

UTILIZACIÓN DE SOFTWARE LIBRE EN ASIGNATURAS DE INTRODUCCIÓN A LOS MICROPROCESADORES.

Manuel Domínguez, Antoni Mas
Departamento Ingeniería Electrónica, ETSETB, Barcelona
Universidad Politécnica de Cataluña

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar una experiencia llevada cabo con programas libres, de licencia GNU, como una excelente herramienta de trabajo en el desarrollo de asignaturas para sistemas empotrados ('embedded systems'), o en general para sistemas basados en microprocesador. Estas herramientas junto con un kit de desarrollo standard basado en el microprocesador ARM7TDMI permiten la realización de prácticas que exploran las vertientes de programación y hardware de este tipo de sistemas.

Palabras Clave: *software libre, e-educación, microprocesadores*

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos con herramientas de software libre en una asignatura de primer ciclo de introducción a los microprocesadores, dentro de la titulación de Ingeniería de Telecomunicación de la ETSETB, UPC. Esta asignatura, Circuitos y Sistemas Electrónicos IV, proporciona al estudiante una introducción al diseño de sistemas basados en microprocesador. Se analizan aplicaciones de control, ampliando un campo que, con frecuencia se centra únicamente al ordenador personal.

Los conocimientos previos proporcionados por asignaturas anteriores incluyen: programación en C y en ensamblador, configuración de periféricos y su gestión por los diferentes métodos disponibles (interrogación, interrupciones y DMA) siempre en el entorno de un ordenador personal. El estudio de los sistemas empotrados introduce a los estudiantes en varios aspectos totalmente novedosos:

- a) El hardware asociado con estos sistemas: la utilización de microcontroladores y los chips periféricos habituales tales como memorias SRAM, DRAM, ROM, Flash, etc. Para ello es necesario estudiar los problemas de conectividad eléctrica, lógica de decodificación y temporización de las transacciones entre el microprocesador/microcontrolador y los periféricos externos.
- b) La programación de los registros internos de los microcontroladores: registros de periféricos internos como puertos de E/S, temporizadores, convertidores A/D, D/A, buses de comunicación, etc.
- c) La programación de aplicaciones en sistemas que no tienen un sistema operativo convencional.
- d) la estructuración de las aplicaciones SW de control en capas y funcionalidades (drivers, librerías, procesos y métodos de comunicación entre ellos)
- e) La compilación y depuración de aplicaciones para dichos sistemas. Con frecuencia, los procesadores utilizados en los sistemas empotrados no son compatibles con aquellos empleados en los ordenadores donde se ejecutan las herramientas necesarias.

La documentación de referencia de estos sistemas se caracteriza por ser extremadamente detallada, extensa y compleja. Esto significa que entre los objetivos concretos de la asignatura se encuentra el manejo por parte del estudiante de esta documentación para encontrar informaciones concretas necesarias para el diseño y programación de estos sistemas.

Existe una enorme variedad en el mercado de microprocesadores/microcontroladores y de placas de evaluación de los mismos. Por ello, uno de los objetivos de la asignatura es proporcionar conocimientos generales aplicables a una mayoría lo más extensa posible de estos sistemas. Esto se traduce en que, en la mayoría de ejercicios planteados a los estudiantes de la asignatura, se introduce un microprocesador o un mecanismo de funcionamiento no explicado en las sesiones de teoría. Las sesiones prácticas de laboratorio ayudan a clarificar estos conceptos, proporcionando el puente adecuado entre los conceptos generales y los detalles de los dispositivos utilizados en aplicaciones reales.

En este contexto se ha preparado una plataforma de prácticas basada en un microcontrolador cuyo núcleo es un procesador ARM7TDMI, uno de los más ampliamente utilizados en la industria.

Por un lado, se aborda la familiarización con las herramientas de compilación, ejecución y depuración de aplicaciones en sistemas empujados. Se sigue con la configuración y control de periféricos y, finalmente, se propone a los alumnos la visualización de ciclos de bus del microprocesador, mediante analizador lógico. Las herramientas de programación utilizadas son libres, con licencia GNU. El conjunto está basado en el entorno de programación multiplataforma Eclipse, y ha proporcionado un excelente resultado.

2. Descripción de las prácticas

El objetivo Para la realización de estas prácticas se utiliza un kit de desarrollo basado en el microcontrolador NXP LPC2292, que tiene como núcleo el procesador ARM7TDMI. Este procesador, de amplia utilización en instrumentación, control industrial, telefonía móvil, reproductores multimedia, consolas de videojuegos, sistemas de comunicación de datos y routers, entre otras, tiene excelentes prestaciones y dispone de un nivel de documentación extraordinario.

El amplio abanico de aplicaciones en que este microprocesador se utiliza favorece, sin lugar a dudas, el interés del estudiante por conocer los detalles de un dispositivo sofisticado pero que, a la vez, puede encontrar en su entorno habitual. El kit de diseño escogido es el LPCEB2000-B, con la placa madre LPCEB2000-I, ambas de Embest [1] (ver Figura 1). Esta placa contiene una serie de periféricos externos que permiten ensayar diversas técnicas de programación. Entre otros:

- a) Displays de siete segmentos,
- b) Teclado con posibilidad de control por interrupciones,
- c) Puerto serie, bus I2C y bus CAN,
- d) Bus SPI interno del microcontrolador conectado a un registro de desplazamiento con carga paralela conectado a 8 LEDs.

Así mismo, la placa núcleo, LPCEB2000-B, dispone de tres conectores que pueden ser utilizados para visualizar en analizador lógico todas las señales del microprocesador. Esta característica no es muy común entre los kits de desarrollo habituales, pero sin embargo tiene un valor pedagógico innegable debido a que permite visualizar los ciclos de acceso del microcontrolador a las memorias externas de que dispone.

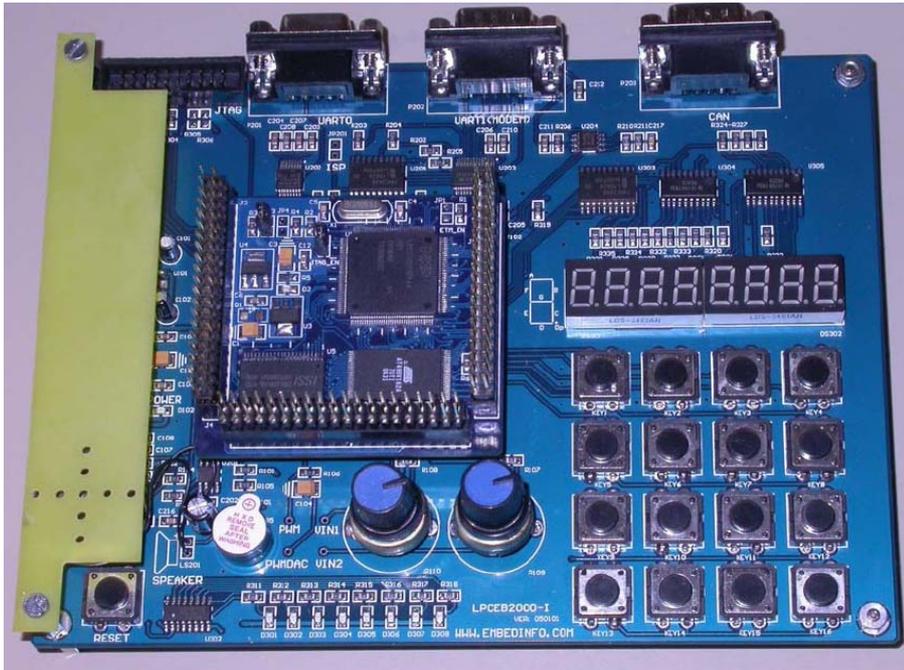


Fig. 1: Fotografía de la placa utilizada en las prácticas.

La elección de una herramienta profesional de depuración de programas es un problema, dado que en general son caras (pueden representar fácilmente unos \$1000 por puesto de trabajo) y en cualquier caso la utilización del método de licencias no facilita el uso remoto por parte de los estudiantes, ni su implicación en aplicaciones opcionales con el mismo sistema utilizado en la asignatura.

El ARM7TDMI puede ser depurado mediante el interfaz JTAG (norma IEEE 1149.1). La placa base escogida, LPCEB2000-I, dispone de un conector JTAG que se conecta a un convertor JTAG-USB (Amontec Tiny), de coste reducido (alrededor de \$30). La elección de este tipo de emulador JTAG es muy importante para mantener un bajo coste global. Finalmente el cable USB se conecta al PC. Para depurar se ha escogido la plataforma Eclipse. Esta plataforma, basada en Java, creada por IBM y liberada en el año 2001, permite una depuración profesional de programas. Como puente entre Eclipse y el puerto JTAG se utiliza el 'openocd' (Open On-Chip-Debugger [2]), véase la Figura 2. La distribución utilizada se denomina YAGARTO [3], y permite una instalación rápida y fácil en entorno Windows. También se ha comprobado la viabilidad de realizar las prácticas en entorno Linux, aunque en este caso la configuración de los programas resulta un poco más laboriosa. La figura siguiente muestra la estructura de las herramientas software del sistema. Se realiza la posibilidad de operación remota (en red) en los procesos de depuración.

Debido a la propia complejidad del microprocesador escogido se ha tenido especial cuidado en redactar un manual de prácticas con objetivos concretos y con toda la información necesaria recogida en el mismo. La cantidad de información aportada al estudiante decrece a medida que se va familiarizando con el sistema. Todo esto facilita el aprendizaje que, de otra forma, supondría manejar manuales de usuario muy extensos. Por otro lado se proporcionan ejemplos sencillos y se pide realizar modificaciones a los mismos.

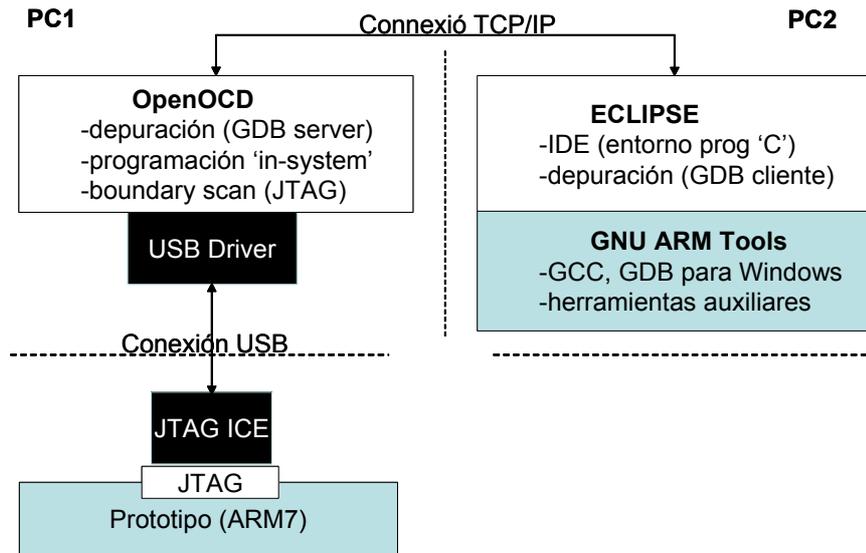


Fig. 2: Esquema de trabajo de las herramientas de compilación/depuración + JTAG.

Finalmente, cabe destacar que se proporcionan cuatro apartados bastante guiados obligatorios y cuatro más que son opcionales. Esto facilita, en opinión de los autores, que los estudiantes más motivados puedan trabajar temas más difíciles o más abiertos.

3. Resultados

La plataforma Eclipse ha permitido la depuración completa de programas. Es posible parar la ejecución de un programa, examinar contenidos de variables, y ejecutar paso a paso. La fiabilidad del sistema es alta y la depuración se lleva a cabo de forma ágil. Se prevé en un futuro cercano la utilización remota de la plataforma Eclipse. El programa se puede instalar en un PC y con tal de indicar la dirección IP del PC conectado a la placa y en el que se ejecuta el Open-OCD, se puede realizar dicha depuración.

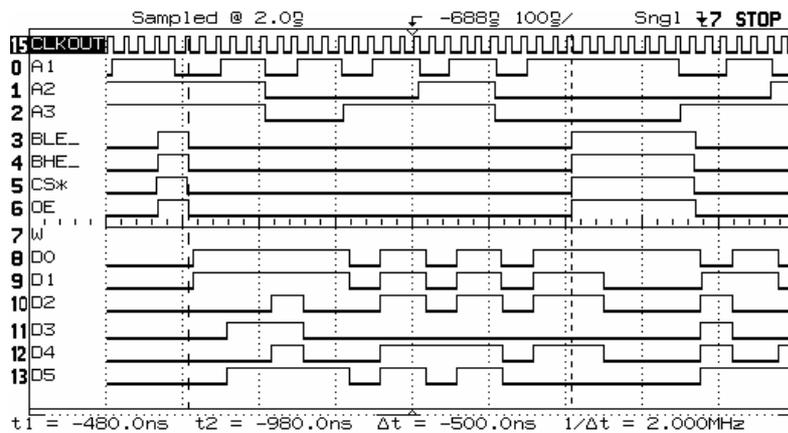


Fig. 3: Instantánea de analizador lógico en el que se aprecia un ciclo burst de lectura del microcontrolador.

La elección de la placa LPCEB2000-B, en la que se encuentra el microcontrolador y que permite observar todos los 'pines' del microcontrolador, ha permitido a los estudiantes visualizar en analizador lógico los ciclos de lectura y escritura a la RAM externa. De esta manera la asignatura no se centra únicamente en los aspectos prácticos de programación sino también en la comprensión del hardware. En la Figura 3 se observan varios ciclos de lectura del microcontrolador. La utilización de ciclos de bus en modo *burst* por parte del microcontrolador permite ilustrar en prácticas este fenómeno. En concreto en lectura se observa que se activan las señales de control del microcontrolador durante varios ciclos de reloj mientras va cambiando el contenido del bus de direcciones. En escritura, sin embargo, aún en modo burst, es obviamente necesario realizar validaciones individuales de cada una de las escrituras (como se puede observar en la Figura 4).

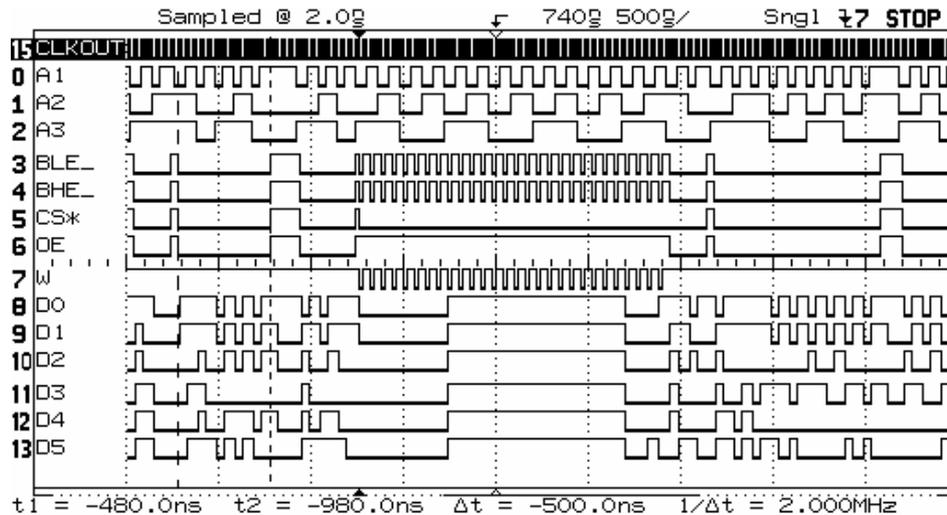


Fig. 4: Instantánea de analizador lógico en el que se aprecia un ciclo burst de escritura del microcontrolador.

4. Conclusiones

La utilización de herramientas de software libre ha permitido reducir drásticamente los costes de la puesta a punto de las prácticas de una asignatura de introducción a los sistemas basados en microprocesador. La herramienta utilizada, Eclipse con Open-OCD, proporciona las mismas prestaciones que otros programas de elevado coste. El hecho de utilizar software libre permitirá a los estudiantes seguir utilizando este entorno en otros proyectos dentro y fuera del entorno universitario.

Referencias:

- [1] www.embedinfo.com
- [2] www.yagarto.de
- [3] openocd.berlios.de.

EL USO DEL E-LEARNING PARA EL APRENDIZAJE EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. UN ESTUDIO EN EL ÁREA DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS.

Eva MARTÍNEZ-CARO

Departamento de Economía de la Empresa
Universidad Politécnica de Cartagena

Resumen

El uso de las tecnologías de la información y la comunicación está siendo promovida en la enseñanza superior y, en particular, en el área de Organización de Empresas, como consecuencia de la adopción del EEES impulsado por la Unión Europea. El EEES promueve la inclusión de mejoras en los métodos docentes y del aprendizaje activo de los alumnos. En ese sentido, este trabajo propone el e-learning como un nuevo método docente realizando un análisis desde la perspectiva del crédito ECTS y sus implicaciones. Para ello se ha llevado a cabo un estudio en el que se compara la carga de trabajo y los resultados académicos en un entorno e-learning y otro tradicional. Los resultados señalan que, aunque la carga global de ambos entornos es la misma, en el entorno e-learning los alumnos invierten más tiempo en tareas en las que desempeñan un papel activo, lo que además, se refleja de manera positiva en sus calificaciones.

Palabras Clave: *e-learning, Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), crédito ECTS, Universidad, aprendizaje.*

1. Introducción

La Unión Europea (UE), que inició sus actividades con un enfoque estrictamente económico, ha propiciado la convergencia en distintos ámbitos que incluyen, entre otros, aspectos jurídicos, sociales y educativos [1]. En educación se ha impulsado un movimiento importante encaminado al desarrollo de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). España se suma a este ambicioso proyecto de construcción del EEES en 1999, con la Declaración de Bolonia, que fue suscrita por 29 países europeos, extendiéndose el plazo para su consecución hasta 2010. El proceso de convergencia para la construcción del EEES, ha ido perfilándose con posteriores declaraciones de los ministros europeos de educación reunidos en Praga en 2001, Berlín en 2003 y en Bergen (Noruega) en mayo de 2005, al tiempo que se ha ido incrementado el número de países participantes hasta 45.

Los objetivos principales del EEES son la adopción de un sistema flexible, comparable y compatible de titulaciones, el establecimiento de un sistema europeo de transferencia de créditos, el fomento de la movilidad de estudiantes, profesores e investigadores, la formación de los ciudadanos a lo largo de la vida así como la promoción de la cooperación europea para garantizar la calidad de la educación superior.

Además, propone la inclusión de mejoras en los métodos docentes y del aprendizaje activo de los alumnos, como elemento esencial en el proceso de construcción de un EEES de calidad. En ese sentido, hay que considerar que tradicionalmente la enseñanza Universitaria se ha caracterizado por la primacía de los contenidos, la pasividad del alumnado y el papel preponderante del profesor como simple transmisor de contenidos. La lección magistral ha sido emblemática de esta manera de concebir la enseñanza: dar a todos los discípulos el mismo contenido, bajo las mismas circunstancias de espacio y tiempo, al mismo ritmo y presuponiendo una igualdad de condiciones [2]. Es el método clásico de enseñanza y el más extendido pero también es el más criticado por los alumnos y por la sociedad en general, que no lo cree adecuado a las nuevas exigencias docentes.

Las estrategias actuales de educación están sustituyendo los modelos antiguos, por otros en los que recae mayor responsabilidad en los alumnos. Al estudiante que una vez fue pasivo, se le requiere ahora que sea un sujeto activo, autónomo desarrollando conocimiento personal. Hoy en día se pide a los estudiantes que examinen el pensamiento y los procesos de aprendizaje, que recopilen, registren y analicen datos; que formulen y contrasten hipótesis; que reflexionen sobre lo que han comprendido, que construyan su propio significado [3].

Dada la transformación necesaria de un sistema educativo basado en la enseñanza en otro basado en el aprendizaje, y los objetivos docentes que se plantean, se hace preciso introducir recursos que permitan la interactividad continua entre el docente y el discente, y constituyan una guía y herramienta de apoyo al alumno en su proceso de aprendizaje. En este sentido, las tecnologías de la comunicación y la información (TIC) representan nuevas posibilidades en la transmisión y distribución de conocimientos [4] ya que permiten: Flexibilidad en las formas de aprender; procesos de aprendizaje en los que se implique de forma más directa al alumnado; mejora e innovación de la cultura tradicional; acceso a los mejores recursos didácticos disponibles; diseño del ritmo de aprendizaje; acceso a la formación desde el hogar, haciendo compatible la vida profesional y familiar, etc.

Hoy en día, la tecnología es considerada como un factor importante para las mejoras educativas en sus diferentes niveles [5]. En particular, está probado que la tecnología es valiosa en enseñanzas superiores y en áreas aplicadas, tales como la Organización de Empresas [6,7,8].

En este estudio se analiza el papel del e-learning, es decir, de la aplicación de las nuevas tecnologías al proceso de enseñanza-aprendizaje, en el EEES.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera. Después de describir el papel que puede desempeñar el e-learning en la Educación Superior, se analiza la relación entre el e-learning y el EEES, principalmente, a través de los créditos ECTS. A continuación, se expone el diseño, la muestra y la situación experimental del estudio empírico realizado para comparar la carga de trabajo de los alumnos y sus resultados académicos en un entorno e-learning y en otro tradicional. Seguidamente, se incluye el análisis de los datos. La discusión de los resultados junto con las conclusiones principales, finalizan el estudio.

2. El e-learning en la Educación Superior

Hoy en día se aboga por los modelos de enseñanza-aprendizaje que recalcan la necesidad de incentivar el aprendizaje activo, donde el alumno es el principal protagonista.

El e-learning o enseñanza virtual, que se define como “*una enseñanza apoyada en las tecnologías de la información y la comunicación donde no es necesario el encuentro físico entre profesores y alumnos y cuyo objetivo es posibilitar un aprendizaje flexible (a cualquier hora y cualquier lugar), interactivo (con comunicaciones síncronas y asíncronas) y centrado en el alumno* [9]”, se presenta como un medio adecuado para este fin, puesto que incorpora un paradigma pedagógico centrado en el aprendizaje más que en la enseñanza y cuya clave para el aprendizaje está en lo que los estudiantes hacen en lugar de en lo que el profesor hace.

Uno de los campos donde el e-learning ha tenido un mayor crecimiento inicial es el mundo universitario. En los últimos años los centros de educación superior de todo el mundo han empezado a poner en práctica nuevas estrategias, entre las cuales destaca el desarrollo de cursos de formación a distancia que incorporan Internet, con el fin de lograr, entre otros, los siguientes objetivos [10]:

- Aumentar el volumen de estudiantes matriculados.
- Responder a las necesidades de una población estudiantil cada vez más diversa.
- Aumentar el acceso a la educación de aquellos grupos de población con unas circunstancias laborales, personales y familiares específicas, pero a los que les resulta imposible acceder a la enseñanza superior tradicional, donde la asistencia a clase es un requisito indispensable.
- Mejorar el proceso de aprendizaje.

- Reducir el gasto institucional por alumno.
- Responder a la presión social y política, al considerarse imprescindible que la población del siglo XXI tenga que estar capacitada para el uso de las nuevas tecnologías y preparada para renovar sus conocimientos cuando sea necesario.

El informe “Virtual Models of European Universities” realizado por la consultora PLS Rambøll Management en 2004 por encargo de la Comisión Europea [11], analiza una muestra de más de 200 universidades (de las 550 que hay aproximadamente) obteniendo una clasificación de las mismas en cuatro grupos:

- Las *universidades avanzadas o front-runners* (18%), caracterizadas por tener una fuerte superioridad demostrada en el uso de las TIC en todos los campos: enseñanza presencial, cursos virtuales, servicios digitales (acceso a funciones administrativas, matriculación online, realización de exámenes online, etc.) y personal docente.
- Las *universidades cooperantes* (33%), presentan una extensa cooperación estratégica tanto con universidades nacionales como con extranjeras así como con otros proveedores educativos. Al igual que las front-runners, están bastante avanzadas en la integración de las TIC en la enseñanza pero presentan un uso mucho más limitado de cursos virtuales y de servicios digitales. Además, una parte de los docentes se presenta todavía escéptica ante la enseñanza virtual.
- Las *universidades autosuficientes* (36%) son el grupo más numeroso. Presentan un nivel de integración de las TIC similar al de las cooperantes pero tienen una mayor presencia de docentes escépticos ante la enseñanza virtual.
- Las *universidades escépticas* (15%) están más atrasadas que las otras en casi cada aspecto: uso limitado de servicios digitales, baja integración de las TIC en la enseñanza, muy baja presencia de cursos virtuales y actitudes hacia las TIC mucho más escépticas que en el resto de universidades.

En el caso de España, la mayor parte de las universidades poseen algún tipo de oferta formativa en modalidad virtual, bien de manera totalmente no presencial o bien de forma semipresencial. De hecho, el uso de plataformas tecnológicas o sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) en las universidades españolas supera el 87% [9]. Además, un 4,1% del presupuesto total de formación de los centros universitarios se dedica a actividades de e-learning [5].

Por tanto, queda claro que el e-learning esta adquiriendo una presencia cada vez mayor en la Educación Superior y, en consecuencia, es necesario analizar el papel que puede desempeñar para facilitar la construcción del EEES.

3. El e-learning en el EEES

La literatura existente ha analizado el e-learning fundamentalmente desde un punto de vista tecnológico, considerando estándares, herramientas que puede incluir, plataformas tecnológicas, etc. [12, 13] o evaluándolo a diferentes niveles, como satisfacción o aprendizaje de los alumnos, resultados económicos, etc. [14, 15]. También se ha estudiado cómo diseñar cursos [16,17] o mejorar los contenidos [18, 19]. En este trabajo, se ha pretendido abarcar una nueva dimensión: la carga de trabajo de profesores y alumnos del área de Organización de Empresas en un entorno e-learning, teniendo en cuenta el concepto del crédito ECTS, y su implicación en la facilitación de un aprendizaje activo así como en los resultados académicos.

En algunos casos se parte de una idea preconcebida que supone que los alumnos “virtuales” tienen menos carga de trabajo que los “tradicionales” al no tener que asistir a las clases presenciales. No obstante, nuestra experiencia previa nos indica que los alumnos “virtuales” opinan que trabajan más que en las clases tradicionales [20, 21, 22].

Este debate se hace más relevante en el contexto del EEES donde, con la introducción de los créditos ECTS, nos vemos inmersos en un proceso de cuantificar de la manera más exacta posible la carga de trabajo de los alumnos. En efecto, el Sistema Europeo de transferencia y

acumulación de créditos es un sistema centrado en el estudiante, que se basa en la carga de trabajo del mismo necesaria para la consecución de los objetivos de un programa. Estos objetivos se especifican preferiblemente en términos de los resultados del aprendizaje y de las competencias que se han de adquirir [23]. Por tanto, la adopción del crédito europeo supone, no sólo un método de cuantificación, sino la elección de una filosofía de fondo, basada en el trabajo del estudiante que implica un nuevo enfoque sobre métodos docentes [1].

Los créditos ECTS se utilizan como valores que representan el volumen de trabajo del estudiante requerido para superar cada unidad de curso en el centro o departamento responsable de la asignación de créditos [24]. Traducen el volumen de trabajo que cada unidad de curso requiere en relación con el volumen total de trabajo necesario para completar un año de estudios en el centro, es decir, lecciones magistrales, trabajos prácticos, seminarios, períodos de prácticas, trabajo de campo, trabajo personal - en bibliotecas o en el domicilio – así como los exámenes u otros posibles métodos de evaluación. Así pues, el ECTS se basa en el volumen total de trabajo del estudiante y no se limita exclusivamente a las horas de asistencia en clases presenciales, como tradicionalmente se ha tenido en cuenta.

Efectivamente, en la actualidad, España posee un sistema de créditos no coincidente con los ECTS. Su sistema nacional de créditos se ha establecido con principios y medidas distintas. En este caso, los créditos se asocian a horas docentes en aula o de contacto ("horas Profesor").

El nuevo crédito español, para cumplir con las directrices europeas, se define como: *La unidad de valoración de la actividad académica, en la que se integran armónicamente, tanto las enseñanzas teóricas y prácticas, otras actividades académicas dirigidas, y el volumen de trabajo que el estudiante debe realizar para superar cada una de las asignaturas [25].*

Si se admite la idea de estudiante medio, el trabajo del estudiante puede relacionarse con los créditos de forma matemática. El cálculo puede presentar cierta complejidad ya que se deberán considerar algunos puntos importantes:

- Número de horas de contacto por cada asignatura
- La preparación necesaria antes y después de cada clase
- La duración de la asignatura en semanas
- La cantidad de trabajo independiente del alumno, parámetro más difícil de calcular ya que depende también de la complejidad de cada disciplina.

Este trabajo independiente puede incluir:

- Recogida y selección de materiales de estudio
- Lectura y asimilación de los materiales
- Preparación de exámenes orales y/o escritos
- Redacción de un trabajo
- Trabajo independiente de laboratorio

Teniendo en cuenta además que, como se expuso anteriormente, la tecnología es considerada como un factor importante para las mejoras educativas, se hace necesario un análisis desde la perspectiva del crédito ECTS, sobre cómo el e-learning puede adoptar la filosofía del EEES y las ventajas que puede aportar.

4. Descripción del estudio

Dado el panorama descrito, en esta investigación se planteó como objetivo el tratar de estimar la carga de trabajo de los alumnos necesaria para la consecución de los objetivos de una asignatura, en concreto del área de Organización de Empresas. En el estudio se pretendió comparar un entorno e-learning con un entorno tradicional para identificar posibles diferencias con respecto a la carga de trabajo, al tipo de aprendizaje (en cuanto a si es activo o pasivo), y a los resultados académicos.

4.1 Diseño del estudio y muestra

Se ha preferido sacrificar el tener un alto grado de control propio de los estudios de laboratorio a cambio de obtener una situación real operativa que permita generalizar los resultados, y por tanto, se optó por conducir un estudio de campo. En este sentido, el diseño que se adoptó es de tipo cuasiexperimental, en concreto, un diseño posttest con un grupo de control no equivalente. Este diseño consta de un grupo experimental que recibe algún tipo de tratamiento (entorno e-learning) y un grupo de control no tratado (entorno tradicional), y sus unidades son evaluadas con el mismo instrumento de medida con posterioridad a su administración. El diagrama del diseño es el que aparece en la Tabla 1.

Tabla 1 Diseño del estudio posttest con grupo de control no equivalente

Grupo	Asignación	Tratamiento	Posttest
Grupo experimental	NA	X_1	O_1
Grupo de control	NA	X_2	O_1

X: Exposición del grupo a una variable o acontecimiento experimental cuyos efectos se han de medir.
O: Proceso particular de observación o medición.
NA: No aleatoria

Para medir los resultados académicos se evaluaron ambos grupos mediante un posttest al final del tratamiento. Sin embargo, para medir la carga de trabajo, se llevó a cabo un estudio longitudinal prospectivo. Un estudio longitudinal es el que implica mediciones repetidas a lo largo del tiempo [26]. Por otra parte, el hecho de que sea un estudio prospectivo conlleva que el seguimiento se realice durante un periodo de tiempo empezando con el presente. Por tanto, el diagrama del diseño para este estudio sería el mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2 Diseño del estudio longitudinal prospectivo

Grupo	Asignación	Tratamiento	Posttest
Grupo experimental	NA	X_1	O_1, O_2, \dots, O_n
Grupo de control	NA	X_2	O_1, O_2, \dots, O_n

X: Exposición del grupo a una variable o acontecimiento experimental cuyos efectos se han de medir.
O: Proceso particular de observación o medición.
NA: No aleatoria
n: Número de observaciones o mediciones

En concreto se empleó como unidad muestral a los estudiantes de la asignatura troncal "Organización Empresarial y Administración de la Producción" de 9 créditos impartida en la titulación Ingeniero Industrial, en una universidad española de pequeño tamaño.

Se seleccionó a estos individuos por tres razones: (1) Los profesores tenían experiencia en emplear el e-learning en esta asignatura; (2) Los alumnos de esta asignatura eran estudiantes que serán futuros profesionales en la organización de empresas; (3) Todos tenían una edad y nivel de estudios similares, así como otras características que pueden mitigar el posible impacto de

variables e influencias no deseadas en el análisis [5], y garantizar que los dos grupos del estudio son equivalentes.

Esta asignatura se impartió simultáneamente en modo tradicional y en modo virtual. Para ello se dividió a los alumnos en dos grupos (40 alumnos en el grupo virtual y 34 en el presencial), dando preferencia para participar en el grupo virtual a los alumnos con problemas para asistir a las clases presenciales (por motivos de trabajo, coincidencia con otras asignaturas, etc.).

4.2 Situación experimental

El grupo virtual, recibió las clases mediante la plataforma tecnológica WebCT. En la página de acceso al curso los alumnos tenían a su disposición un documento denominado "Guía del alumno" que les explicaba el entorno de trabajo e-learning (cómo entrar al curso y cómo utilizar las distintas herramientas del mismo).

Los alumnos recibieron los materiales didácticos al inicio de cada unidad. Estos materiales estaban compuestos por:

- El texto básico que incluía gráficos e hipervínculos. Contenía ejercicios resueltos.
- Casos prácticos.
- Lecturas complementarias.
- Presentaciones en diapositivas.
- Direcciones de Internet donde se podía ampliar la materia de estudio.

Para que el alumno asentase los conocimientos adquiridos a través de los materiales didácticos, los profesores propusieron, para cada unidad, uno o varios ejercicios a resolver por el alumno, de manera individual o en grupo. Una vez entregados fueron corregidos por el profesor quien les devolvió la nota y los comentarios correspondientes. De esta manera se estableció un feedback personalizado entre profesor y alumnos. Otra actividad para fomentar la comunicación profesor-alumno así como alumno-alumno fue la participación en un debate propuesto por el profesor cuyo tema estaba relacionado con la unidad didáctica en cuestión. Finalmente, los alumnos podían hacer autoevaluaciones consistentes en cuestionarios con preguntas tipo test. Con este tipo de evaluación se realizaba un feedback mecanizado, es decir, al contestar cada una de las preguntas el alumno recibía en la pantalla de su ordenador información acerca de si la respuesta es correcta o no. Con este feedback de verificación el alumno sabe exactamente qué ha aprendido bien de esa unidad y qué le falta estudiar más. Las tutorías se realizaron a través del correo electrónico, del foro de debates o del chat.

En el modo presencial, el profesorado impartió las clases en el aula coincidiendo físicamente con los alumnos. Estas clases combinaban lecciones magistrales (4 horas a la semana) con la resolución de ejercicios en clase (2 horas a la semana) por parte del profesor y por parte de los alumnos (feedback personalizado) así como actividades en grupo (debates en clase u otras actividades, como realización de trabajos o resolución de ejercicios, donde obtienen también un feedback personalizado). Al igual que a los estudiantes de los grupos experimentales, se les dio la oportunidad de realizar autoevaluaciones mediante preguntas tipo test que les eran proporcionadas impresas en papel y con las soluciones al dorso (feedback de verificación). En cuanto a los materiales empleados, los contenidos eran idénticos a los usados en el grupo virtual salvo que, en este caso, con un formato distinto y suministrados impresos en papel.

4.3 Recogida de datos

En un estudio longitudinal, al realizarse mediciones a lo largo del tiempo, el control de calidad juega un papel esencial. Hay que garantizar que todas las mediciones se realicen en el momento oportuno y con técnicas normalizadas.

Para ello, al inicio de la asignatura, se propuso a los alumnos que completaran semanalmente

(cada unidad tenía una duración de una semana) una ficha normalizada donde especificaban las horas de trabajo dedicadas a la asignatura.

En el caso de los alumnos virtuales se tuvo en cuenta el tiempo empleado en el estudio de la documentación, la realización de los ejercicios, la participación en el debate, las tutorías, y otras actividades (por ejemplo, búsquedas en Internet). El cuestionario fue cumplimentado a través de Internet y en 13 ocasiones.

En los alumnos presenciales se consideró el tiempo empleado en asistir a las clases teóricas y prácticas, en la realización de actividades propuestas en las clases prácticas, en el estudio, en la asistencia a tutorías y en otras actividades. El cuestionario fue cumplimentado en un impreso en papel y entregado al profesorado presencialmente. Al igual que en el otro grupo, se completó en 13 ocasiones.

Al finalizar el período de clases, los alumnos de ambos grupos realizaron un examen presencial tipo test, idéntico para todos, con el fin de poder comparar de manera objetiva el aprendizaje adquirido.

La recogida de datos finalizó en julio de 2007 y el análisis de los mismos se realizó en octubre. Se consiguió un seguimiento completo de 40 alumnos, quienes completaron la ficha de evaluación de la carga de trabajo en las 13 ocasiones requeridas así como el test para medir el aprendizaje. De estos 40 alumnos, 20 pertenecían al grupo presencial y el resto al grupo virtual. La tasa de respuesta fue del 54,05%, una cifra aceptable teniendo en cuenta que en los estudios longitudinales existe una mayor probabilidad de abandono durante el seguimiento y de existir datos perdidos [26].

Tabla 3 Ficha Técnica del estudio

Universo (N)	74 alumnos matriculados en la asignatura <i>Organización Empresarial y Administración de la Producción</i> de 4º curso de Ing. Industrial
Ámbito	Una Universidad Española
Método de investigación	Cuestionarios autoadministrado presencialmente o a través de Internet
Tamaño de la muestra (n)	40 seguimientos válidos (530 cuestionarios de carga de trabajo + 40 cuestionarios de aprendizaje)
Tasa de respuesta	54,05 %
Recogida de datos	Febrero-Junio 2007
Paquete estadístico	SPSS 15.0

5. Resultados

El resumen de datos demográficos muestra que un 22,5% de los encuestados eran mujeres (porcentaje propio de los estudios de Ingeniería Industrial). La edad media era de 22,57 años (desviación típica 2,893). Para el 82,5 % de los estudiantes, esta era la primera vez que se matriculaban en la asignatura. El 27,5% afirmaba haber trabajado en un entorno e-learning en otras asignaturas.

Tabla 4 Análisis de la varianza de la carga de trabajo anual de los alumnos

	Variable	Media	Sd	F	Sig.
Estudio	Presencial	33,2335	23,9523	0,144	0,706
	Virtual	35,6500	15,3786		
Actividades	Presencial	22,2875	10,9374	77,660	0,000
	Virtual	65,6775	19,1109		
Tutorías	Presencial	1,3750	0,9716	10,427	0,003
	Virtual	5,3950	5,4820		
Otros	Presencial	1,6400	2,8372	17,997	0,000
	Virtual	6,9425	4,8162		
Total Horas ¹	Presencial	114,1985	37,3623	1,050	0,312
	Virtual	127,3775	43,7301		

La tabla 4 muestra los análisis de la varianza realizados para cada uno de los parámetros comunes a los dos grupos empleados para medir la carga de trabajo.

Se observa que no existen diferencias significativas entre los dos grupos con respecto a las horas dedicadas al estudio, sin embargo la dedicación de los alumnos virtuales a la realización de las actividades propuestas por el profesorado, a otras actividades (principalmente, búsquedas por Internet) y a asistencia a tutorías es significativamente mayor en los alumnos presenciales. No obstante, en el cómputo global de horas se detecta nuevamente que no hay diferencias significativas entre ambos grupos.

En la figura 1 se muestra la distribución semanal de la carga de trabajo de los dos grupos de alumnos. Se aprecia que la carga de trabajo de los alumnos virtuales se mantiene más o menos constante a lo largo de todo el cuatrimestre, exceptuando las dos primeras semanas en las que emplearon algo más tiempo, seguramente debido al período inicial de adaptación al entorno e-learning. Sin embargo, en el caso del grupo tradicional, la carga de trabajo se reparte claramente de forma desigual: Hasta la semana 8 se mantiene constante y por debajo de la carga de trabajo del grupo virtual, mientras que a partir de la semana 9 comienza a incrementarse fuertemente superando con creces al grupo virtual.

¹ En este cómputo se han incluido las horas dedicadas por los alumnos del grupo presencial a la asistencia a las clases desarrolladas en el aula.

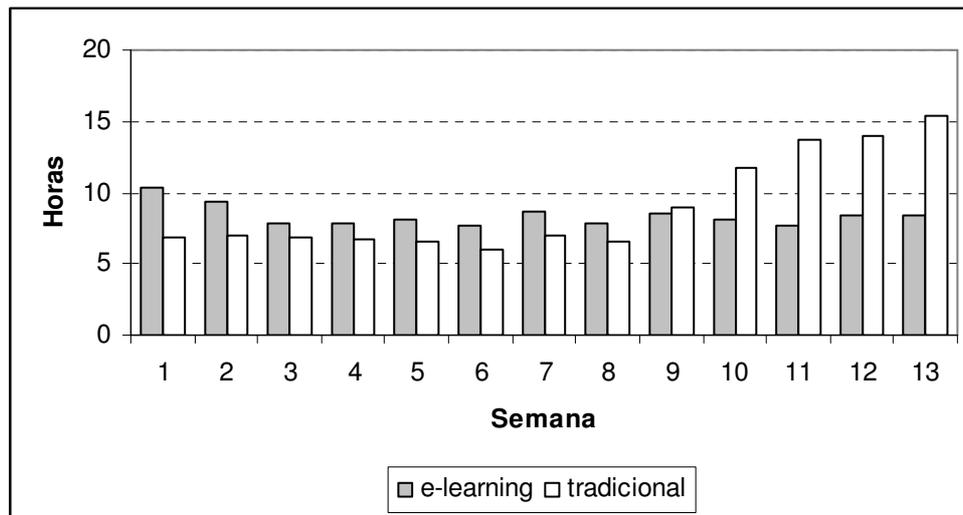


Fig. 1 Distribución de la carga de trabajo de los alumnos a lo largo de la asignatura.

La tabla 5 muestra los análisis de la varianza efectuados para comparar las notas obtenidas por los alumnos. En primer lugar, se han tenido en cuenta las puntuaciones obtenidas en el examen tipo test que realizaron al final del cuatrimestre. El análisis muestra que no hay diferencias significativas. En segundo lugar, se ha analizado la nota final obtenida por los alumnos en la que se ha tenido en cuenta, además del resultado del test, las calificaciones de las distintas actividades propuestas a lo largo del cuatrimestre. En este caso, el análisis de la varianza indica que las notas finales obtenidas por los alumnos virtuales son significativamente mayores que las de los alumnos presenciales.

Tabla 5 Análisis de la varianza de las notas de los alumnos

	Variable	Media	SD	F	Sig.
Test	Presencial	5,8750	1,6232	0,019	0,892
	Virtual	5,9375	1,2509		
Notas Finales	Presencial	6,4750	1,1177	5,816	0,021
	Virtual	7,2220	0,8182		

6. Discusión y conclusiones

El proceso de enseñanza-aprendizaje se compone de dos polos: enseñanza, cuyo protagonista principal es el profesorado, y el aprendizaje, cuyo protagonista principal es el alumnado. Observando la enseñanza-aprendizaje como un proceso bipolar, según se aproxime más al polo de la enseñanza o al polo del aprendizaje tendremos como referencia fundamental al profesor o al alumno [1]. El crédito europeo supone la elección de una filosofía de fondo basada en el trabajo del estudiante que implica un nuevo enfoque. En el presente estudio se ha propuesto el e-learning como un nuevo método docente que facilita la adopción del crédito europeo y sus implicaciones.

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto que, si bien los alumnos tienen la misma carga de trabajo tanto en un entorno de aprendizaje tradicional como en uno virtual, la distribución de esta carga es distinta. Así, los alumnos virtuales invierten la mayoría de su tiempo en realizar tareas en las que ellos desempeñan un papel activo mientras que los alumnos presenciales lo

emplean en asistir a las aulas dominadas por las clases magistrales donde desempeñan un papel predominantemente pasivo. Además, los alumnos virtuales hacen un mayor uso de las tutorías a lo largo del cuatrimestre, lo que fomenta una orientación personalizada.

Centrándonos en las horas dedicadas al estudio, los resultados de la investigación señalan que ambos grupos invierten un número total de horas semejante, lo que explica el hecho de que no haya diferencias significativas en las puntuaciones obtenidas por los alumnos de los dos grupos en el examen tipo test realizado al final de la asignatura. Sin embargo, si se analizan las notas finales en las que se tienen en cuenta también las calificaciones obtenidas en las distintas actividades propuestas a lo largo del cuatrimestre, los alumnos virtuales obtienen puntuaciones significativamente mayores que los alumnos presenciales. Esto demuestra que las horas que los alumnos virtuales han empleado en realizar un trabajo activo se han visto reflejadas de manera positiva en los resultados de la asignatura.

Por otra parte, la distribución temporal de la carga de trabajo tampoco es la misma en los dos grupos. Mientras los alumnos virtuales dedican un esfuerzo semejante a lo largo del todo cuatrimestre, los alumnos tradicionales trabajan menos a excepción de las últimas semanas, donde su esfuerzo es mucho mayor. Este hecho, unido al mayor papel activo desempeñado por los alumnos virtuales, implica que éstos han adquirido un aprendizaje significativo frente al aprendizaje predominantemente memorístico de los alumnos presenciales. El problema del aprendizaje memorístico es que como al principio exige poco esfuerzo del aprendiz, es bastante eficaz, es decir, el aprendiz sabe repetir literalmente las definiciones conceptuales que se le dan en la instrucción. Sin embargo, pronto le es imposible recordarlas interfiriendo en el aprendizaje de nuevos elementos relacionados y provocando que la velocidad de aprendizaje sea más lenta que en el aprendizaje significativo donde el recuerdo es más intenso y no hay interferencias, facilitando el aprendizaje posterior [27].

Estas conclusiones apoyan el cambio del modelo de enseñanza-aprendizaje que incentiva el papel activo del alumno propuesto en el EEES. Asimismo, el e-learning se presenta como una herramienta poderosa a disposición del profesorado para el desarrollo de este modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno. Sin embargo, hay que considerar que la posibilidad de generalización de estos resultados podría estar limitada al estar restringido el estudio geográficamente a una Universidad concreta.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que el nuevo sistema de créditos europeos no sólo implica un cambio conceptual que afecta al estudiante sino que también va a afectar al profesor. Es importante destacar que con este sistema se deberá considerar una nueva fórmula para calcular la dedicación del profesorado. No se deberán tener en cuenta sólo las horas de docencia presenciales y tutorías (que frecuentemente quedan devaluadas a algunas preguntas apresuradas antes de los exámenes) ya que los profesores tendrán, cuando se adopten los nuevos métodos docentes, que invertir un tiempo mayor en la preparación de sus asignaturas y en la atención personalizada de los estudiantes. En futuras investigaciones, habría que analizar la carga de trabajo del profesorado en un contexto educativo caracterizado por dos aspectos fundamentales: el EEES y el e-learning, los cuáles suponen otras tareas como formación en nuevas tecnologías, preparación de materiales para un entorno e-learning, tutorías telemáticas, diseño de actividades que fomenten el aprendizaje activo, etc. Finalmente, aunque en este trabajo se ha optado por analizar un entorno completamente virtual, también sería interesante considerar en futuros estudios la opción del blended learning, es decir, un entorno mixto en el que el e-learning sirva de apoyo a la formación presencial.

Referencias

- [1] PAGANI, R. *El crédito europeo y el sistema educativo español. Informe Técnico*. 2002
- [2] FERRATÉ, G. Prólogo a TIFFIN, J.; RAJASINGHAM; L. *En busca de la clase virtual. La educación en la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós, 1997.
- [3] PARKER 1997 Parker, A. "A Distance Education How-To Manual: Recommendations From

the Field". *Educational Technology Review*. No. 8, 1997, pp. 7-10

- [4] QUINTANA GARCÍA, C., GUZMÁN PARRA, V. "Docencia en Organización de Empresas ante el Espacio Europeo de Educación Superior: Un estudio experimental". *Boletín de Estudios Económicos*. Vol. 62, No. 191, 2007, pp. 351-374.
- [5] PADILLA MELÉNDEZ, A.; GARRIDO MORENO, A. "El uso de las Tecnologías basadas en Internet para el Aprendizaje. Un estudio exploratorio en el contexto del Modelo de Aceptación de la Tecnología". *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. Vol. 12, No. 2, 2006, pp. 217-230.
- [6] AGARWAL, R.; DAY, A.E. "The Impact of the Internet on Economic Education". *Journal of Economic Education*. Vol. 29, No. 2, 1998, pp. 99-110.
- [7] ARBAUGH, J.B.; DURAY, R. "Class Section Size, Perceived Classroom Characteristics, Instructor Experience, and Student Learning and Satisfaction with Web-Based Courses: A Study and Comparison of Two On-Line MBA Programs". *Academy of Management Proceedings*, pA1, 2001.
- [8] IVES, B.; JARVENPAA, S.L. "Will the Internet revolutionize business education and research?". *Sloan Management Review*. Vol. 37, No. 3, 1996, pp. 33-41.
- [9] MARTÍNEZ CARO, E. *La Mejora de la Calidad en la Educación mediante Entornos Virtuales de Aprendizaje*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, 2005.
- [10] ROMÁN MENDOZA, E. "Educación Virtual en la Universidad". En Ruipérez, G., *Educación Virtual y eLearning*, Madrid: Biblioteca AUNA Fundación, 2003.
- [11] PLS RAMBØLL MANAGEMENT. *Studies in the Context of the E-learning Initiative: Virtual Models of European Universities*. 2004. Disponible en: http://www.elearningeuropa.info/extras/pdf/virtual_models.pdf
- [12] KUO, F.R.; HWANG, G.J.; CHEN, Y.J.; WANG, S.L. "Standards and tools for context-aware ubiquitous learning". *7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 2007, pp. 704-705.
- [13] SIERRA, J.L.; MORENO-GER, P.; MARTINEZ-ORTIZ, I.; FERNANDEZ-MANJON, B. "A highly modular and extensible architecture for an integrated IMS-based authoring system: the experience". *Software: practice & experience*. Vol. 37, No. 4, 2007, pp.441-461.
- [14] ARBAUGH, J.B. "How Instructor Immediacy Behaviors Affect Student Satisfaction and Learning in Web-Based Courses". *Business Communication Quarterly*. Vol. 64, No. 4, 2001, pp. 42 -54.
- [15] BENBUNAN-FICH, R.; HILTZ, S.R. "Correlates of Effectiveness of Learning Networks: The Effects of Course Level, Course Type, and Gender on Outcomes", *35th Hawaii International Conference on System Sciences*, 7-10 Enero 2002, Hawaii.
- [16] ARBAUGH, J.B. "Managing the On-Line Classroom. A Study of Technological and Behavioral Characteristics of Web-Based MBA Courses". *Journal of High Technology Management Research*. Vol. 13, 2002, pp. 203-233.
- [17] HALL, R.H. "Instructional Web Site Design Principles: A Literature Review and Synthesis". *Virtual University Journal*. Vol. 2, No. 1, 1999, pp. 1-12.
- [18] KARUPPAN, C. M. "Web-Based Teaching Materials: a User's Profile". *Internet Research: Electronic Networking, Applications and Policy*, Vol. 11, No. 2, 2001, pp. 138-148.
- [19] LEACOCK, T.L.; NESBIT, J.C. "A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources". *Educational Technology & Society*. Vol. 10, No. 2, 2007, pp. 44-59.
- [20] MARTÍNEZ-CARO, E.; GALLEGO RODRÍGUEZ, A. "El Aprendizaje como Ventaja Competitiva para las Organizaciones: Estilos de Aprendizaje y E-learning". *Dirección y Organización*. Vol. 33, 2007, pp. 84-93.
- [21] GALLEGO RODRÍGUEZ, A.; MARTÍNEZ-CARO, E. "Estilos de aprendizaje y e-learning. Hacia un mayor rendimiento académico". *RED. Revista de Educación a Distancia*, Vol. 7, 2003.

- [22] MARTÍNEZ CARO, E. "El uso de una plataforma de gestión de contenidos de aprendizaje (LCMS) para gestionar el conocimiento. Un estudio empírico". V *Encuentro Iberoamericano de Finanzas y Sistemas de Información*, Alicante, 28 a 30 Nov. 2007.
- [23] ANECA . *Programa de convergencia europea. El crédito europeo*. 2003.
- [24] CRUE. *Declaración de Bologna: Adaptación del Sistema Educativo Español a sus Directrices. Estudio Comparado*. 2000. Disponible en: www.crue.org/apadsisuniv.htm
- [25] CRUE. *El Crédito Europeo y el Sistema Educativo Español. Informe Técnico*. 2002. Disponible en: <http://www.crue.org/espaeuro/encuentros/credito.pdf>
- [26] GOLDSTEIN, H. *The design and analysis of longitudinal studies*. Londres: Academic Press, 1979.
- [27] NOVAK, J.D. *Conocimiento y Aprendizaje. Los Mapas Conceptuales como Herramientas Facilitadoras para Escuelas y Empresas*. Madrid: Alianza Editorial, 1998.