

# INFLUENCIA DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS EN ASIGNATURAS DE DISEÑO DE SISTEMAS BASADOS EN MICROCONTROLADOR

M. ARIAS, A. RODRIGUEZ, D.G. LAMAR, F.F: LINERA, M.M. HERNANDO

*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y Sistemas.*

*Escuela Politécnica Superior de Gijón.*

*Universidad de Oviedo. España.*

Emails: [ariasmanuel@uniovi.es](mailto:ariasmanuel@uniovi.es), [rodriguezalberto@uniovi.es](mailto:rodriguezalberto@uniovi.es), [gonzalezdiego@uniovi.es](mailto:gonzalezdiego@uniovi.es),  
[linera@uniovi.es](mailto:linera@uniovi.es), [mmhernando@uniovi.es](mailto:mmhernando@uniovi.es)

*En este artículo se analiza el resultado obtenido al plantear las prácticas de una asignatura de diseño digital basado en microcontrolador desde la perspectiva del aprendizaje basado en proyectos. En lugar de plantear a los estudiantes un único proyecto de gran envergadura, se optó por pequeños proyectos, cada uno relacionado con un tema determinado de la asignatura. La validez del método se analiza comparando el grado de dedicación de cada alumno a las prácticas con el resultado final en su evaluación.*

## 1. Introducción

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en el sistema universitario español ha puesto de manifiesto el carácter excesivamente teórico que tienen algunas asignaturas de carreras técnicas [1, 2]. Además, cuando las prácticas no están adecuadamente planteadas y organizadas, tienden a ser vistas por los alumnos como un simple requisito que se debe cumplir intentando gastar la mínima cantidad de tiempo y atención posible. De este modo, la finalidad de las prácticas se desvirtúa y los alumnos no sacan todo el provecho que podrían de las mismas. Esto tiene dos graves consecuencias. Por un lado, ciertas competencias transversales dejan de ser potenciadas a pesar de su vital importancia: trabajo en grupo, análisis crítico de soluciones, planificación del trabajo, etc. Por otro, los alumnos pierden la oportunidad de poner en práctica los conocimientos que van adquiriendo a lo largo de la asignatura, lo que hace que tiendan a incorporarlos de un modo excesivamente teórico, no desarrollando la conveniente habilidad para emplearlos en los problemas y situaciones reales a los que se enfrentarán una vez egresen de la universidad.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP o PBL de su término inglés) constituye una herramienta eficaz para eliminar estas dos consecuencias negativas. No sólo permite a los alumnos poner en práctica los conocimientos adquiridos para alcanzar la solución a problemas reales, sino que además todo ello se hace embebido en una dinámica de trabajo en grupo y colaborativo [3-5]. Esto es aún más notorio en asignaturas en las que, debido a su temática, es posible suministrar a los alumnos equipos reales en los que probar el funcionamiento de las soluciones desarrolladas [6-8]. Es decir, en asignaturas en las que es posible disponer de laboratorios con un número suficiente de equipos (lo que implica la necesidad de un bajo coste de los mismos) y con cierta autonomía por parte del alumno (lo que implica que no debe haber peligro para el alumno o los equipos si realiza esas pruebas sin supervisión directa de los profesores).

En este artículo se pretende analizar la influencia del ABP en una asignatura centrada en el diseño de sistemas digitales basados en microcontrolador, temática en la que se cumplen las dos condiciones anteriores [9, 10]. Respetando el contenido de las clases teóricas, cada una de las clases prácticas se ha

planteado como una pequeña actividad basada en el ABP: alarma con histéresis para control de un nivel de tensión analógica, cronómetro controlado por teclado matricial, sensor de temperatura con registro de históricos, etc. Para analizar la validez de esta estrategia docente, no se van a comparar los resultados obtenidos al incorporar esta metodología con los obtenidos en años anteriores cuando no se empleaba. En su lugar, se van a analizar los resultados obtenidos por alumnos que plantearon su dedicación a las prácticas de una manera correcta con los obtenidos por aquellos alumnos que, siendo del mismo curso, adoptaron una actitud menos adecuada frente a las mismas (pasividad, poco aprovechamiento del tiempo, faltas de asistencia, etc.). Con esto, se pretende eliminar la influencia que puede tener, en el análisis, el que ciertas variables del estudio cambien de un año para otro como, por ejemplo, el grupo de estudiantes, el examen final, el grupo de profesores, etc. Lógicamente, esta alternativa implica otros problemas que es preciso eliminar para poder asegurar que los resultados son fiables y válidos.

En el presente artículo, primeramente se realiza una breve descripción de la asignatura en la que se ha llevado a cabo el estudio (apartado 2) y se detalla el nuevo planteamiento dado a las prácticas (apartado 3). Posteriormente (apartado 4), se describe como se analiza el grado de dedicación que cada alumno ha tenido en la realización de las mismas. Asimismo, en este mismo apartado se analizan los resultados del estudio realizado, haciendo especial hincapié en la relación existente entre el grado de dedicación del alumno a las prácticas y su éxito en la adquisición, tanto de competencias transversales, como de conocimientos y competencias propias de la asignatura.

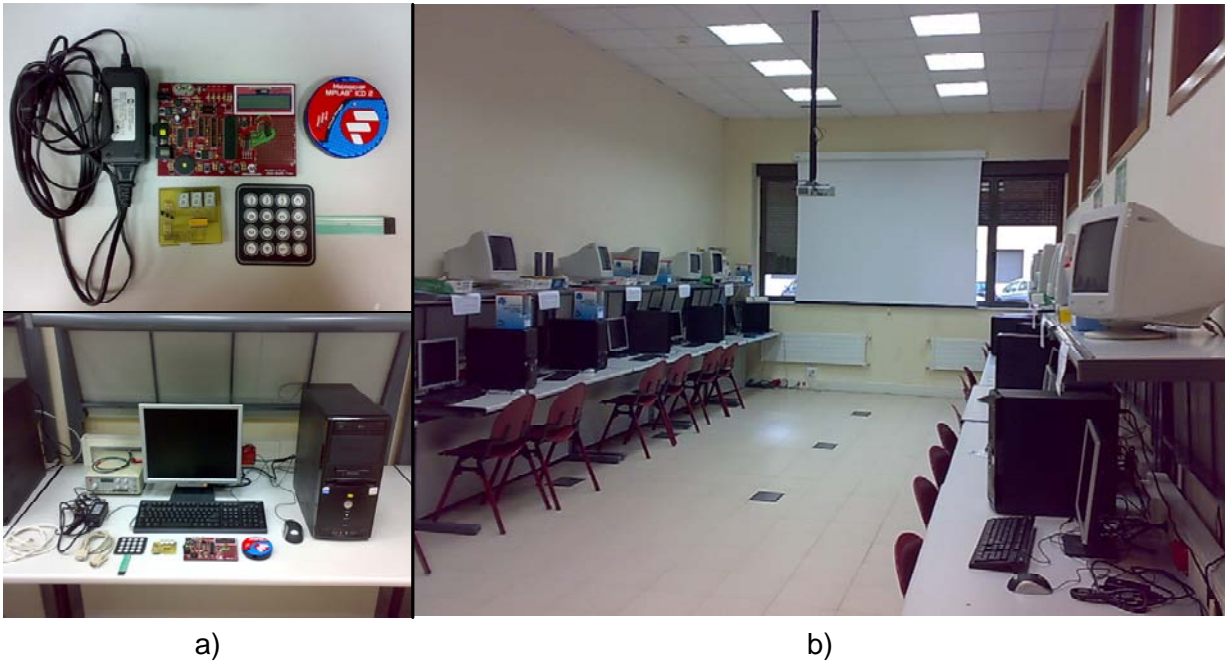
## **2. Descripción y planteamiento de la asignatura**

La estrategia docente explicada en este artículo se ha incorporado a la asignatura troncal y anual “Sistemas Electrónicos Digitales”, de tercer curso de Ingeniería de Telecomunicación. Consta de 10,5 créditos, repartidos en 6 créditos teóricos y 4,5 créditos de prácticas. La evaluación se realiza a través de un examen parcial eliminatorio y compensatorio y un examen final, en los que se plantean cuestiones de carácter práctico. Asimismo, también se evalúa el trabajo desarrollado en las prácticas, en las cuales se ha instaurado la metodología del ABP y son objeto de análisis en este artículo.

El número total de alumnos es de aproximadamente cien, repartidos en dos grupos de cincuenta para las clases teóricas y en cinco grupos de veinte para las prácticas. Este número elevado tiene, como se verá a continuación, una influencia notable en el planteamiento de la metodología del ABP. Otro aspecto relevante es que la temática de la asignatura, diseño de sistemas gobernados mediante microcontrolador, implica que el coste del material necesario para la realización de las prácticas no es excesivamente elevado (Figura 1a). Esta temática también permite plantear prácticas en las que no existe riesgo para los alumnos y, por tanto, es posible dejarlos trabajar en sus proyectos sin supervisión directa y continuada de los profesores. Teniendo en cuenta ambos aspectos, en este tipo de asignaturas es posible disponer de un laboratorio con suficientes puestos de trabajo y dejarlo abierto a disposición de los alumnos sin supervisión directa de los profesores, lo que no significa ausencia de acción tutorial por parte de los mismos (Figura 1b).

## **3. Descripción y planteamiento de las prácticas**

Las prácticas, como ya se ha comentado, se plantean según la estrategia docente del ABP. El objetivo es que los alumnos saquen el máximo provecho de las mismas, tratando de eliminar su visión de las prácticas como un mero requisito a cumplir con el menor esfuerzo posible.



**Figura 1.** a) Equipamiento necesario para la depuración y programación de la solución implementada para cada proyecto propuesto; b) Laboratorio con 12 puestos de trabajo completamente equipados para el desarrollo de las clases prácticas.

Lo primero que se debe tener en cuenta es que el número de alumnos es elevado, sobre todo considerando que el número de profesores que imparten estas prácticas es de dos. Por lo tanto, se opta por plantear cada práctica como un pequeño proyecto real (alarma con histéresis para control de un nivel de tensión analógica, cronómetro controlado por teclado matricial, sensor de temperatura con registro de históricos, etc.), en lugar de aunar todas las prácticas con el objetivo de que los alumnos desarrollen un único proyecto de una complejidad mayor (Tabla 1). De esta manera, la tarea de seguimiento se simplifica y puede ser llevada a cabo por el número de profesores disponibles sin dificultad. No obstante, existe otro motivo, más importante desde un punto de vista docente, para este planteamiento. Cada uno de estos pequeños proyectos se relaciona con uno o varios de los temas que componen la asignatura. De esta forma, se brinda a los alumnos la oportunidad de poner en práctica los conocimientos que han ido adquiriendo en las clases teóricas. Para favorecer esto, se hace especial esfuerzo en que cada práctica comience una vez que los correspondientes temas teóricos en los que se centran han sido convenientemente explicados. De esta forma, se potencia el que cada práctica sirva al alumno como un soporte para favorecer el aprendizaje en lugar de un requisito a cumplir para poder presentarse al examen final.

Para favorecer la adquisición de competencias transversales, tales como el trabajo en equipo y la organización de tareas, los alumnos trabajan en grupos de dos o tres personas. En principio, un mayor número de integrantes en el grupo favorecería y desarrollaría en mayor medida las competencias antes mencionadas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que uno de los principales preceptos para que una actividad basada en el ABP tenga éxito es evitar que uno, o varios miembros del grupo, puedan adoptar una actitud pasiva confiando en que el trabajo sea desarrollado por el resto de sus compañeros de equipo.

Dado que los proyectos no son excesivamente complejos, los grupos no pueden ser excesivamente grandes si se quiere evitar la aparición de estos miembros pasivos.

El proceso de evaluación de las prácticas también se ha concebido con la idea de fomentar ciertas competencias transversales como, por ejemplo, la expresión oral, la claridad expositiva, etc. Cuando un grupo finaliza una práctica, los integrantes deben explicar a los profesores la solución que han desarrollado. Asimismo, también deben responder a las preguntas que se les planteen y entregar un informe donde se detalle y explique la solución, argumentando los motivos de las decisiones tomadas y respondiendo a un cuestionario sobre dicha práctica. De esta forma, no sólo se fomentan las competencias transversales antes mencionadas, sino que se evita la copia de prácticas entre grupos. La necesidad de conocer la práctica desarrollada para poder responder a las cuestiones planteadas por los profesores evita dicha copia o, al menos, permite identificar fácilmente cuándo se ha producido y tomar las medidas oportunas [11].

**Tabla 1.** Descripción de cada una de las sesiones prácticas

Nº	Descripción de la práctica	Temas relacionados
1	Toma de contacto con la herramienta de depuración y programación (MPLAB IDE, ICD2, etc.)	Introducción a los microcontroladores
2	Cuenta del número de pulsaciones sobre un botón conectado a un <i>pin</i> de entrada. Representación (en binario) de este número de pulsaciones mediante cuatro LEDs.	Puertos de entrada/salida
3	Creación de distintos efectos visuales mediante cuatro LEDs (barrido lateral, encendido/apagado progresivo, etc.). El cambio de un efecto a otro se logra mediante la pulsación sobre un botón.	Puertos de entrada/salida Temporización software
4	Cronómetro con botón de <i>start</i> y botón de <i>stop/reset</i> (doble función). Representación del tiempo en tres <i>displays</i> de 7 segmentos.	Temporización hardware <i>Displays</i> de siete segmentos
5	Cronómetro controlado mediante teclado matricial de 16 botones.	Temporización hardware Interrupciones Control de teclados matriciales
6	Frecuencímetro digital (rango: 10-20000 Hz)	Módulo CCP (modo captura) Interrupciones
7	Crónometro controlado mediante teclado matricial de 16 botones y representación en <i>display LCD</i>	<i>Displays LCD</i> Módulo CCP (modo comparación) Teclados matriciales
8	Alarma sonora (mediante zumbador) para el control de una tensión analógica. El valor de dicha tensión se debe mostrar en el <i>display LCD</i> cada segundo. Se incluye histéresis en la activación de la mencionada alarma.	Módulos CCP (PWM y comparación) Convertor AD
9	<i>Data-logger</i> de la información enviada por el PC a través del puerto serie (protocolo RS-232)	Módulo USART (com. asíncrona)
10	Medida de la temperatura mediante un sensor controlado a través del protocolo I2C y almacenamiento de los resultados en memoria <i>EEPROM</i> externa. La información almacenada es recuperada y enviada a un PC a través del puerto serie (RS-232) bajo demanda del usuario a través del propio PC.	Módulo SSP (I2C) Módulo USART Dispositivos externos (sensor de temperatura, memoria <i>EEPROM</i> externa))

Un aspecto importante a resaltar, y que más adelante se comenta como una posible mejora del método propuesto, es que no se ha fijado una fecha de entrega para cada una de las prácticas. Tan solo se establece la condición de que todas las prácticas deben ser presentadas y defendidas antes del examen final. El objetivo buscado es fomentar la capacidad de autogestión del alumno. Sí se les indicó, de manera recurrente, que el planteamiento de las prácticas les resultaría más útil si el plazo de entrega no se extendía más allá de dos semanas (período de tiempo existente entre una práctica y la siguiente). Es decir, si las prácticas se realizaban de manera paralela a la explicación, por parte de los profesores, de los correspondientes temas en las clases teóricas.

#### 4. Análisis de la metodología propuesta. Descripción del método de análisis.

Como se dijo al comienzo, la efectividad del método propuesto se va a analizar comparando los resultados obtenidos por los alumnos de un mismo curso. De esta forma, variables que cambian de un año para otro (alumnos, dificultad del examen, etc.) dejan de influir en el análisis. En concreto, en el estudio realizado se pretende comparar la nota obtenida por aquellos alumnos que siguieron las pautas dadas en cuanto a fechas de entrega y modo de realización de las prácticas frente a los alumnos que no lo hicieron. Es decir, se pretende comparar la nota final en la asignatura con el grado de dedicación a las prácticas. Es importante resaltar que este método de análisis se propone como un complemento al método tradicional (comparación de los resultados obtenidos en distintos años con distintas metodologías) y nunca como sustituto. Si bien tiene ventajas, como ya se ha comentado, también presenta una serie de aspectos donde es mejor el método tradicional, sobre todo cuando existe continuidad en el cuadro de profesores y en la organización de la asignatura.

Una buena medida de este grado de dedicación a las prácticas (más allá de la nota obtenida en ellas) es la fecha de entrega y defensa de las mismas. De esta forma, alumnos que aprovechan las prácticas como apoyo al estudio y con la idea de saber cómo emplear los conocimientos adquiridos tendrán fechas de entrega más tempranas que los alumnos que las completan como un simple requisito. Obviamente, cabe pensar que podría ser al revés, de forma que los alumnos que no se preocupan lo hacen sin prestar atención y tratando de presentar las prácticas en el menor tiempo posible. Debe tenerse en cuenta que no se trata de prácticas meramente presenciales y que resulta imposible completarlas sin llevar a cabo un estudio previo del tema teórico correspondiente (algo característico del ABP). Por lo tanto, son aquellos alumnos preocupados por las prácticas los que las presentan con mayor prontitud, lo que a su vez les fuerza a un estudio diario de la asignatura (que es uno de los objetivos perseguidos). De hecho, las notas de prácticas más elevadas se corresponden, en líneas generales, con las fechas de entrega más tempranas.

Según lo planteado en el párrafo anterior, para poder evaluar el grado de dedicación se tomó nota de la fecha en la que cada alumno realizaba la defensa de una determinada práctica. De este modo, es posible calcular, para cada práctica, una fecha media de entrega a partir de las fechas de entrega de todos los alumnos:

$$FEM_i = \frac{\sum_{X=1}^N FE_{X_i}}{N} \quad (1)$$

donde  $FEM_i$  es la fecha media de entrega de la práctica  $i$ ,  $FE_{X_i}$  es la fecha de entrega de la práctica  $i$  por parte del alumno  $X$  y  $N$  es el número total de alumnos.

Con esta fecha media se puede calcular el grado de dedicación ( $GD_{X_i}$ ) de cada alumno ( $X$ ) en cada práctica ( $i$ ), sin más que calcular la diferencia entre la fecha de entrega media y su fecha de entrega:

$$GD_{x_i} = FEM_i - FE_{x_i} \quad (2)$$

de manera que valores positivos implican entregas tempranas y, por tanto, un buen grado de dedicación y valores negativos lo contrario.

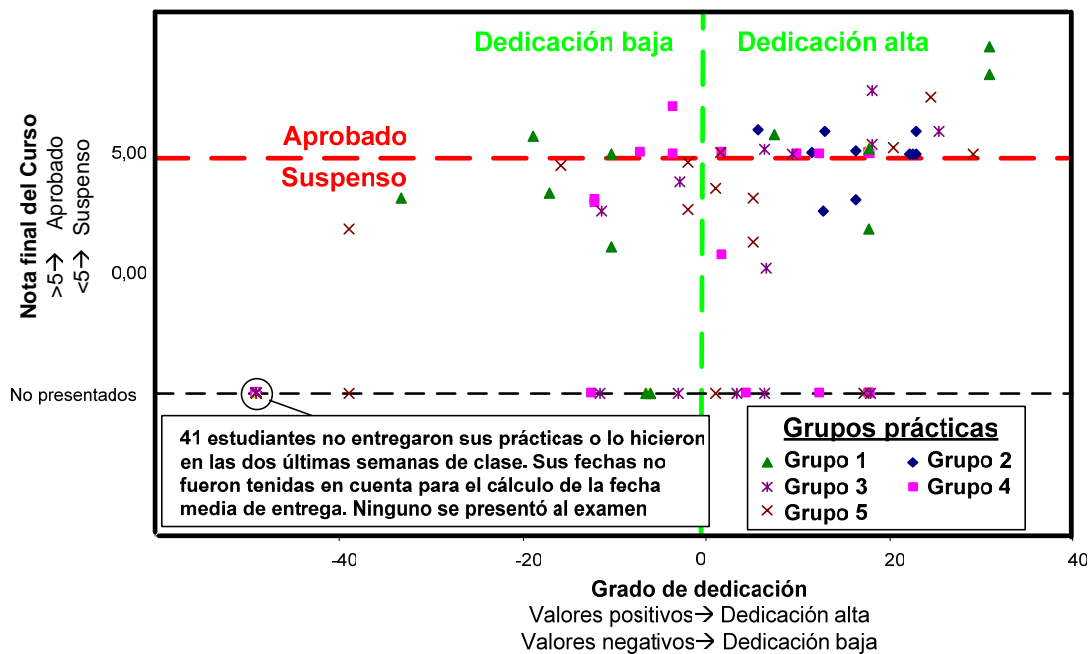
Calculando la media en la entrega de las diez prácticas por parte de un alumno es posible calcular una nota que refleje su grado de dedicación global:

$$GD_x = \frac{\sum_{i=1}^{10} GD_{x_i}}{10} \quad (3)$$

donde  $GD_x$  es el grado de dedicación del alumno X teniendo en cuenta las 10 prácticas de la asignatura.

Por otro lado, la nota final en la asignatura, la otra variable considerada en este estudio, depende tanto de la nota obtenida en los dos exámenes (parcial y final) como de la nota obtenida en la evaluación de las prácticas. De este modo, esta nota final refleja tanto el éxito del alumno en la adquisición de los conocimientos teóricos como en la adquisición de las competencias transversales (evaluadas durante la defensa de las prácticas).

En la Figura 2 puede verse un gráfico que relaciona la nota final con el grado de dedicación de cada alumno. Valores positivos en el eje X denotan grados de dedicación elevados, mientras que valores negativos implican un grado de dedicación insuficiente.



**Figura 2.** Relación entre el grado de dedicación y la nota final obtenida en la asignatura. El código de símbolos hace referencia al grupo de prácticas (20 personas) al que pertenece el alumno, no al grupo de trabajo (2-3 personas).

El primer resultado que se debe tener en cuenta es que el número de abandonos (entendiendo como tal la no presentación al examen final) es mucho menor en el grupo de aquellos alumnos con altos grados de dedicación. En concreto, sólo 9 estudiantes con valores positivos en el grado de dedicación no se presentaron, mientras que ese número asciende a 47 en el caso de los estudiantes con grados de dedicación negativos. Es decir, tan sólo el 16% de los estudiantes que no se presentaron al examen tenían un grado de dedicación elevado. Este resultado es aún más positivo si se tiene en cuenta que algunos de esos 9 estudiantes no presentados pero con un grado de dedicación positivo tuvieron una actitud relativamente pasiva, aprovechando el trabajo realizado por sus compañeros de grupo.

Por otro lado, de aquellos alumnos presentados a los exámenes, los mejores resultados se corresponden con los grados de dedicación más elevados. Puede observarse que en este grupo el número de aprobados es de 26 (nota igual o superior a 5) frente a 9 suspensos. Es decir, el 75% de los alumnos que se plantearon las prácticas como una herramienta útil, aprobaron la asignatura. Por el contrario, en el grupo con un grado de dedicación negativo, tan sólo 5 estudiantes aprobaron frente a 12 que no alcanzaron el nivel mínimo exigible. Es decir, tan sólo el 29% de los alumnos que no se involucraron de forma correcta en la realización de las prácticas aprobaron el examen (de los que una mayoría son alumnos matriculados por segunda vez en la asignatura).

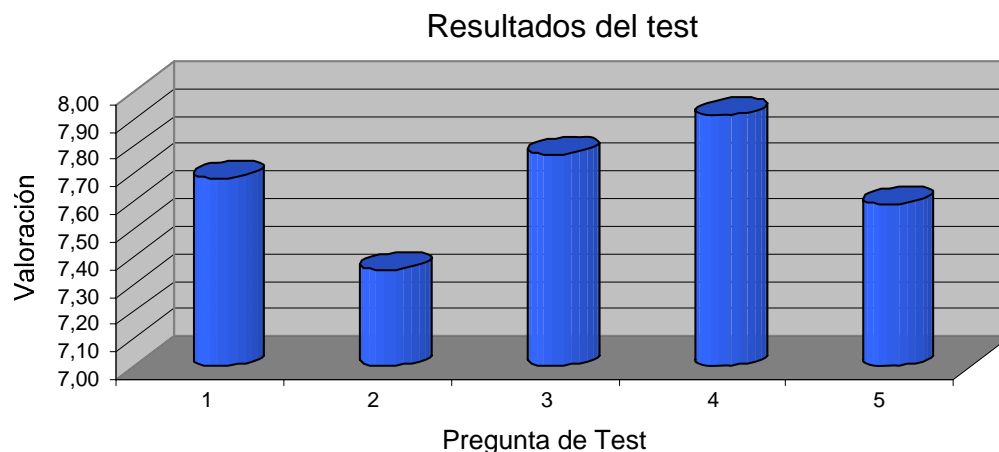
Es importante resaltar que existen 41 alumnos que no presentaron los informes de prácticas o lo hicieron en las dos últimas semanas antes del examen final. Estas fechas de entrega no han sido tenidas en cuenta para el cálculo de la fecha media de entrega (FEM<sub>i</sub>). Si se hubieran tenido en cuenta, el análisis se habría visto distorsionado ya que estos alumnos ni siquiera asistieron a las clases teóricas. Es decir, abandonaron la asignatura de forma temprana y no pudieron entrar en la dinámica de la metodología propuesta. Este aspecto, debido a que la fecha límite de entrega es sólo orientativa, es tratado detalladamente al final del siguiente apartado.

## **5. Análisis de los resultados obtenidos.**

Según el resultado planteado en el apartado anterior, tan sólo es posible asegurar que existe una relación entre el grado de dedicación a las prácticas y la nota global obtenida en la asignatura. Sin embargo, no es posible asegurar que los buenos resultados son consecuencia del método propuesto. Cabría la posibilidad de pensar que los buenos estudiantes habrían obtenido buenas notas con independencia del planteamiento seguido en la realización de las prácticas; es decir, que incluso sin realizar las prácticas habrían obtenido la misma nota en el examen (al margen de que no habrían potenciado muchas de las competencias transversales). Para clarificar este aspecto, se realizó un test a todos los alumnos al final de curso pero antes del examen final. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3, donde un diez significa *'en total acuerdo'* y un cero *'en total desacuerdo'* (por claridad, el eje Y de la Figura 3 tan sólo muestra los valores entre siete y ocho).

Las dos primeras cuestiones que se plantearon a los alumnos son las siguientes:

- Pregunta 1: La realización de las prácticas ayuda a comprender el contenido teórico de la asignatura.
- Pregunta 2: Complementar cada tema teórico con la realización de una práctica ayuda a su comprensión.



**Figura 3.** Resultados obtenidos en el test realizado a los alumnos.

Se puede apreciar que, efectivamente, el planteamiento de las prácticas tal y como se presentan en este artículo ayuda a los alumnos en la adquisición de conocimientos teóricos. Es decir, los resultados muestran que la metodología propuesta ayuda a los estudiantes a adquirir los conocimientos como una herramienta más que como un conjunto de datos a memorizar para el examen.

En relación a las competencias transversales, se planteó la siguiente pregunta a los alumnos:

- Pregunta 3: La realización de las práctica en grupo favorece la comprensión de la asignatura y enseña a trabajar en equipo

El resultado obtenido, permite asegurar, no sólo que la metodología propuesta promueve la adquisición de las competencias transversales relativas al trabajo en grupo, si no que los alumnos son conscientes de ello. Esto es importante ya que ayuda a eliminar la visión de las prácticas como un mero requisito para poder aprobar la asignatura.

Por último, en la Figura 3 se muestra el resultado obtenido en las siguientes preguntas:

- Pregunta 4: La realización de las prácticas me ha ayudado a ver que un proyecto real es más complicado que el trabajo teórico sobre el papel.
- Pregunta 5: Las prácticas me han ayudado a ver que un proyecto real engloba numerosos aspectos que se relacionan entre sí (electrónica analógica, sentido común, etc.)

Los resultados obtenidos muestran que otro de los objetivos perseguidos también se ha cumplido, ya que los alumnos son conscientes de que los conocimientos y competencias que se adquieren en la asignatura no deben ser asimilados como simples conocimientos teóricos, sino como herramientas para su futuro profesional.

A la vista de los resultados obtenidos, no sólo en el test sino también en la comparación entre el grado de dedicación y la nota final obtenida, es posible asegurar que la metodología propuesta cumple todos los objetivos perseguidos por los profesores de la asignatura. Los estudiantes no memorizan los contenidos de la asignatura, los adquieren como una herramienta a emplear para resolver los problemas que afrontarán en su futuro trabajo. Asimismo, se promueve la adquisición de competencias transversales tales como el trabajo en grupo o la redacción técnica. Por último, el elevado número de estudiantes en



relación al número de profesores se resolvió mediante el planteamiento de proyectos de pequeña envergadura, el lugar de un único proyecto de complejidad más elevada.

A pesar de que el planteamiento cumplió con los objetivos propuestos, existen una serie de aspectos que deben ser mejorados. El plazo de entrega de dos semanas se planteó como algo orientativo, pero no obligatorio. Como consecuencia, sólo 44 estudiantes tuvieron un grado de dedicación positivo. Es más, 41 estudiantes no se presentaron al examen final. Teniendo en cuenta que la metodología propuesta ha demostrado ser efectiva, el plazo de entrega sugerido debería convertirse en obligatorio en próximos años para intentar reducir el número de abandonos. Sin embargo, esto entraña algunas dificultades adicionales. La principal es establecer qué ocurre con los estudiantes que no presentan una o varias prácticas dentro del plazo establecido. La solución más sencilla sería el suspenso del curso por parte del alumno. No obstante, esta solución no implicaría necesariamente un aumento en el número de alumnos con buenos resultados globales. Seguramente se produciría un incremento en el número de alumnos que copian los informes de prácticas de sus compañeros o, incluso, un incremento en el número de suspensos por un retraso de unos pocos días en la entrega. Este es un problema habitual cuya solución no resulta sencilla: puntos positivos a aquellos alumnos que entreguen todas las prácticas a tiempo, un decremento en la nota de prácticas por cada día de retraso, etc. Todas las posibles soluciones tienen sus ventajas e inconvenientes. Cada grupo de profesores debería escoger la solución que mejor se ajusta a su asignatura, al planteamiento de la misma, a su dinámica de trabajo, etc.

Otro aspecto a resaltar es que la metodología del ABP requiere un mayor grado de dedicación por parte no sólo de los alumnos, sino también por parte de los profesores. Esto implica que la disponibilidad de estos últimos no puede limitarse a las horas de prácticas semanales. Los alumnos trabajan en los proyectos durante el plazo de tiempo (en este caso, dos semanas) que hay entre cada sesión de prácticas. En ocasiones, se quedan bloqueados en un determinado punto y precisan de ayuda para evitar una pérdida excesiva de tiempo. Esto no quiere decir que los profesores han de resolver los problemas en el mismo instante en el que aparecen, ya que los alumnos deben afrontarlos y tratar de resolverlos o de lo contrario los beneficios del ABP se diluyen. Sin embargo, tras probar varias soluciones no válidas es preciso que los profesores revisen su trabajo y les expliquen qué están haciendo mal. De este modo, se evita un abandono de los alumnos por incapacidad para seguir con los proyectos propuestos. En la asignatura objeto de estudio en este artículo, los dos profesores encargados de las prácticas se organizaron para que al menos uno siempre estuviera disponible durante el horario lectivo (no en el laboratorio de prácticas, pero sí en su despacho o laboratorio de investigación).

## **6. Conclusiones.**

Los resultados obtenidos permiten asegurar que la dinámica del ABP presenta buenos resultados, no sólo cuando el proyecto planteado a los alumnos es único y de gran complejidad, sino también cuando se plantean varios proyectos de menor envergadura cada uno y centrados en temas específicos de la asignatura. No obstante, en este caso resulta de vital importancia reducir el tamaño de los grupos de trabajo para evitar la aparición de estudiantes pasivos. Por otro lado, se puede asegurar que esta reducción no supone una merma en la adquisición de competencias relacionadas con el trabajo en grupo por parte de los alumnos. En este artículo, también se comprueba que una posible mejora al método propuesto es la obligatoriedad de las fechas de entrega de cada práctica, dado que aquellos alumnos que respetaron las fechas orientativas (no obligatorias) que se dieron, obtuvieron mejores resultados.

## Referencias

- [1] M. J. Martins, J. M. Thiriet, O. Bonnaud, M. Hoffmann, M. Robert, J. Benloch, and G. Jervan, "A survey of the evolution of the Bologna Process in EIE in Europe," presented at EAEEIE Annual Conference, 2008 19th, 2008.
- [2] R. Magdalena, A. J. Serrano, J. D. Martin-Guerrero, A. Rosado, and M. Martinez, "A Teaching Laboratory in Analog Electronics: Changes to Address the Bologna Requirements," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 51, pp. 456-460, 2008.
- [3] L. R. J. Costa, M. Honkala, and A. Lehtovuori, "Applying the Problem-Based Learning Approach to Teach Elementary Circuit Analysis," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 50, pp. 41-48, 2007.
- [4] A. Mantri, S. Dutt, J. P. Gupta, and M. Chitkara, "Design and Evaluation of a PBL-Based Course in Analog Electronics," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 51, pp. 432-438, 2008.
- [5] C. Rui Hong, D. D. C. Lu, and S. Sathiakumar, "Project-Based Lab Teaching for Power Electronics and Drives," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 51, pp. 108-113, 2008.
- [6] D. Huan and T. Inanc, "Low cost mobile robotics experiment with camera and sonar sensors," presented at American Control Conference, 2009. ACC '09., 2009.
- [7] S. V. Shamlan, K. Killfoile, R. Kellogg, and F. Duvall, "Fun with Robots: a student-taught undergraduate robotics course," presented at Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE International Conference on, 2006.
- [8] J. K. Archibald and R. W. Beard, "Competitive robot soccer: a design experience for undergraduate students," presented at Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual, 2002.
- [9] M. Hedley, "An undergraduate microcontroller systems laboratory," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 41, pp. 8 pp., 1998.
- [10] L. Ferreira, E. L. Matos, L. M. Menendez, and E. Mandado, "MILES: A Microcontroller Learning System combining Hardware and Software tools," presented at Frontiers in Education, 2005. FIE '05. Proceedings 35th Annual Conference, 2005.
- [11] I. G. Pablo del Canto, José Manuel López, Javier Mora, Angélica Reyes, Eva Rodríguez, Kanapathipillai Sanjeevan, Eduard Santamaría, Miguel Valero, "¿Qué hacemos con los alumnos que van mal?," *CUIEET*, 2008.