamos modificar la forma de impartir y evaluar la asignatura. Las modificaciones propuestas se acercan a la filosofía propuesta por el Espacio Europeo de Educación Superior, es decir, tratan de centrarse en el aprendizaje más que en el proceso de enseñanza.

En el siguiente apartado, mostraremos todos los cambios realizados y justificaremos su uso. En el apartado 3, analizaremos tanto los resultados de las encuestas pasadas a los estudiantes como los obtenidos de las calificaciones finales. Para finalizar, expondremos nuestras conclusiones y líneas de mejora para próximos cursos.

2. Trabajo desarrollado

Los intentos de mejora realizados con anterioridad en la asignatura estaban orientados hacia la enseñanza [1]. En ellos, los profesores tratan de mejorar la docencia mediante una preparación más cuidada de las clases magistrales, ajustar los contenidos para que estuviesen actualizados (evitando explicar cuestiones en desuso), preparar de material de apoyo para ilustrar los conceptos más problemáticos, etc.

Desgraciadamente, este esfuerzo no se veía suficientemente recompensado tanto en las calificaciones de los alumnos como en un decremento de la falta de asistencia a los exámenes y clases.

Por ello, decidimos afrontar una reforma en la forma de desarrollar la docencia de la asignatura con el objetivo de centrarnos más en el aprendizaje del alumno, y, por tanto, delegando la

responsabilidad de su aprendizaje en ellos mismos.

Las medidas tomadas comprendían las siguientes acciones:

- Emplear las clases magistrales de una manera reducida y en temas concretos.
- Fomentar el trabajo en grupo fuera y dentro del aula. Esto genera unas clases presenciales más participativas y dinámicas.
- Desarrollar un tipo de docencia similar al aprendizaje basado en problemas en aquellos casos en que sea posible.
- Elaborar una guía didáctica y otra de trabajo autónomo que facilite la labor del alumno guiando su proceso de aprendizaje.
- Modificar el sistema de evaluación para que ésta sea una medida real de valoración del aprendizaje y no un mero sistema de clasificación de estudiantes.

En los siguientes epígrafes vamos a detallar cada uno de estos puntos y a ejemplificarlo en el contexto de nuestra asignatura de Sistemas Operativos I.

2.1. La clase magistral

Dado que queríamos dar más importancia al trabajo del alumno, decidimos reducir el número de clases magistrales. En general, su uso está encaminado a la transmisión de información, y por ello pensamos que parte de la adquisición de esa información se podría realizar de igual forma mediante la lectura de una de las referencias clásicas de la disciplina. En nuestro caso, optamos por el libro de Stallings [2]. Podría haber sido cualquiera, pero lo vimos más adecuado por dedicar una mayor atención a aspectos de interacción entre los sistemas operativos y el hardware que otros libros. La elección de un único texto de referencia permite unificar las lecturas de los estudiantes, y no excluye que se aporte nuevo material procedente de otras referencias, como veremos al hablar de las guías.

Las clases magistrales impartidas tienen ahora básicamente dos objetivos. Primero, se usan al comienzo de un tema, y están enfocadas a dar una visión global y conductora del tema (visión que a veces se pierde en las lecturas concretas de la bibliografía). Segundo, conocidos los principales escollos de la asignatura, la clase magistral pretende avisar a los alumnos de los problemas

concretos que se pueden encontrar y su correcta interpretación.

Como ejemplo del primer uso de la clase magistral, centrémonos en la primera clase del tema de Gestión de Memoria, típico de cualquier asignatura de fundamentos de sistemas operativos. En ella, presentamos una visión general con la línea argumental que pasamos a exponer.

La gestión de memoria tiene tres ejes fundamentales: el primero, relacionado con el hardware, y que si bien nosotros veremos algunos aspectos, se tratará con mayor detalle en otras asignaturas (en nuestro caso en Estructura de Computadores II, que se imparte en el segundo cuatrimestre); el segundo, la generación de código por parte del compilador, que se estudiará con mayor detalle en asignaturas de procesadores de lenguajes; por último, el sistema operativo, que interacciona con los otros dos elementos para llevar a cabo una gestión eficiente de la memoria.

A continuación se expone algún esquema simple de gestión de memoria, con el objetivo de establecer el principal concepto relacionado con el tema, *la fragmentación*. Se explica que éste es el fenómeno que desencadenó la generación de nuevos esquemas de gestión de memoria más complejos debido a que producía un gran desperdicio de memoria. Surge así la segmentación, que, con la idea de trocear un programa en fragmentos, se pensaba que reduciría la fragmentación de forma notable. La segmentación presenta el problema de ser un mecanismo de asignación dinámica de memoria, por lo que penaliza la ejecución de los programas y sigue produciendo fragmentación. A partir de este problema, se ideó dividir el proceso en fragmentos iguales a los huecos de memoria para eliminar el problema de la asignación dinámica y el de fragmentación externa, surge así la *paginación*.

En los sistemas actuales y condicionados por el hardware, se utilizan estos dos últimos esquemas, que si bien son en cierta medida redundantes, tienen encomendadas diferentes funciones: la segmentación gestiona los diferentes niveles de privilegio, la paginación gestiona las necesidades de memoria de los procesos.

Reduciendo el número de clases magistrales, se nos planteaba el problema de cómo transmitir al estudiante la información necesaria. Optamos por la solución de encomendar parte de este

trabajo al alumno, que realiza lecturas seleccionadas del libro de texto como parte de su trabajo en casa. Recordaremos que la asignatura tiene 5.33 ECTS, lo que supone unas tres horas semanales de trabajo no presencial. Esto tiene como ventaja, frente a otros esquemas, que permite estimar el tiempo de trabajo del estudiante en casa de una manera fácil.

2.2. El trabajo en grupo

La reducción del número de clases magistrales permite dedicar una parte importante de las clases presenciales a un trabajo activo del alumno, frente al pasivo que fomenta la clase magistral. Para el trabajo en clase, optamos principalmente por fomentar el trabajo en grupo. Esto obedece básicamente a dos razones: primero, el trabajo en grupo en el aula permite al profesor supervisar el proceso de aprendizaje y, por tanto, intervenir de una forma más eficiente en su marcha; segundo, resuelve el problema frecuente que se deriva de la dificultad de poner en contacto a los componentes del grupo fuera del aula, debido en muchas ocasiones a la incompatibilidad horaria.

En nuestro departamento, un grupo de profesores venimos usando diferentes técnicas de aprendizaje cooperativo desde que en 2005 se impartiera un taller al respecto [3].

El aprendizaje cooperativo en nuestra asignatura consume un porcentaje importante de las clases presenciales. Desde el primer día de clase, se forman grupos de tres alumnos, cuyo objetivo es abordar durante el cuatrimestre diferentes trabajos en grupo, tanto fuera como dentro del aula. Como después veremos al analizar los resultados, creemos que esta forma de trabajo influye positivamente a la hora de que los alumnos no vayan dejando la asignatura a lo largo del cuatrimestre.

Los trabajos propuestos para resolver en grupo están encaminados a solventar las dudas de las lecturas previas, y plantear y resolver problemas que posiblemente el estudiante no percibió cuando realizó el estudio. En definitiva tiene por objetivo generar un conocimiento más profundo sobre la materia.

Para ilustrarlo en el contexto de la disciplina, y siguiendo con el ejemplo del tema de memoria, una vez leído en el libro el apartado sobre paginación, se plantea a los grupos un ejercicio en

el que se les propone que construyan la tabla de páginas para un proceso cuyo espacio de direcciones (divido en código, datos y pila con tamaños determinados) se da como dato. Este ejercicio permite que entiendan como funciona la paginación y pone de manifiesto aspectos que leyeron pero que no saben como manejar en la práctica. Por ejemplo, las dudas que les surgen en este ejemplo proceden de cómo reflejar la presencia de *heap* en la tabla de páginas (en general, suelen no reservar entradas para él) o qué hacer con las páginas compartidas de código y datos (que suelen separarlas). Además, éste ejercicio sirve de ilustración para que posteriormente entiendan por que es necesario, como vemos en Sistemas Operativos II, superponer sobre la paginación otros esquemas de gestión de memoria, como las *vm-áreas* de Linux, que permiten una representación cómoda de espacios de direcciones dispersos.

Estos ejercicios de clase permiten al profesor guiar el aprendizaje, pues cuando se detecta que algún concepto no se ha entendido bien se pueden plantear nuevos ejercicios en la misma línea pero desde otras perspectivas para que lo asimilen.

Además de los trabajos en grupo de clase, también se asignan algunos trabajos fuera del aula. En concreto, este año se ha realizado uno sobre los algoritmos de planificación de la CPU y otro en algoritmos de sustitución de páginas. Estos trabajos tienen como interés, además de que adquieran los conocimientos propios de los temas, fomentar las capacidades relativas a la expresión escrita y oral, pues se entregan sendos documentos y se exponen en clase.

2.3. Aprendizaje basado en problemas

Los ejercicios, o problemas, que se proponen en clase suelen mostrar en general una parcela pequeña del tema de estudio que nos ocupa, y, por tanto, no suelen dar una visión de funcionamiento global del sistema.

Para solventar este inconveniente, hemos desarrollado un ejercicio que se resuelve poco a poco, pero que da una visión conjunta de varios temas de la asignatura, integrando contenidos que de otra forma parecen confinados en temas independientes.

Para su desarrollo, partimos de los conocimientos previos de los alumnos en una asignatura de introducción a la informática de

primer curso. En ella, se estudia el funcionamiento de un sistema de computador incluidos los mecanismos básicos de entradas/salidas: sondeo, interrupción, y mediante DMA. A partir de aquí, desarrollamos en problema en partes estructuradas según los temas de la asignatura.

En el Tema 1 de la asignatura se hace una introducción a la funcionalidad del sistema operativo y cómo esta se estructura en componentes. En especial hablamos de las rutinas de entrada/salida o manejadores de dispositivo. En un ejercicio se pide al grupo que traslade el diagrama de entradas/salidas controladas por interrupción visto en primer curso a pseudo-código de forma que separen las diferentes actividades del diagrama de flujo y las asignen a los módulos del sistema operativo que las realiza. Este ejemplo permite reflexionar sobre el tratamiento de las interrupciones por parte del sistema operativo, y comprender las bases de la multiprogramación al visualizar que se debe ceder el control a otro proceso una vez instruido el dispositivo para realizar una operación.

En el segundo tema, dedicado a la implementación de procesos, se retoma el mismo ejemplo. Este permite de forma natural ver la necesidad de introducir el concepto de estado de un proceso y esto a su vez deriva en transiciones entre estados, en especial del estado bloqueado. La Figura 1 recoge un instante de construcción de este macro ejemplo. También, nos permite ver como se implementa tiempo compartido a través de las oportunas modificaciones de la rutina de servicio de interrupción.

De nuevo, en el Tema 3, podemos retomar el ejemplo, para introducir y resolver un problema de productor-consumidor centrado en una entrada de teclado.

Como podemos observar, este gran ejercicio nos permite, mejor dicho les permite a ellos, ir creando un *sistema operativo de papel* que explica y justifica la aparición de muchos conceptos que aparecen en sistemas operativos.

2.4. Guía didáctica y de trabajo autónomo

Como se recoge en [4], “el desplazamiento inicial de interés por la enseñanza hacia el aprendizaje, que aparece como uno de los postulados del EEES, obliga al profesor a planificar y desarrollar la enseñanza de un modo diferente. No es suficiente con facilitarle al alumno el material que tiene que estudiar sino que hay que indicarle cómo deber abordar el proceso de aprendizaje”.

Desde este planteamiento, decidimos realizar una guía didáctica y otra de trabajo autónomo para la asignatura. Debemos de indicar que es precisamente esta última, la de trabajo autónomo, la que nos ha consumido el mayor esfuerzo, ya que la guía didáctica contiene información sobre la asignatura que ya estaba disponible de forma dispersa: objetivos, temario, tutorías, forma de evaluación, etc.

En nuestro caso, la guía de trabajo autónomo contiene un programa de trabajo detallado al día que pretende guiar el aprendizaje de los alumnos. En ella se recogen tanto la dedicación temporal de cada tema, como las actividades diarias a realizar: qué hay que leer, que ejercicios o cuestiones se van a tratar en clase, cuales son los puntos importantes, etc.

Estas guías han mostrado ser muy útiles, y así lo han valorado los alumnos, por los siguientes motivos:

- Reducen la incertidumbre del alumno ante la docencia, ya que sabe qué va a hacer en cada momento. Además, si algún alumno falta un día, sabe qué trabajo se ha realizado y por tanto qué debe recuperar.
- Marcan el ritmo de trabajo, que en un modelo tradicional podría acelerarse o retrasarse por diversas causas. Esto no quiere decir que las guías deber ser inflexibles.
- Permiten alterar el hilo conductor, o enfoque, de determinados temas y añadir material adicional al libro de texto, al permitirnos

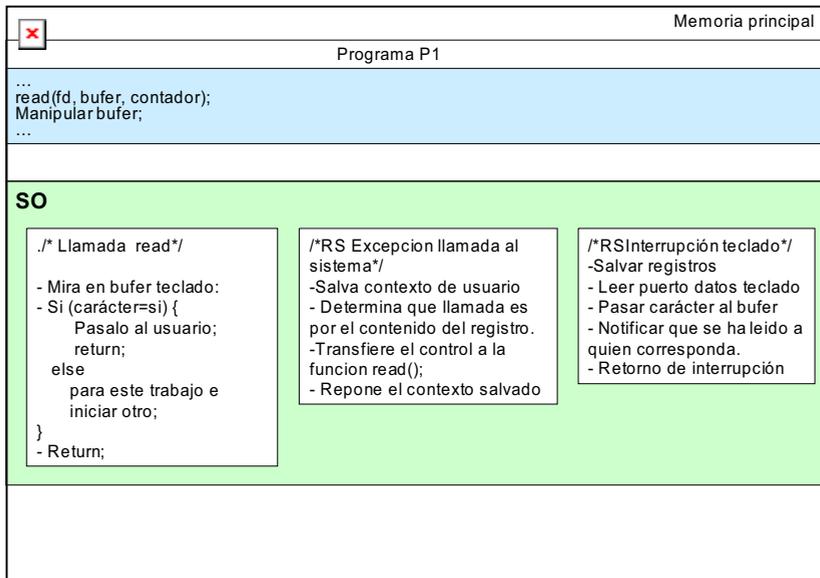


Figura 1. Una instantánea de la evolución del sistema operativo de papel

reordenar las lecturas o intercalar nuevos documentos.

- Permiten que el alumno se centre más en su aprendizaje que en la toma de apuntes.

En el siguiente apartado se mostrará cómo han valorado los alumnos las primeras guías que hemos realizado este curso.

2.5. Evaluación del aprendizaje

Todos estos cambios nos obligaban a replantearnos la evaluación del aprendizaje, que debería estar más encaminada a fomentar el conocimiento profundo de la materia que a ser un sistema de clasificación de alumnos.

Dada nuestra falta de experiencia en la aplicación de métodos de evaluación continua, no nos atrevimos a dejar el peso de la evaluación exclusivamente en la valoración del trabajo del alumno, y se optó por plantear un porcentaje del 60% para la realización de pruebas individuales, frente al 30% dado al trabajo en grupo. Un 10% de la calificación se deja a potestad del profesor, el cual lo asigna en función de la asistencia y participación en clase, la asistencia a tutorías, etc., es decir, tiene como principal objetivo fomentar la participación.

La evaluación realizada tiene las características de ser formativa y acumulativa.

Al hablar de evaluación formativa me refiero a que el proceso de evaluación tiene como principal objetivo ver el proceso de aprendizaje del alumno y, a la vista de los resultados, tomar las acciones oportunas. Para ello, comenzamos el cuatrimestre realizando ejercicios en grupo, muchos de estos ejercicios se corrigen en clase, y puntualmente es el profesor quién corrige alguno de ellos. Esta corrección permite conocer la marcha del grupo, tanto al profesor como a los miembros del mismo, pues la corrección se realiza en un plazo breve de tiempo y se devuelven los ejercicios a los grupos con las anotaciones pertinentes.

Cuando está finalizado el tema, se procede a realizar una prueba individual similar a las pruebas realizadas en grupo. El objetivo de la misma es conocer la marcha de cada uno de los alumnos de forma individual. Al igual que en las pruebas en grupo, esta se corrige rápidamente y se devuelve debidamente anotada al alumno, lo que permite el estudiante corrija lo más rápidamente posible las deficiencias de aprendizaje observadas.

La evaluación es acumulativa por diferentes motivos. Uno de ellos proviene del deseo de

fomentar en ellos la capacidad de razonamiento y resolución de problemas, por lo que creemos que no podemos aislar los temas unos de otros, sino ver la materia como un todo. Otro proviene de la propia operatoria a la que están acostumbrados de la docencia tradicional, me refiero al examen parcial. No deseamos que vean las pruebas/ejercicios individuales como exámenes parciales en los que se da una materia, se estudia y después se desecha.

3. Resultados obtenidos

Con el objetivo de poder evaluar la docencia de la asignatura en este curso, preparamos dos encuestas para los alumnos, que fueron pasadas al final del cuatrimestre a los alumnos presentes en clase. Una encuesta destinada a evaluar la asignatura y al profesor; la otra, destinada a valorar las guías y la metodologías empleadas.

Respecto a los resultados de la encuesta sobre el profesor y la asignatura, la calificación del profesorado de la asignatura es superior a la obtenida en las encuestas de satisfacción del profesorado que en cursos anteriores realizó nuestra universidad. La calificación a la pregunta “ha aumentado mi interés por los estudios de informática” ha sido de de 3 sobre 4 (que corresponde a un “bastante”). Respecto a “si han llegado a dominar los principios de la asignatura” la puntuación media es de 3.3 sobre 4. Y dan una puntuación de 3 a la pregunta “he mejorado mi capacidad para extraer conclusiones”.

Teniendo en cuenta que la calificación media del ítem peor puntuado es de 2.3, hay que tener presente que quedan algunas cosas por mejorar, como son: aumentar su curiosidad por investigar y descubrir, lograr mayor confianza en sus capacidades, y un aumento de su capacidad y actitud crítica.

En cuanto a la evaluación de las guías y la metodología, hay que resaltar que merecen una calificación media de 7.3 y 8.2 sobre 10, respectivamente. También, es de resaltar que un 91% de los estudiantes opinan que esta metodología hace al alumno más responsable de su aprendizaje y es más adecuada al nivel universitario.

Otro punto a destacar es que el 77% contesta que exige más trabajo del alumno. Esto es obvio pues, frente al mero esfuerzo de asistir a clase en

un método tradicional, a nuestros alumnos les exigimos una participación muy activa tanto en el aula como fuera.

Volviendo al planteamiento inicial, que exponíamos en la Introducción y que nos condujo al cambio de concebir nuestra docencia, indicar que el absentismo de clase ha bajado del 50 al 31%, que aproximadamente el 70% de los alumnos que comenzaron asistiendo a clase finalizaron el cuatrimestre, y que han superado con éxito la asignatura un 82% de los la han seguido (frente a un escaso 50% de los años en que se ha seguido un enfoque tradicional) .

Para concluir, en la Tabla 1 se muestran las calificaciones de los tres últimos cursos de la asignatura.

Cursos	2004-05	2005-06	2006-07
Por calificación:	%	%	%
Suspensos	31,46	15,63	13,95
Aprobados	4,49	21,88	23,26
Notables	3,37	9,38	30,23
Sobresalientes	3,37	1,56	4,65
Matrícula H.	1,12	1,56	0
No presentados	56,18	50	27,91
Por resultados:			
No superados	31,46	15,63	13,95
Superados	12,36	34,38	58,14
No presentados	56,18	50	27,91

Tabla 1.- Calificaciones de los últimos tres cursos.

Como se puede observar, hay una reducción de alumnos no presentados. Respecto a los presentados, se observa claramente una mejora de las calificaciones. Si observamos existe una mejora en el curso 2005-06 respecto al curso 2004-05. Esta mejora es justificable debido a que ya en el curso 2005-06 comenzamos a aplicar algunos de los métodos citados en los apartados anteriores.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Desde nuestro punto de vista, y tras analizar los resultados expuestos en el apartado anterior, creemos que estamos en un buen camino dado que los resultados han mejorado notablemente respecto a cursos anteriores.

No obstante quedan elementos que hay que mejorar. Por ejemplo, recuperar parte de ese 27% que se matricula en la asignatura pero no la cursa, o fomentar un mayor uso de la tutorías para

resolver las dificultades de aprendizaje detectadas durante el desarrollo de la asignatura.

El grupo de clase con el que hemos trabajado este curso tenía 45 matriculados, de los cuales sólo 33 cursaron la asignatura. Este pequeño número nos ha permitido dedicarles más atención a los estudiantes y a la asignatura, pero entendemos que el método empleado es aplicable a grupos mayores con pequeños ajustes. Esto se debe a que el principal esfuerzo del profesorado ha estado centrado en la elaboración de las guías y la metodología, pero este trabajo es amortizable para cursos posteriores.

Respecto a la evaluación, que podría parecer que consume mucho tiempo, indicar que los trabajos en grupo disminuyen el número de ejercicios a corregir. En nuestro caso, al formar grupos de 3 alumnos, solo necesitamos corregir, un tercio de ejercicios. Creemos que es posible formar grupos algo mayores en clases donde sea necesario, de incluso 5 alumnos, pero el principal inconveniente con la estructura de las aulas actuales es que un grupo de este tamaño no trabajaría de una forma cómoda.

Respecto a los ejercicios individuales, al ser preguntas muy concretas se pueden corregir para este número de alumnos en dos o tres horas por prueba. Es decir, todas las correcciones se pueden realizar en parte del horario oficial de tutorías. Lo que es más importante, el trabajo global de las pruebas individuales es el mismo que el de corregir un examen final con 10 preguntas.

Para el próximo curso pretendemos seguir mejorando las guías. Además creemos conveniente, dado el gran número de ejercicios,

trabajos y pruebas que realizan, poner en marcha una metodología tipo *portafolio* en el que los alumnos guarden todo ese material para ver su evolución y aplicar cómo usarlo desde el punto de vista de la evaluación del aprendizaje.

De forma más inmediata, se pretende agrupar el material desarrollado, en especial la guía didáctica y la guía de trabajo autónomo, y hacerlo accesible para todos los interesados en el tema en la páginas web de la asignatura con dirección <http://lsi.ugr.es/~jagomez/sisopi.html>.

5. Referencias

- [1] Gómez, J. A. *La asignatura Sistemas Operativos I en el 2mil2*, Actas de las VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2002, páginas 533-540, Cáceres, Julio 2002.
- [2] W. Stallings, *Sistemas Operativos : Aspectos internos y principios de diseño (5ª de)*, Prentice Hall, 2005.
- [3] J. Bará, J. Domingo, M. Valero, *Taller de formación: Técnicas de Aprendizaje cooperativo*, Universitat Politècnica de Catalunya, 24-25 Nov. Granada, 2005.
- [4] S. Camacho, *Planificación de la docencia universitaria: Las Guías didácticas*, curso organizado por el Vicerrectorado de Planificación , Calidad y Evaluación de la Universidad de Granada en 2005, en www.ugr.es/~vic_plan/formacion/ceguido/ceguido1/Documenta/PDU_GD1_Guia.pdf