

Aprendizaje Basado en Problemas como Metodología Docente de una Asignatura de Electrónica Básica en un Máster Universitario de Ingeniería Industrial

F. Barrero, J.L. Mora, M. Bermúdez, M. Perales

Departamento de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Camino de los descubrimientos s/n, 41092 Sevilla
mperales@us.es

Abstract—En este trabajo se presenta una metodología docente basada en la realización de proyectos, utilizada en una asignatura de electrónica básica adscrita al Máster Universitario en Ingeniería Industrial que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla. La nueva metodología docente reduce el contenido de las clases teóricas de la asignatura, aumentando la coordinación entre la teoría y la práctica mediante la realización de proyectos cooperativos. En el artículo se describe la experiencia y se muestran dos de los trabajos realizados por los alumnos durante el curso académico 2017-2018.

Index Terms—PBL, teaching process.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza relacionada con las tecnologías electrónicas en las diferentes titulaciones de grado y máster de ingeniería se ha venido realizando tradicionalmente mediante la impartición de clases teóricas que se limitan a presentar al alumno multitud de conceptos teóricos y prácticos. Este planteamiento se ha demostrado insuficiente desde la reciente implantación del Espacio Europeo de Educación Superior y los nuevos planes de estudio asociados, fundamentalmente porque resulta poco motivante para bastantes alumnos al no acercar sistemas electrónicos reales a la clase. Para mitigar esta problemática se han venido desarrollando numerosas metodologías y estrategias docentes, como el aprendizaje basado en problemas (PBL del inglés *problem-based learning*).

El PBL es un método docente de reciente introducción [1] en el que se destaca al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. El concepto ha tenido una relativa aceptación en la enseñanza de la Ingeniería y en asignaturas relacionadas con la Electrónica, donde algunas experiencias recientes demuestran el interés que puede tener su utilización en la mejora del binomio enseñanza-aprendizaje [2-4]. Si bien no podemos considerar el PBL como la metodología docente panacea, sí parece interesante si se aplica en una titulación de Máster de tipo generalista, donde existe una gran

diversidad en el alumnado, con procedencia de diferentes centros y titulaciones, y donde se pretende extender el conocimiento teórico y práctico del alumno en relación con la tecnología electrónica desde el punto de vista tecnológico e ingenieril, sin repetir los contenidos que se imparten respecto a los recibidos en los diferentes grados de ingeniería que los alumnos cursan con anterioridad a nuestro Máster.

En este trabajo se muestra el interés que tiene, y la sencillez que ofrece, la utilización del concepto PBL en una asignatura obligatoria denominada “Diseño Electrónico e Instrumentación Industrial” de primer curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. La asignatura se imparte durante el primer cuatrimestre, según el plan de estudios vigente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla (ETSI), tratándose de una asignatura obligatoria con 5 créditos asignados, de los cuales, 4 corresponden a créditos teóricos y 1 a créditos prácticos o de laboratorio. Esto se traduce, según la última planificación docente establecida en la ETSI, en trece semanas lectivas efectivas con dos clases magistrales de 1 hora y 15 minutos a la semana (2 horas y 30 minutos a la semana) y un total de 8,5 horas de prácticas. Los objetivos docentes específicos se centran en el diseño de circuitos y sistemas electrónicos y microelectrónicos, la instrumentación electrónica (sensores, actuadores y técnicas de instrumentación), así como los buses de campo. En la siguiente sección se describe el contexto docente de la asignatura. Posteriormente se describe la experiencia desarrollada por dos grupos de alumnos de la asignatura durante el curso académico 2017-2018. Finalmente se exponen las conclusiones.

II. CONTEXTO DOCENTE

Según el enfoque de tipo generalista dado al Máster, que admite multitud de perfiles de alumnos de nuevo ingreso, la asignatura en cuestión se caracteriza por ser la segunda asignatura relacionada con la electrónica que cursarán la gran mayoría de los alumnos, a modo de continuación de una asignatura de electrónica general que se imparte de forma obligatoria en los Grados de Ingeniería en Tecnologías Industriales. El objetivo principal de la misma es incidir en conceptos relacionados con la Tecnología Electrónica, pasando del mero conocimiento de los dispositivos, componentes y

sistemas electrónicos al diseño de circuitos y sistemas electrónicos de aplicación industrial, asentando el conocimiento del alumno de la Tecnología Electrónica, de su aplicación industrial y en el manejo de la instrumentación electrónica. Es por tanto imprescindible que el alumno haya cursado previamente una asignatura básica de electrónica, donde se hayan visto conceptos relacionados con el funcionamiento y características de los dispositivos electrónicos y los circuitos electrónicos analógicos y digitales básicos (como sería el caso de la asignatura “Electrónica General”, de segundo curso y segundo cuatrimestre del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales impartido en la ETSI de Sevilla). Tras cursar la asignatura el alumno podrá:

- Ampliar el conocimiento sobre los dispositivos electrónicos y su utilización en el diseño de circuitos y sistemas electrónicos y micro-electrónicos de aplicación industrial.
- Conocer el procedimiento y pasos necesarios para diseñar circuitos electrónicos analógicos y digitales de aplicación industrial.
- Entender la necesidad de uso de sensores y actuadores para implementar sistemas electrónicos de aplicación industrial.
- Identificar cómo se integran los sensores y actuadores en un sistema electrónico de aplicación industrial.
- Estar familiarizado con el manejo y técnicas relacionadas con la instrumentación electrónica.
- Conocer las características y etapas básicas asociadas al diseño electrónico, así como de la existencia de herramientas de ayuda al diseño electrónico.
- Identificar las prestaciones e interés de las herramientas de ayuda al diseño electrónico.
- Entender el interés y utilidad de los sistemas de transmisión de información y datos como medio para la simplificación de la instalación y operación de sistemas electrónicos empleados en procesos productivos.

En cuanto a la relación con otras asignaturas, los conocimientos adquiridos en “Diseño Electrónico e Instrumentación Industrial” no tienen continuidad en los planes de estudio aprobados, al tratarse de un plan de estudio generalista. La metodología docente empleada incide en la creación de grupos de trabajo, de manera que los alumnos se enfrentan a un problema real, cercano al ámbito industrial en el que son expertos (los alumnos provienen de especialidades mecánicas, energéticas, químicas o de organización) y que deben solucionar diseñando e implementando un sistema electrónico real. El sistema es construido a lo largo del cuatrimestre y probado en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Electrónica de la ETSI. Esto se traduce en:

- Clases magistrales en las que se impartirán algunas (aproximadamente un 35% del total) clases de teoría en pizarra con apoyo gráfico de transparencias (para exponer material docente y sobre todo presentar problemas a los alumnos que deben solucionar). La mayoría de las clases magistrales (el 65% restante) serán de seguimiento y apoyo al alumno para guiarlo en la solución de los problemas que se vayan planteando en la propia clase.

- Prácticas de laboratorio en las que los alumnos fabricarán el sistema electrónico diseñado (realización de la placa de circuito impreso o PCB –Printed Circuit Board en inglés–, montaje de componentes en la misma, puesta en marcha, calibración del sistema desarrollado y pruebas de funcionamiento).

Se plantean una serie de limitaciones asociadas al diseño para guiar la experiencia en clase. Las limitaciones que se establecen son:

- El sistema de desarrollo empleado será el MSP430 LaunchPad (Fig. 1), con entorno de programación Energía (Fig. 2).
- El simulador de circuitos electrónicos que emplearán los alumnos es Microcap.
- La herramienta de diseño de placas de circuito impreso que usarán para el diseño del sistema electrónico es Eagle.
- La puesta en marcha del sistema se realiza en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Electrónica de la ETSI.
- Los sensores y actuadores que escojan deberán ser aceptados por el profesorado.



Fig. 1. Sistema de desarrollo MSP430 LaunchPad.

La asignatura se ha estructurado, siguiendo las restricciones impuestas por la ETSI para el curso 2017-2018, de la manera que se indica en la Tabla 1. La evaluación del alumno se realiza en base al seguimiento del trabajo realizado y su exposición y defensa en la última semana lectiva.

III. EJEMPLOS DE EXPERIENCIAS PBL

En este apartado se describen dos de los trabajos realizados por los alumnos, consistente el primero en el diseño de un anemómetro y veleta para un aerogenerador (Grupo de Trabajo 1), y el segundo en el desarrollo de un regulador de la velocidad de giro de un motor de continua (Grupo de Trabajo 2). Ambos trabajos han sido desarrollados por un grupo formado por 4 alumnos matriculados en la asignatura, cuyo conocimiento previo de electrónica se reducía a los propios de una asignatura básica de electrónica. En el caso que nos ocupa, se trataba de alumnos que habían cursado la especialidad mecánica en los grados universitarios en tecnologías industriales.

En el Grupo de Trabajo 1, los alumnos plantearon el desarrollo de un sistema electrónico que emulara el control de un aerogenerador atendiendo a la intensidad y a la dirección del viento, empleando un anemómetro y una veleta. Para poder realizar el proyecto, se empleó un

anemómetro de cucharas con un sensor capaz de medir velocidades de viento comprendidas en el rango 0-32,4 m/s, así como una chapa de plástico rígida acoplada al extremo de un potenciómetro multivuelta. La elección de los sensores de control del sistema fue hecha por los alumnos en clase, bajo la supervisión del profesorado. Las señales analógicas generadas por los sensores mencionados, se adaptaron para generar un nivel de tensión entre 0 y 3,6v que pudiese ser leído por los canales de entrada adscritos al CAD del sistema de desarrollo MSP430 LaunchPad. Para esto se escogió un amplificador operacional de tipo *rail-to-rail* y se diseñaron las etapas de adaptación de la señal analógica basadas en dicho amplificador operacional. Los circuitos diseñados se simularon empleando la versión de evaluación de Microcap. A continuación se implementó el diseño en una placa de circuito impreso. Los alumnos emplearon la versión de evaluación de Eagle para la realización de la placa, que fue revelada, taladrada y soldada en los laboratorios de la ETSI de Sevilla. La puesta en marcha del sistema se hizo en el laboratorio, antes de conectarla al Launchpad y empleando el instrumental disponible (polímetros, fuente de alimentación y generadores de onda programables, así como osciloscopios). Por último, se realizó en Energía todo el software de control del sistema, completándose el proyecto. En la Fig. 3 se muestra el resultado del mismo, donde se puede apreciar el sistema experimental completo que constituye el proyecto (figura superior izquierda), el esquemático de simulación en Microcap (figura inferior izquierda), así como un diagrama de flujo

correspondiente a la programación implementada en Energía (figura derecha).

En el Grupo de Trabajo 2, se diseñó un sistema electrónico cuyo objetivo era regular la velocidad de giro de un motor de corriente continua, proporcionando el valor de dicha velocidad en cada instante. El trabajo desarrollado por este grupo de alumnos transcurrió de manera análoga al caso anterior, aunque partiendo obviamente de una elección diferente de sensores, que a su vez generan un diseño distinto de los circuitos de adaptación, etc. En todo caso, se emplearon las mismas herramientas para el diseño del sistema: Microcap, Eagle y Energía para completar el desarrollo del proyecto. En la Fig. 4 se muestra el resultado del mismo, donde se puede observar igualmente el sistema experimental completo (figura izquierda), así como el esquemático del circuito eléctrico simulado en Microcap (figura superior derecha) y el esquema final del diseño de la placa de circuito impreso realizado con la herramienta Eagle (figura inferior derecha). Destaca en este trabajo, por su complejidad respecto a otros, el software que implementa el microcontrolador, especialmente en cuanto a la estimación de la velocidad de giro del motor para su regulación, algo nada simple y menos si se tiene en cuenta que el MSP430 no está preparado para el control de motores, el software Energía tampoco facilita el acceso al hardware del microcontrolador y los alumnos desconocen las bases de funcionamiento de los dispositivos encoder o tacogeneradores.

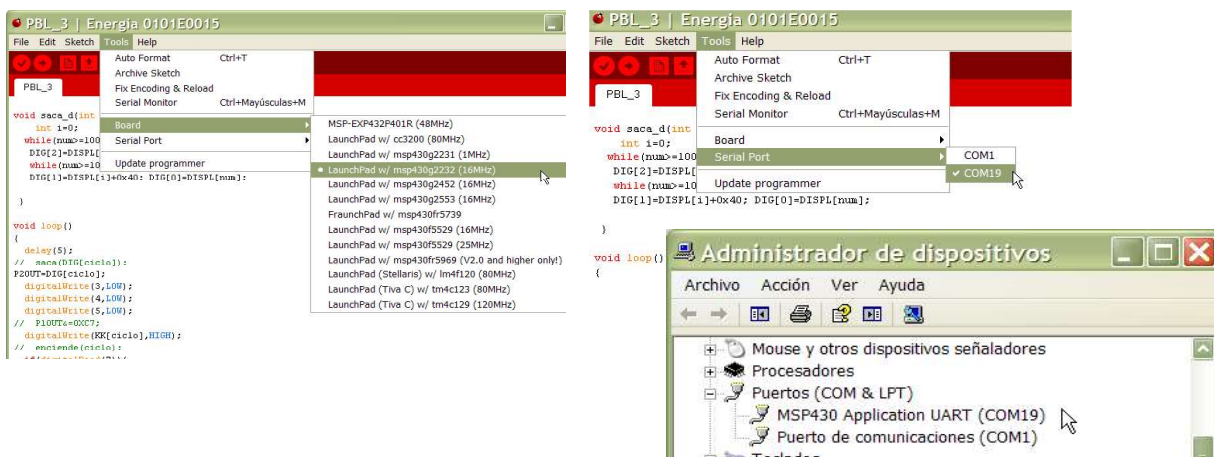


Fig. 2. Entorno de programación Energía.

Tabla 1. Programa de la asignatura “Diseño Electrónico e Instrumentación Industrial”.

Temario	Horas	Semana
Clase 1: Presentación.	1h 15'	1
Clase 2: De la idea al producto.	1h 15'	1
Clase 3: Herramientas de ayuda.	1h 15'	2
Clase 4: Seguimiento (especificación de trabajos: elección de sensor).	1h 15'	2
Clase 5: OpAmp.	1h 15'	3
Clase 6: Elección de OpAmp reales.	1h 15'	3
Clase 7: Seguimiento (presentación y cierre de especificación de trabajos).	1h 15'	4
Clase 8: Herramienta de diseño de circuitos electrónicos.	1h 15'	4
Clase 9 y 10: Seguimiento de trabajos.	2h 30'	5
Clase 11: Herramienta de diseño de placas de circuito impreso.	1h 15'	6
Clase 12 a 14: Seguimiento de trabajos.	3h 45'	6,7
Clase 15: Energía.	1h 15'	8
Clases 16 a 24: Seguimiento de trabajos.	11h 15'	8-12
Prácticas 1 a 4: Realización y puesta en marcha de diseños.	8h 30'	9 a 12
Clases 25 y 26: Evaluación de trabajos.	2h 30'	13

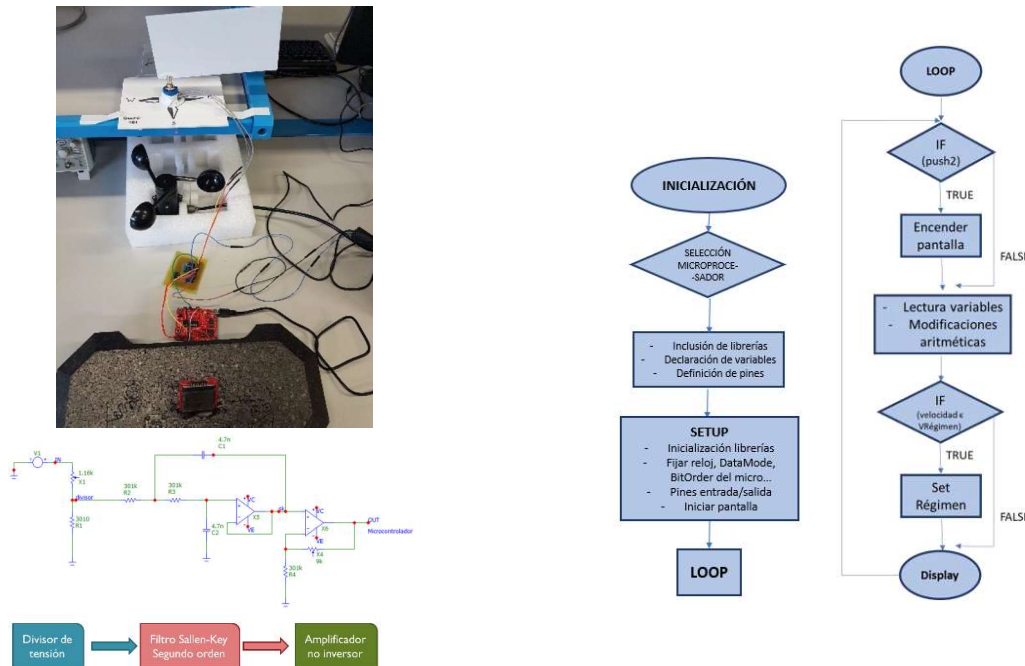


Fig. 3. Ejemplo de proyecto de alumnos (Grupo de Trabajo 1): sistema de control de un aerogenerador empleando anemómetro y veleta.

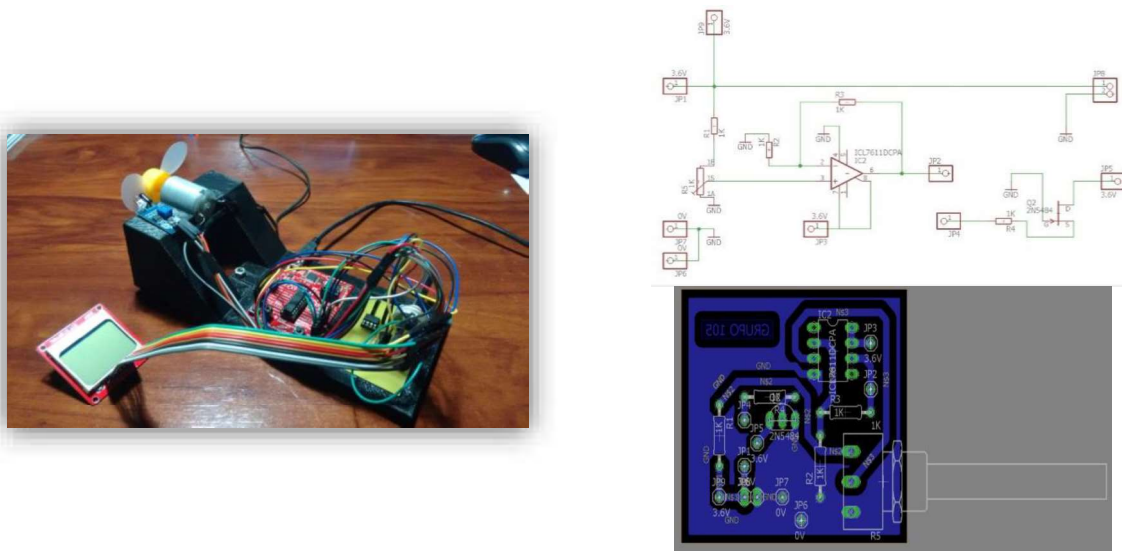


Fig. 4. Ejemplo de proyecto de alumnos (Grupo de Trabajo 2): regulación de la velocidad de giro de un motor de corriente continua.

Por último, cabe destacar que ambos proyectos contemplan la utilización de displays LCD para la monitorización de las magnitudes obtenidas del procesamiento de los sensores. Esto ha permitido introducir el concepto de diseño hardware de sistemas electrónicos basados en microprocesador, así como mostrar al alumno el interés de los buses de campo al tratarse de dispositivos I2C o SPI.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Desde un punto de vista meramente subjetivo, indicar el elevado interés mostrado por los alumnos al realizar la asignatura, valorada muy positivamente por estos y por la comisión de seguimiento para la implantación del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la ETSI. El principal inconveniente para el desarrollo de este tipo de experiencias es el elevado número de alumnos

matriculados en la asignatura (unos 140 durante el curso académico 2017-2018), que ha dado lugar a la gestión de un total de 37 grupos de trabajo por parte de los profesores de la asignatura. Otro problema importante aparece en el reparto de alumnos por grupos que se hace por especialidad en el Máster. Esto hace que en la práctica no haya un reparto equilibrado de alumnos por aula, lo que genera problemas por sobrecarga lectiva en algunas aulas. En concreto, y en el curso 2017-2018, nos hemos encontrado con un número de alumnos muy elevados en una de las especialidades (Mecánica), estando ese grupo “penalizado” en cuanto al seguimiento de los trabajos en clase respecto del resto. Los tres grupos de clase tenían un total de 58, 41 y 21 alumnos, lo que claramente ha perjudicado la atención y seguimiento por parte del profesorado en los dos primeros grupos respecto del tercero, algo resaltado por los alumnos.

No todos son parabienes en los resultados obtenidos. Si bien se ha logrado involucrar a unos alumnos que tienen escasos conocimientos y poco interés en la electrónica mediante el desarrollo de trabajos prácticos, la complejidad del mismo no siempre es alta con lo que los resultados obtenidos en muchos casos es discutible, como mínimo. Sería razonable complementar la evaluación de los trabajos con exámenes convencionales que fueren al alumno a estudiar los contenidos teóricos y permitan modular las calificaciones. Esto será tenido en cuenta el próximo curso, en el que además de un trabajo se evaluará a los alumnos mediante la realización de un examen.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta la metodología docente empleada en una asignatura de electrónica adscrita al Máster Universitario de Ingeniería Industrial impartido en la ETSI de Sevilla. Al tratarse de un Máster generalista que engloba a alumnos de muy diversa procedencia y perfil, se ha desarrollado una metodología docente que combina la impartición de clases tradicionales con la realización y seguimiento de un trabajo colaborativo, que es empleado a su vez para la evaluación de los alumnos. Se han expuesto dos de los trabajos que se han desarrollado a lo largo del curso 2017-2018, para tener una idea de su alcance, y comentado las impresiones que genera esta metodología docente en el alumnado y profesorado. Destacar que aunque este tipo de experiencias es en general positiva, requiere de una continua adaptación y mejora, así como de un esfuerzo notable por parte del profesorado para el correcto seguimiento de los alumnos.

RECONOCIMIENTO

Los autores de este trabajo desean mencionar el interés mostrado en la asignatura por los alumnos cuyos trabajos se exponen a modo de ejemplo: D. Pablo Blázquez Carmona, D. Alfonso García-Agúndez Blanco, D. Javier Guerra Pérez y D. Javier Miguel Juliá Lerma (Grupo de Trabajo 1, autores del prototipo de anemómetro y veleta para un aerogenerador) y D. José Manuel Díaz Cano, D. José Rafael García Viegas, D. Jaime López Iglesias y D. Antonio Guarnido Barrera (Grupo de Trabajo 2, autores del regulador de la velocidad de giro de un motor de continua).

REFERENCIAS

- [1] Araujo, U.F. i Sastre, G. (2008), El Aprendizaje Basado en Problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la Universidad. Barcelona: Gedisa.
- [2] Perales, M., Barrero, F., Toral, S. "Experiencia PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General", 11º Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE'2012), Vigo, España, Junio de 2012. Premio al mejor artículo en el área de metodologías docentes.
- [3] Perales, M., Barrero, F., Toral, S., Durán, M.J. "Experiencia PBL en una Asignatura básica de Electrónica", IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol. 7, No. 4, pp. 223-230, 2012.
- [4] Perales, M., Barrero, F., Toral, S. "Análisis de una Experiencia PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General.", 12º Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAEE'2014), Bilbao, España, Junio de 2014. Finalista al premio al mejor artículo del congreso.