



## **EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN MATERIAS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA Y SUS IMPLICACIONES**

**SANTA LOZANO, José; Universidad de Murcia, Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones**

[josesanta@um.es](mailto:josesanta@um.es)

**ZAMORA IZQUIERDO, Miguel Ángel; Universidad de Murcia, Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones**

[mzamora@um.es](mailto:mzamora@um.es)

**UBEDA MIÑARRO, Benito; Universidad de Murcia, Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones**

[bubeda@um.es](mailto:bubeda@um.es)

### **RESUMEN**

La creciente necesidad de aplicar nuevas metodologías docentes en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), está cambiando el modo en el que se ha contemplado la enseñanza universitaria hasta la fecha. Las clases magistrales empiezan a ser sustituidas por una docencia centrada en el alumno, en donde un mayor seguimiento individualizado debe guiarlo hacia la superación de las materias. Este cambio supone, sin embargo, un importante esfuerzo por parte del colectivo de profesores, que, en muchos casos, se encuentra ante un desconocimiento de la nueva normativa y de las nuevas metodologías docentes aplicables.

Las metodologías activas están demostrando ser adecuadas en este nuevo marco. En ellas, el alumno conforma la parte central del sistema, y se le incentiva para que colabore en el proceso de enseñanza con el fin de mejorar su aprendizaje. Una de las metodologías activas que más aceptación está teniendo es el llamado Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el cual presenta una adaptación perfecta en la enseñanza de la ciencia. En concreto, es aplicable perfectamente en las enseñanzas técnicas, ya que los futuros ingenieros tendrán que adoptar metodologías similares en el mundo laboral. Mediante el aprendizaje basado en proyectos, el alumno aprende a aprender, y el profesor realiza una labor de coordinación y supervisión del trabajo realizado por los alumnos. Tras una introducción inicial de los conceptos teóricos más importantes, se lanza al alumno hacia la realización de un trabajo de mediana envergadura (proyecto). Éste consiste en una labor, fundamentalmente práctica, con la que se tratan tanto las competencias propias de la asignatura como las de carácter transversal.

El cambio del sistema docente tradicional no es, sin embargo, directo, y son muy diversos los escollos que hay que superar. En la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia, diversos profesores llevan involucrados desde hace varios años en diversos cursos piloto que tratan de hacer paulatino este cambio. El ABP está siendo instaurado en algunos de estos programas de forma gradual, con el objetivo de disponer de asignaturas adaptadas y de profesorado capaz ante la llegada del EEES. En esta línea, el presente trabajo ofrece una guía de buenas prácticas llevadas a cabo en dos asignaturas dentro de la titulación de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas, con el objetivo de alcanzar una docencia centrada en el ABP. Dichas asignaturas comprenden a Sistemas Embebidos y Diseño

Basado en Microprocesadores. Ambas materias, obligatoria y optativa, respectivamente, ofrecen un parco perfecto de discusión sobre el uso del ABP, ya que tanto la finalidad como el alumnado son de diferente índole, y la dificultad en el cambio de metodología docente es distinta.

El artículo explica los cambios llevados a cabo en las asignaturas objeto de estudio, hasta llegar al punto actual de implantación del ABP, y describe la metodología seguida en el último curso académico (2007/2008). Los resultados recabados de la experiencia muestran cómo se observan mejoras en las calificaciones, y el trabajo diario con el alumno refleja cómo la calidad del aprendizaje y la motivación han aumentado ostensiblemente con respecto a la enseñanza tradicional, basada en la clase magistral. Además, se discutirán los principales inconvenientes y las cuestiones de mayor importancia que se han de considerar en un proceso adaptativo de esta índole, basándonos en la experiencia recabada.

## 1. Introducción

Actualmente, Europa se encuentra inmersa en un cambio educacional en la enseñanza superior. Las universidades Españolas, como gran parte de las Europeas, se encuentran en pleno camino de reconversión hacia el denominado *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES). Dicho marco supone un conjunto sustancial de cambios en la manera de concebir la docencia en la universidad. Derivado de dicha transición (*convergencia europea*), multitud de nuevas técnicas docentes están apareciendo para tratar los nuevos modelos de enseñanza.

Las nuevas metodologías activas de docencia [10] están siendo consideradas en una gran cantidad de casos con el objetivo de introducir al alumno en su propio proceso de enseñanza [8]. En este sentido, la programación de materias según un modelo centrado en la docencia está siendo por vez primera criticada, en aras de implantar, de forma gradual, una programación centrada en el aprendizaje. Se intenta, por tanto, dirigir la visión del profesorado universitario hacia métodos didácticos que favorezcan la asimilación de contenidos por parte del alumno.

El aprendizaje cooperativo/colaborativo juega un papel fundamental en este ámbito, como metodología activa. En ella se incentiva el trabajo en grupo, entendiéndose que la resolución de problemas “en sociedad” es un marco perfecto de cara a la preparación de futuros profesionales. En enseñanzas técnicas esta idea es fundamental, si bien este carácter se ha plasmado hasta la fecha en la agrupación de alumnos para usar un material limitado en muchos casos. Precisamente en estudios de carácter ingenieril, la adopción de una metodología que sigue estas ideas, como es el aprendizaje basado en proyectos, está siendo fundamental para abordar muchas materias, y entre ellas a las conducentes a la obtención de los títulos en Ingeniería Informática.

A pesar de que todos estos nuevos cambios en la docencia universitaria pretenden acabar con el fracaso académico, la aplicación de medidas concretas debe complementarse con otras que ataquen de raíz los problemas de motivación existentes hoy en día. Claramente, la personalidad del propio profesor influye en la docencia, pero pequeños cambios en la metodología seguida pueden ayudar enormemente al alumno a seguir de una mejor manera la asignatura. Los sistemas de gestión de contenidos y de enseñanza virtual están siendo aplicados cada vez más siguiendo esta línea, gracias a la amplia adopción de Internet [2]. En un trabajo previo [12], se explica la relevancia y la aplicación del sistema remoto de cursos *Moodle* dentro de una materia incluida en el área de conocimiento de Tecnología Electrónica. Éstos permiten organizar el contenido de la asignatura y, en muchos casos, incluyen secciones de discusión, paneles de anuncio, e incluso funcionalidad para realizar exámenes vía Web.

En la Universidad de Murcia, la mayoría de sus facultades se han estado uniendo a iniciativas experimentales de convergencia europea desde el año 2005, con la intención de adaptar progresivamente el sistema docente al EEES. La Facultad de Informática no ha sido ajena a este proceso, y en ese mismo año, en el curso 2005/2006, ya creó un proyecto piloto en donde un grupo de cada una de las tres titulaciones (I. Informática, I.T. Informativa de Sistemas e I.T. Informática de

Gestión) consideraría los nuevos conceptos EEES. En el año académico 2006/2007 se siguió la misma línea, y tres materias presentaron nuevas técnicas docentes para la migración hacia el EEES. El pasado curso, el 2007/2008, está siendo mucho más significativo y, tanto los primeros de las dos titulaciones técnicas, como los tres primeros cursos de la ingeniería superior, se encuentran bajo proyectos pilotos de convergencia.

La adaptación al EEES y, en concreto, la aplicación de nuevas técnicas docentes, implican un esfuerzo muy importante por parte del profesorado. Esto es debido, fundamentalmente, al necesario afinamiento en la metodología seguida para conseguir establecer un compromiso entre la calidad de la docencia y los recursos existentes, tanto humanos como materiales. Esto abre un abanico de cuestiones relativas a la viabilidad de metodologías con mayor o menor carácter activo, dependiendo, por ejemplo, del número de alumnos o del tipo de asignatura de que se trate.

En el presente artículo se describe la aplicación de una programación activa del proceso educativo para dos asignaturas dentro del plan de estudios de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas. Tras varios años de continuo cambio y afinamiento, se presenta la metodología docente seguida, fundamentada en el aprendizaje basado en proyectos. Así mismo, se tratan diversos aspectos relativos a la implantación de esta metodología activa en dichas asignatura, teniendo en cuenta que difieren en numerosas cuestiones, como el número de matriculados, el carácter optativo u obligatorio, o el interés predisposto del alumno ante la asignatura.

El artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta una breve introducción al aprendizaje basado en proyectos; la sección 3 describe la metodología docente empleada en las asignaturas objeto de estudio; la sección 4 muestra los resultados recabados a través de diferentes cursos académicos; la sección 5 describe diversas cuestiones observadas en nuestra experiencia, relativas al diferente carácter de las dos asignaturas; y, finalmente, la sección 6 concluye el artículo.

## **2. El Aprendizaje Basado en Proyectos**

El *Aprendizaje Basado en Proyectos* (ABP) presenta un nuevo modelo de enseñanza en donde los alumnos aprenden a aprender mediante el trabajo en grupo [9]. A diferencia de las técnicas docentes tradicionales, en donde el profesor hace uso de la clase magistral y la aplicación de los conocimientos se hace a posteriori, en el caso del ABP los alumnos reciben unos conceptos iniciales y se les “lanza” hacia la resolución de un problema. Es en la propia realización del *proyecto* en donde se encuentran nuevas necesidades de aprendizaje que ellos mismos deben subsanar. Dicho trabajo se realiza de forma cooperativa en pequeños grupos, lo cual ayuda al desarrollo de no sólo los propios conceptos de la materia, sino también de nuevas habilidades y *competencias* de carácter transversal.

El concepto de *entregable* se encuentra muy presente en el ABP. Un entregable es un trabajo intermedio que debe presentar el alumno durante el curso académico. Estos pueden variar en número, y la finalidad es realizar un seguimiento del progreso del alumno, con tal de evitar anomalías en el proceso. Estos entregables deben comenzar a presentarse a partir del momento en el que el alumno afronta el proyecto.

Lo más común es presentar un marco teórico base a partir del cual el alumno pueda comenzar el proyecto. Generalmente, en ingeniería, esto puede consistir en un conjunto de sesiones que describan la base matemática necesaria, una descripción general de los conceptos de programación iniciales, o la explicación de los componentes electrónicos que se utilizarán durante el resto de la asignatura. Obviamente, este conjunto inicial de sesiones previas puede ser más o menos extenso, entendiendo que cada materia tiene un carácter diferente. Algunas tienen un papel fundamentalmente teórico, mientras que otras poseen una finalidad práctica. Además, las sesiones teóricas pueden solaparse con el comienzo del proyecto, y éstas no tienen porqué ser eminentemente clases magistrales, pudiendo utilizarse otras técnicas docentes adicionales.

El papel del profesor en el ABP, por tanto, pasa a tener un carácter mediador y de supervisión, con el fin de que los alumnos lleguen a terminar satisfactoriamente el proyecto. Sin embargo, si se encuentra de interés, se pueden convocar nuevas sesiones teóricas en caso de existir dudas o lagunas de conocimiento generales. La docencia defendida por el ABP presenta, no obstante, problemas iniciales de inclusión en los planes de estudio actuales que, si bien están en proceso de adaptación hacia el EEES, necesitan en cualquier caso de una asimilación por parte de profesores y alumnos.

Después de su nacimiento en la enseñanza en medicina en la Universidad de McMaster en Ontario [11], el ABP se ha extendido a otras áreas. En España su uso en enseñanzas técnicas está empezando a resultar efectivo. La Universidad Politécnica de Cataluña presenta uno de los modelos a seguir en su incorporación del ABP en diferentes materias en informática [1], y su incorporación en otras facultades españolas parece extenderse [5]. En la Universidad de Murcia la transición está siendo paulatina, y dentro de diferentes materias en las áreas de Tecnología Electrónica y Teoría de la Señal se está trabajando en su inclusión. En las siguientes secciones se muestra el estado actual y el calado que ha tenido el ABP sobre dos asignaturas concretas, incluidas en el plan de estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas.

### 3. Metodologías de Enseñanza

Tal y como se ha dicho anteriormente, el presente artículo particularizará la aplicación del ABP sobre dos asignaturas impartidas en la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia. Estas materias son Sistemas Embebidos (SEMB) y Diseño Basado en Microprocesadores (DBM). Ambas se encuentran incluidas dentro de proyectos pilotos de innovación educativa relacionados con la transición hacia el EEES, si bien SEMB es de carácter obligatorio y DBM optativo.

Las asignaturas objeto de análisis se encuentran dentro del plan de estudios de Ingeniero Técnico en Informática de sistemas, y se encuadran dentro del tercer curso. Llegado a este tercer año, el alumno ya debe disponer de las bases necesarias en electrónica, arquitectura de computadores y programación, con lo que ya es posible afrontar asignaturas de mayor calado práctico y cercano al mundo laboral. Ambas asignaturas tratan conceptos relacionados con el diseño de sistemas empuados basados en microcontrolador, por lo que están relacionadas con respecto al contenido, pero también en la metodología seguida. De hecho, suele ser común que los alumnos matriculados en DBM hayan cursado, o estén actualmente matriculados en SEMB, ya que la primera se puede considerar en cierto modo como una “expansión” de la segunda. Los alumnos más interesados en los conceptos que se tratan en SEMB, o en el diseño hardware, suelen matricularse en DBM.

#### 3.1. Sistemas Embebidos

La asignatura SEMB tiene carácter obligatorio y, al estar incluida en el tercer y último curso de la titulación, no posee inicialmente limitación en cuanto a número de matriculados. La gran cantidad de alumnado se presenta como un problema de cara a la adaptación al EEES y, en concreto, a la aplicación del ABP, tal y como se discute posteriormente.

Los **contenidos** tratados durante el curso se muestran en la Tabla 1. Como se puede observar, la materia inicial es muy general, e incluye contenidos que incluso deben haberse tratado en otras asignaturas de la titulación. En la guía docente<sup>1</sup> se puede consultar la estimación de trabajo del estudiante y el cálculo de créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*), a la vez que las competencias consideradas.

Tras dos años de adaptación de la **metodología** hacia las nuevas ideas propuestas por el EEES, la asignatura ha atravesado diversos cambios. Inicialmente, el conjunto de clases magistrales eran complementadas con varias sesiones tutorizadas de laboratorio. Sin embargo, un examen final fundamentaba gran parte de la calificación final. Con la intención de complementar este mecanismo, y

---

<sup>1</sup> La guía docente está disponible en <http://www.um.es/informatica/estudios>

de mejorar el aprendizaje del alumno, se añadió con posterioridad la posibilidad de entregar un trabajo optativo sobre cuestiones tratadas en la asignatura. Sin embargo, a pesar de que esta nota era añadida sobre el desglose global de la asignatura, solamente unos pocos se aventuraban a tal entrega.

Tabla 1: Temario de Sistemas Embebidos.

1. Introducción a los sistemas embebidos
2. Familias de procesadores embebidos
3. Técnicas de interconexión
4. Tratamiento digital de señales mediante procesadores embebidos

En los dos últimos años, se han venido realizando cambios de cara a la adaptación de la asignatura hacia el EEES, considerando el ABP. Si bien se mantienen las clases teóricas, se prima al estudiante con la asistencia, y la parte práctica de la asignatura se divide en un conjunto de sesiones presenciales y la entrega de un proyecto final. El conjunto de boletines de prácticas presenciales se incluyen finalmente junto con el proyecto.

Se cuenta con un laboratorio de electrónica totalmente equipado, y disponible tanto para la realización de las sesiones prácticas presenciales como para el proyecto. Cada puesto en esta sala dispone de multímetro, osciloscopio, generador de señales, fuente de alimentación, ordenador, y hardware (tarjetas microcontroladoras). Dicho laboratorio cuenta además con conexión a Internet y medios audiovisuales, facilitando todo ello la implantación de nuevas técnicas de enseñanza.

El profesor responsable de la asignatura coordina al resto de profesores y, a su vez, se encarga de las sesiones en las que se introduce a los alumnos en los fundamentos teóricos de la asignatura. La parte práctica, desarrollada en laboratorio, ha sido encargada principalmente a un becario FPU en formación docente, experiencia que ha resultado totalmente satisfactoria. La nota final de cada alumno, se discute individualmente entre el profesor responsable de la asignatura y el profesor de laboratorio.

El desglose de la nota final para la **evaluación** de la asignatura se realiza de la siguiente forma:

- 10% Asistencia clases teóricas.
- 40% Examen final de teoría.
- 15% Sesiones presenciales de laboratorio.
- 35% Proyecto. Incluyendo funcionalidad del software implementado, el documento y la defensa ante el profesor:
  - Documentación del proyecto: 50% (calificación de grupo)
  - Prototipo: 30% (calificación de grupo)
  - Entrevista: 20% (calificación individual)

Como se puede comprobar en el desglose de la nota, se presta una especial importancia a la documentación entregada, ya que se considera esencial que un futuro ingeniero sea capaz de realizar buenos informes. Téngase en cuenta que, en la mayoría de las ocasiones, este es el material que más se propaga en el mundo empresarial, aunque el prototipo llegue a desarrollarse. Presentar los boletines concernientes a las sesiones de laboratorio se considera condición indispensable para poder aprobar la asignatura. Así mismo, será necesario obtener una calificación mayor a 4 (sobre 10) del examen teórico final para valorar el resto de las partes de la asignatura.

Adicionalmente, se consideran unos criterios de calidad para la presentación del proyecto final, incluidos como rúbricas en un documento que se entrega al alumno con la especificación completa del

trabajo a realizar. En una publicación previa se desglosa toda la información incluida en dicho documento [7], en la que se describe el proyecto poniendo como ejemplo uno de referencia de la materia DBM.

### 3.2. Diseño Basado en Microprocesadores

La materia DBM tiene la particularidad de que cuenta con un límite de plazas de quince alumnos. Esto ha permitido poder adelantarnos y empezar a utilizar nuevas formas y metodologías de trabajar en el aula desde el curso académico 2004/2005.

La Tabla 2 muestra los **contenidos** principales de la asignatura, que pueden verse ampliados en la guía docente<sup>1</sup>. Aquí también se puede consultar la información relativa a los créditos ECTS, así como las competencias tratadas. En la asignatura se pretende introducir al alumno en el diseño y programación de un sistema embebido. Para ello se parte de conceptos básicos diferenciadores sobre los computadores con los que un alumno en informática está acostumbrado a tratar, y se muestran distintos microcontroladores comerciales ampliamente utilizados.

Tabla 2: Temario de Diseño Basado en Microprocesadores.

1. Conceptos básicos
2. Revisión de conceptos electrónicos
3. Diseño de un sistema embebido
4. Comunicaciones en sistemas
5. Microcontroladores PIC18/PIC24
6. Microcontroladores Atmel AVR
7. Tarjeta microcontroladora TINI

La **metodología** actual de DBM sigue la filosofía del ABP, a través de un proceso de implantación paulatino que se ha llevado a cabo durante los últimos cuatro cursos académicos. Inicialmente, la asignatura era impartida de forma convencional, contando con la mitad del tiempo para clases magistrales del profesor, y la otra mitad para prácticas tutorizadas en laboratorio (3+3 créditos LRU). Al final se tenía que superar un examen y se exigía un mínimo de horas de asistencia (sólo en la parte de prácticas) para aprobar la asignatura.

El primer paso que se dio fue suprimir el examen y sustituirlo por un trabajo final, cuya evaluación suponía casi la totalidad de la nota. Con este cambio se consiguió que el alumno orientara mejor su aprendizaje. Si bien esto ya suponía que el alumno viese que su aprobado se basaba en un pequeño proyecto, en esta época se detectaron dos deficiencias importantes. Por un lado estaba el hecho de que todo iba orientado a un trabajo final, sin tener que realizar entregables intermedios de control. Esto implicaba que la mayoría de los alumnos retrasase su trabajo hasta los últimos días, lo que iba en detrimento de la calidad. Por otro lado, no se fomentaba explícitamente el trabajo en grupo, aunque la propia forma de evaluación hacía que entre los alumnos hubiese discusiones de cómo tratar ciertas cuestiones. Todo esto coincidió temporalmente con el fomento de la Universidad de Murcia de las nuevas formas de enseñar en el aula, como consecuencia de la convergencia europea.

En el último año se han ido incorporando nuevas ideas basadas en el ABP, como el trabajo en grupos, definición inicial de un problema, y listado de entregables. Si bien se siguen impartiendo clases magistrales, estas han quedado reducidas a los primeros temas sobre conceptos básicos, agrupadas en un pequeño número de horas, y dejando el resto para el trabajo de los grupos fuera y dentro del

laboratorio. Los entregables se corresponden con pequeñas prácticas que se realizan en sesiones presenciales en laboratorio. Se hace hincapié en que los entregables se tienen que ir terminando en el plazo estipulado, con el fin de guiar temporalmente el trabajo del alumno. El sistema exige que se realicen todas las tareas asignadas, sin embargo, por razones legales, a día de hoy sigue existiendo la convocatoria oficial del examen de la asignatura, si bien hasta ahora no se ha presentado ningún alumno.

Como importante herramienta para la aplicación del ABP, contamos con la ayuda de la plataforma *e-learning* Moodle, usada como soporte digital de la asignatura<sup>2</sup>. Ésta complementa las tutorías presenciales. En lo concerniente al aula en la que se imparten las clases teóricas, ésta consiste en una clase convencional. El laboratorio usado para las sesiones prácticas es el mismo que en el caso de SEMB.

Al igual que en el caso de SEMB, el profesor encargado de la asignatura imparte principalmente las clases teóricas, mientras que el becario predoctoral se encarga de las sesiones prácticas. Ambos profesores realizan la asignación del proyecto en una sesión en la que se establecen los grupos y aclaran cualquier duda inicial que pueda surgir. La corrección final del proyecto es realizada por ambos profesores, mediante una valoración individual inicial y una posterior puesta en común y discusión sobre la evaluación final.

En lo referente a la **evaluación**, la nota final es dividida según el siguiente procedimiento:

- 25% Presentación de al menos el 85% de los entregables individuales.
- 15% Actitud y participación. Asistencia a clases presenciales (teoría y laboratorio). Implicación y liderazgo en el grupo.
- 60% Proyecto. Incluyendo funcionalidad del software implementado, el documento, y la defensa ante el profesor:
  - Documentación del proyecto: 30% (calificación de grupo)
  - Prototipo: 50% (calificación de grupo)
  - Entrevista: 20% (calificación individual)

Si el alumno no presenta los entregables, no se le evaluará el resto de la asignatura; y si en la defensa del proyecto no se alcanza un mínimo, el alumno constará como suspenso. La presentación del proyecto se hace por el grupo, pero el profesor puede elegir y dirigir preguntas a cualquiera de los componentes.

Las rúbricas de calidad empleadas para esta asignatura son las mismas que se consideran para SEMB y, al igual que en esta otra materia, se le entrega a un alumno un documento especificativo del proyecto a realizar.

#### **4. Análisis de las calificaciones obtenidas**

Tanto en DBM como en SEMB, las calificaciones obtenidas en la última convocatoria son bastante satisfactorias, teniendo en cuenta, obviamente, el carácter de la asignatura. En SEMB se siguen registrando niveles de suspensos, aunque estos no llegan a alcanzar a los encontrados en otras asignaturas obligatorias o troncales de la titulación. Para el caso de DBM, la situación es bastante diferente, ya que la optatividad implica un carácter eminentemente práctico de la asignatura, y el alumnado matriculado está especialmente motivado por los temas tratados.

En la Fig. 1 se incluyen las calificaciones obtenidas en DBM en la convocatoria de junio en los últimos cursos, ya que ésta es más relevante que la de septiembre para evaluar los no presentados. Como se puede observar, los resultados son realmente buenos, obteniéndose una nota media de 2.15 para el último curso, especialmente alta. Para el caso de DBM, sin embargo, no se encuentra de interés

---

<sup>2</sup> El sitio web moodle está disponible en <https://elearning.inf.um.es/moodle18/>

comparar los resultados obtenidos entre diferentes cursos, ya que suelen obtenerse valores similares. Esto se debe a que, al mismo tiempo que se ha ido cambiando la metodología docente, y se ha ido insertando al ABP, el nivel de exigencia ha ido subiendo año a año. Inicialmente era posible obtener una buena calificación para esta asignatura optativa superando un examen teórico de baja complejidad, sin embargo, actualmente, los alumnos que superan la asignatura con un nivel de aprobado poseen un nivel de conocimiento de la materia incluso más alto que los que en su momento obtenían sobresaliente.

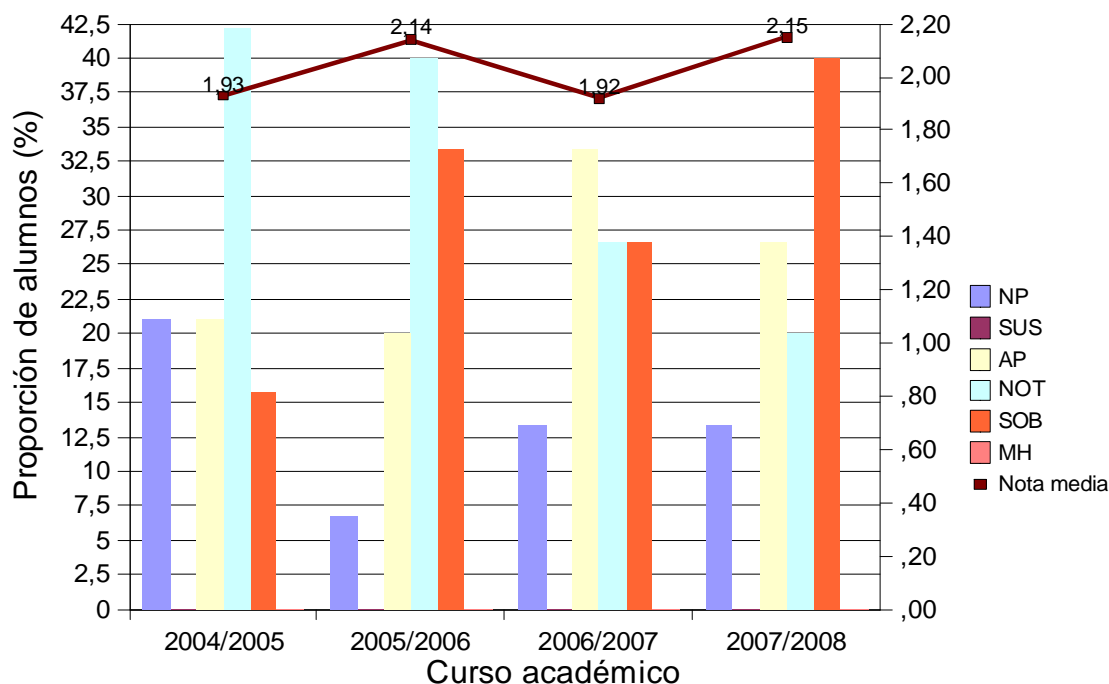


Figura 1: Calificaciones para DBM en los últimos cuatro cursos.

En el curso 2006/2007 se identifica un descenso de la nota, coincidiendo con la aplicación de cambios en la docencia y el uso de un nuevo modelo de microcontrolador. Los nuevos dispositivos disponían de mayor capacidad para realizar proyectos mucho más variopintos, sin embargo, la complejidad en su manejo es mayor. La incorporación de las sesiones prácticas presenciales intentó solventar este problema, con tutoriales que usaban ejemplos sencillos para introducir al alumno en el manejo del microcontrolador. No obstante, en la realización del proyecto, los alumnos basaron su trabajo en fragmentos de código de referencia del fabricante, sin adaptarlo o entendiendo el funcionamiento del mismo. Esto redundó en programas mal estructurados, ilegibles, y con comportamientos anómalos. En el siguiente curso académico, se controló en mayor medida al alumno, con la incorporación de los entregables intermedios y sin facilitar código de referencia del fabricante, lo cual impedía que descuidase el trabajo para el final y trabajaran en su propia solución; y, además, se especificaron completamente los requerimientos de las prácticas, incluyendo rúbricas de calificación. Especificando claramente lo que el profesor valorará del proyecto, los alumnos mejoran la calidad del proyecto final, lo cual repercute en su aprendizaje.

La Fig. 2 incluye los resultados obtenidos para SEMB. Como se puede observar, las calificaciones son claramente más bajas que en DBM. La exigencia y el menor contenido práctico de esta asignatura obligatoria, hacen que haya un número significativo de alumnos que suspenden la materia. En el curso 2005/2006, debido a la inmadurez de la asignatura, los contenidos tratados en las prácticas fueron mínimos, pero la valoración de las mismas fue desmesurada, lo cual hizo que la nota media de los alumnos ascendiera. Para el siguiente curso, el 2006/2007, se incrementaron los contenidos prácticos, añadiendo a las sesiones presenciales de laboratorio ya existentes, la realización de un pequeño proyecto. Las nuevas exigencias incluidas en este nuevo curso no fueron, sin embargo, bien aceptadas



por el alumnado. El proyecto finalmente no se consideró en el cómputo final de la nota, por lo que era un extra. Muy pocos fueron los que terminaron presentándolo. Sin embargo, se detectó que los que presentaban el proyecto, aun no siendo de gran calidad, mostraban un mayor conocimiento en las sesiones de laboratorio presenciales, para las que sí existían entregables obligatorios. En la parte teórica, una mayor exigencia de manejo de los conocimientos se mostró clave en la disminución de la calificación global. Para el curso 2007/2008, se consideró una calificación por la participación en las clases teóricas, y se mejoró, de forma equivalente a DBM, la descripción del proyecto final, que en este caso ya sería obligatorio. Como resultado global, mejoraron tanto las calificaciones como el conocimiento de la materia.

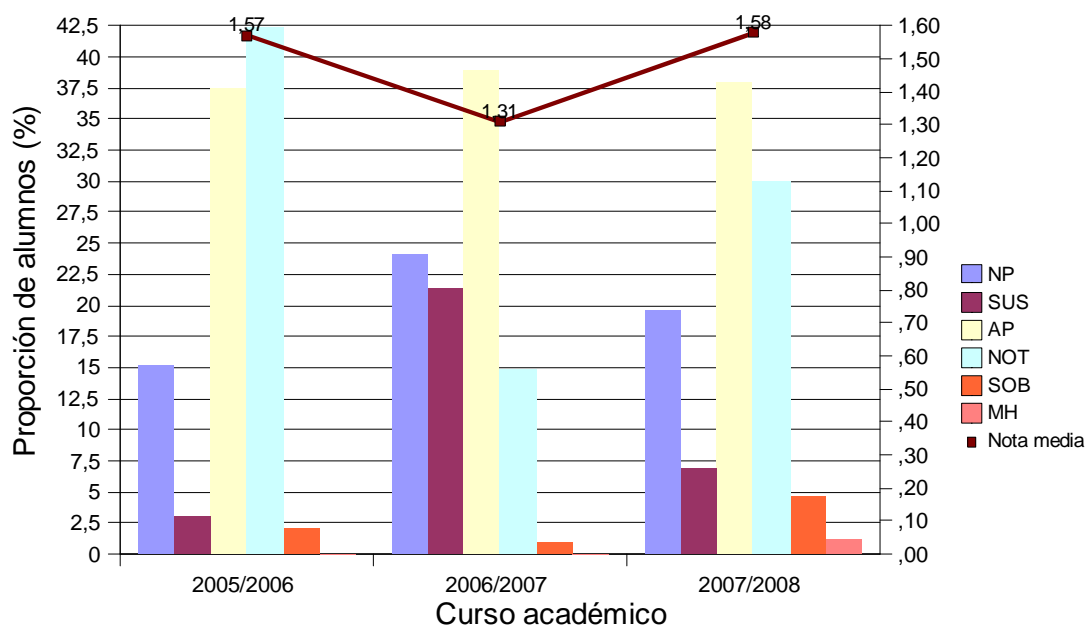


Figura 2: Calificaciones para SEMB en los últimos tres cursos

Como se demuestra en los anteriores resultados, los cambios docentes repercuten en las calificaciones obtenidas, por lo que es necesario aplicar medidas que alivien este efecto. En la adaptación de muchas asignaturas al EEES se pueden dar estas circunstancias, que deben ser tenidas especialmente en cuenta, pues, al fin y al cabo, el alumnado no tiene porqué sufrir estos efectos.

## 5. Problemática en la implantación del ABP

Tal y como se ha podido ver en el apartado anterior, el impacto del ABP en las asignaturas objeto de estudio debe analizarse desde distintos puntos de vista. El diferente carácter de ambas asignaturas hace que no sea apropiado comparar directamente los resultados y las experiencias recabadas en ambas materias.

Para entender bien el impacto y la aplicabilidad que las nuevas técnicas docentes pueden tener en las asignaturas de los planes de estudio actuales, es necesario tener en cuenta los diversos parámetros que definen y diferencian a las materias, así como las diversas barreras que es necesario atravesar.

### 5.1. Número de alumnos

Las asignaturas optativas están limitadas en cuanto a número de matriculados, lo cual favorece (o permite) la aplicación de nuevas técnicas docentes, como el ABP. Con grupos de cientos de personas, la aplicación de novedosas técnicas activas, el desarrollo de ejercicios en grupo, o la atención personalizada se ven claramente mermados.

Debido a lo anterior, el número de alumnos por grupos debería ser reducido, pero, a la misma vez, la carga docente total del profesor es limitada. Además, el profesor universitario debe compaginar la docencia con el resto de tareas gestoras e investigadoras.

## **5.2. Carácter de la asignatura**

En asignaturas troncales y obligatorias se exige, por definición, un mayor nivel de conocimiento. Por el momento, el examen teórico final sigue siendo el mecanismo más usado en este tipo de asignaturas, ya que se sigue considerando más seguro para evaluar el conocimiento del alumno de forma individual. En el caso de las enseñanzas técnicas y experimentales, este hecho se ve amortiguado por el doble carácter teórico-práctico de muchas de las materias. No obstante, las asignaturas optativas presentan actualmente un marco docente más flexible, que facilita la aplicación de cambios más “radicales”.

## **5.3. Motivación del alumnado**

Si bien se puede considerar la motivación como una meta, es también destacable cómo el alumno matriculado en una asignatura optativa se encuentra mejor predispuesto para afrontarla, aceptando de mejor forma metodologías más laboriosas que puedan requerirle más tiempo. Este es el caso de la aplicación del ABP sobre DBM durante los últimos años. En el último curso académico, el trabajo necesario para cumplir con los entregables y el proyecto final ha sido mayor que el de antaño, cuando el alumno tenía que estudiar solamente el examen final. Ahora, obviamente, el nivel de conocimiento de la materia es mucho mayor, y todavía se mantienen las horas de trabajo necesarias para superar la asignatura dentro de los créditos ECTS estipulados.

## **5.4. Número de profesores**

Hasta que no se concrete con más detalle cómo se afrontará el trabajo extra que tendrá a cargo un profesor con la llegada del EEES, el conjunto de nuevas técnicas docentes que requieran mucha carga de trabajo despertarán el escepticismo de buena parte del profesorado. En el caso que nos concierne, la disposición de dos profesores en cada asignatura, ha favorecido, sin duda, a la incorporación del ABP. En el caso de SEMB, hubiera sido impracticable el tratamiento de entregables, proyecto, y corrección del examen final sin considerar dos profesores. El número de alumnos de los últimos años se acerca a los cien, lo cual implicaría del orden de 400 entregables, 100 proyectos finales, y 100 exámenes teóricos a corregir. Además, se debe tener en cuenta que a las horas de clases teóricas hay que sumar el número de sesiones prácticas, a las que no pueden asistir todos los alumnos conjuntamente.

## **5.5. Esfuerzo inicial**

El paso del paradigma tradicional de docencia, que en el caso de las ingenierías en los últimos años estaba muchas veces basado en clase magistral junto con la entrega de prácticas, supone un esfuerzo al que no todos están dispuestos. La aplicación del ABP implica no sólo un aumento en el trabajo realizado por el profesor durante el transcurso de las clases, sino también un trabajo inicial de preparación de especificaciones para sesiones guiadas, documentos relativos a cómo afrontar la realización del proyecto, búsqueda de bibliografía complementaria para fomentar el auto-aprendizaje, establecimiento de nuevas métricas para evaluar al alumno, sintetización de los contenidos teóricos impartidos, creación de calendarios detallados para fomentar el seguimiento, y otro gran número de dificultades que deben afrontarse durante los primeros años de adaptación de la asignatura. Al contrario de lo que dicta el calendario académico de las asignaturas de SEMB y DBM, para los profesores éstas no quedaron dentro de un cuatrimestre, sino que se extendieron a un mes antes, en el que se comenzaron a discutir las pautas para afrontar las asignaturas, y terminaron un mes después, tras la corrección de todo el material entregado por el alumnado. Esto sin tener en cuenta, por supuesto, el resto de convocatorias oficiales.

## **6. Conclusiones**

El artículo ha aportado información relativa al concepto de aprendizaje basado en proyectos, y cómo dicha metodología docente se ha aplicado en dos asignaturas dentro del plan de estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas. Aunque inicialmente el ABP se empleó en ciencias experimentales, se ha comprobado en los últimos años que su aplicación sobre enseñanzas técnicas presenta un mecanismo perfecto, ya que la realización de proyectos está a la orden del día en el ambiente laboral de cualquier ingeniero.

Se ha descrito cómo se han ido adaptando estas dos asignaturas durante los últimos años de docencia. Actualmente, el calado del ABP en dichas materias es muy importante, y los alumnos pasan por un proceso educativo que, al mismo tiempo, guía su trabajo y favorece el auto-aprendizaje. Ambas asignaturas poseen gran variedad de similitudes, tanto en los contenidos tratados como en la metodología usada. No en vano, los profesores encargados de ellas mantienen una estrecha relación, y el mismo becario FPU ha estado implicado en la parte práctica de ambas materias.

Los resultados extraídos de la experiencia muestran una adopción positiva por parte del alumnado, aunque el aumento de la motivación y del conocimiento final de la asignatura no se puede expresar mediante datos empíricos. Sin embargo, el camino para usar el ABP no es fácil, al igual que tampoco lo es la adopción de los nuevos conceptos del EEES, en general. Por ello, se han descrito los aspectos fundamentales que se han presentado como retos en dicho proceso de adaptación. Éstos no sólo están relacionados con el profesor, sino que también el alumno se encuentra ante una nueva metodología docente no experimentada hasta la fecha. El diferente carácter de la asignatura (optativa u obligatoria/troncal) y el número de alumnos, se encuentran como principales factores a considerar, y no sólo en la implantación del ABP, sino también en la adopción del nuevo EEES.

Como se ha explicado, el proceso de adaptación está en continuo movimiento, y para el siguiente curso académico (2008/2009) está previsto, por ejemplo, que la presentación de los entregables en SEMB se realice durante el curso, tal y como se considera en DBM. Esto mejorará el seguimiento del alumno. Además, en ambas asignaturas, se realizará un cambio de perspectiva en la defensa del proyecto tras su entrega. Se pasará de una entrevista privada entre los componentes del grupo y el profesor, a una presentación pública, en la que también estarán presentes el resto de los compañeros. La defensa en público de un trabajo o de unos intereses forma parte de la esencia de un buen ingeniero, además de estar incluido también como un aspecto importante en el ABP.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia la financiación ofrecida dentro del programa FPU, con la beca AP2005-1437.

Este trabajo ha sido llevado a cabo dentro del grupo de investigación de Sistemas Inteligentes, incluido dentro del Registro de Grupos de Excelencia de la Fundación Séneca – Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, con la subvención 04552/GERM/06.

## **Referencias**

- [1] ALCOBER, J., RUIZ, S., VALERO, M. “Evaluación de la implantación de. Aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2001-2003)”. XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Vilanova i la Geltrú, 23-25 Julio, 2003.
- [2] ARIAS, J., GUTIÉRREZ, P., HIDALGO, V. “Experiencia docente en la asignatura Redes de Computadores en la Universidad de Extremadura”. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 2006, vol. 5, no. 2, pp. 223-233.
- [3] DÍAZ, M., RIESCO, M., MARTÍNEZ, A. B. “Convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior: Algunas ideas prácticas y viables para llevar a cabo el cambio de

- paradigma”. X Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Alicante, 14-16 Julio, 2004.
- [4] HASSAN, H., SORIANO, J., MONTAGUD, J., DOMÍNGUEZ, C. “Instrucción en el Diseño de Sistemas Empotrados. Aplicación al Control de un Brazo Robot”. XXIV Jornadas de Automática, León, 10-12 Septiembre, 2003.
  - [5] LABRA, J.E., FERNÁNDEZ, D., CLAVO, J., CERNUDA, A. “Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos utilizando herramientas colaborativas de desarrollo de software libre”. XII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Bilbao, 12-14 Julio, 2006.
  - [6] MONTERO, J.M., FERREIROS, J., MACÍAS GUARASA, J., DE CÓRDOBA, R., ROMERAL, J.D. “Enseñanza en Laboratorios de Electrónica: Una filosofía basada en diseños no guiados del mundo real”. XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Vilanova i la Geltrú, 23-25 Julio, 2003.
  - [7] SANTA, J., ZAMORA, M. A., SKARMETA, A. F. G. “Una propuesta de adaptación al EEES en diseño de sistemas embebidos”. XIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, Granada, 9-11 Julio, 2008.
  - [8] SIMÓN, M. A., VIVARACHO, C. E., FERNANDO, M., GÓNZÁLEZ, M. L., MARTÍNEZ, B., MARTÍNEZ, A., DE UÑA MARTÍN, A. “Análisis de la Incidencia de las Metodologías Docentes Activas en los Estudiantes”. XV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valladolid, 18-20 Julio, 2007.
  - [9] SOLOMON, G. “Project-Based Learning: a Primer”. *Technology and Learning*, 2003, vol. 23, no. 6, pp. 20-30.
  - [10] VALERO-GARCÍA, M. “¿Cómo nos ayuda el Tour de Francia en el Diseño de Programas Docentes Centrados en el Aprendizaje?”. *Novática*, 2004, no. 127, pp. 42-47.
  - [11] WOODS, D.R. “Problem-based Learning: How to gain the most from PBL”. The Book Store, McMaster University, Hamilton, 1994.
  - [12] ZAMORA, M. A., SANTA, J., VILLALBA, G. “Una Experiencia de Transición hacia el EEES en la Enseñanza de Tecnología Electrónica Mediante Nuevas Técnicas Docentes”. III Jornadas Sobre el Espacio Europeo de Educación Superior: 'Avanzando Hacia Bolonia', Murcia, 8-9 Mayo, 2008.