

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS Y TRABAJO EN EQUIPO: EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN DOCENTE EN HIDRÁULICA PARA GRADUADOS EN INGENIERÍA AGRÍCOLA

Gregorio Egea¹, Luis Pérez-Urrestarazu¹, Antonio Franco-Salas¹

¹Área de Ingeniería Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica,
Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera km. 1, 41013 Sevilla. e-mail: gegea@us.es

Resumen

En este trabajo se describe un proyecto de innovación docente para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje de Hidráulica en el Grado de Ingeniería Agrícola. El proyecto consistió en plantear, en dos etapas diferenciadas, metodologías de aprendizaje basadas en proyectos y en el trabajo en equipo. En la primera etapa, un estudiante de último curso de titulación diseñó, construyó y validó la funcionalidad de dos bancos didácticos de ensayo de bombas centrífugas. Este trabajo le permitió alcanzar un nivel avanzado de conocimientos teórico-prácticos de Hidráulica así como la realización de su Proyecto Fin de Carrera. En una segunda etapa, los bancos didácticos de ensayo de bombas fueron utilizados en la docencia de la asignatura de Grado en la que se imparte Hidráulica. Los profesores propusieron a los estudiantes diversas actividades prácticas de trabajo en grupo en las que debían utilizar los bancos de ensayo. En estas actividades los estudiantes debían resolver empíricamente (i.e. utilizando los bancos) problemas planteados previamente por los profesores y comparar dichos resultados con los obtenidos de forma analítica de acuerdo a los contenidos teóricos explicados en las clases de aula. Los resultados de un único curso académico indican que la utilización y manipulación por parte de los estudiantes de sistemas de impulsión reales no incrementó el grado de adquisición de competencias específicas relacionadas con los sistemas hidráulicos de impulsión frente al resto de competencias específicas de la asignatura.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo; hidráulica; ingeniería; innovación docente

1 INTRODUCCIÓN

La integración del sistema universitario español en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha y sigue requiriendo un importante cambio cultural, en la organización, en los currículos y en el enfoque de la docencia universitaria [1]. Especialmente significativo resulta la transformación de un sistema de educación basado en los conocimientos a otro basado en competencias.

En el Sistema de Educación Superior tradicional un formato frecuente de docencia ha sido el uso de la clase magistral impartida por el profesor para transmitir conocimientos que los estudiantes debían asimilar. Este tipo de metodología docente ha demostrado que, por sí sola, es ineficiente en los objetivos perseguidos, especialmente porque no promueve el pensamiento crítico y la creatividad, capacidades y habilidades necesarias para la resolución del tipo de problemas que los estudiantes de ingeniería enfrentarían como ingenieros profesionales [2].

En el caso concreto de la materia de Hidráulica, los estudiantes están particularmente expuestos a un exceso de teoría pero trabajan poco las aplicaciones prácticas de los principios básicos que se les enseñan [1]. De este modo, el verdadero reto es incorporar en la docencia muchos de los aspectos prácticos que la ingeniería requiere [2]. En este sentido, metodologías docentes como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje colaborativo o el estudio de casos promueven la participación activa de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y han mostrado resultados positivos en enseñanzas de ingeniería [3, 4].

Algunos estudios indican que los estudiantes que reciben docencia usando metodologías activas y colaborativas como el ABP presentan ventajas significativas en ciertas facetas del aprendizaje (especialmente en comunicación, diseño y habilidades sociales) que aquellos que asisten a clases tradicionales [5, 6, 7].

1.1. Objetivos

En este estudio, se plantea como objetivo implantar una acción de innovación docente para estudiantes de Hidráulica de la rama de Ingeniería Agronómica. Con ella se pretende incrementar la participación activa y el pensamiento crítico de los estudiantes a través de técnicas de aprendizaje colaborativo y basado en proyectos. Finalmente se procederá a la evaluación de los resultados obtenidos con las metodologías de enseñanza activa frente a los obtenidos con las metodologías tradicionales de enseñanza.

2 METODOLOGÍA

La propuesta de innovación docente que se describe en este trabajo se ha desarrollado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla (España) con estudiantes de Grado de Ingeniería Agrícola (GIA) y un estudiante en fase de realización del Proyecto Fin de Carrera (PFC) de la titulación Ingeniero Técnico Agrícola, la cual se encuentra en proceso de extinción. Dentro del plan de estudios de GIA, la Hidráulica es una de las materias de formación común a la rama agrícola que se imparte en la asignatura Ingeniería Rural I (IR-I) del segundo curso de GIA. IR-I es una asignatura impartida durante el segundo semestre y con una carga lectiva de 6 ECTS. Según normativa de la Universidad de Sevilla, un ECTS equivale a 25 horas de trabajo del alumno, con una carga presencial de 7 a 10 horas.

El estudio se realizó durante los cursos académicos 2012/2013 y 2013/2014. En el primero de ellos, el estudiante en fase de realización del PFC diseñó y construyó dos bancos hidráulicos de ensayo de bombas centrífugas (Fig. 1). Uno de los bancos de ensayo fue diseñado para permitir determinar la curva característica de una bomba para diferentes velocidades de giro del eje de la bomba, mientras que gracias al otro banco el alumnado puede definir empíricamente la curva característica de acoplamiento de bombas en serie y en paralelo.



Figura 1. Bancos hidráulicos de ensayo de bombas diseñados y construidos por un estudiante durante la realización del Proyecto Fin de Carrera. (Izquierda) Banco que permite determinar curvas características de bombas para diferentes velocidades de giro; (derecha) banco para determinar curvas características de acoplamiento de bombas en serie y en paralelo.

Una vez finalizados los bancos de ensayo de bombas y habiendo validado el correcto funcionamiento de los mismos, el estudiante procedió a la redacción y defensa pública del PFC. Durante el curso académico 2013/2014, los bancos de ensayo fueron utilizados como herramienta de aprendizaje colaborativo por los estudiantes matriculados en la asignatura IR-I. Los estudiantes de IR-I están divididos en tres grupos de teoría de unos 50/60 estudiantes por grupo y cuatro subgrupos de prácticas de unos 12/15 estudiantes por grupo de teoría. Cada grupo de teoría está impartido por un único profesor diferente del resto de grupos, aunque existe una estrecha coordinación entre los mismos para impartir los contenidos con las mismas metodologías docentes.

Tradicionalmente, la metodología de enseñanza/aprendizaje empleada en la asignatura IR-I consistía en la impartición de clases magistrales de teoría y el planteamiento de supuestos prácticos y problemas por parte del profesor que los estudiantes debían resolver individualmente y de forma analítica (en papel) en las clases de prácticas. Los nuevos retos educativos planteados con la integración del sistema universitario español en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

obligan a establecer metodologías docentes innovadoras que permitan a los estudiantes alcanzar los objetivos académicos exigidos [2].

En este sentido, los bancos de ensayo representan una herramienta innovadora para la docencia de Hidráulica pues contribuyen a acercar a los estudiantes a la realidad con la que se enfrentarán en el ejercicio de su labor profesional. Por este motivo, se planteó una acción de mejora docente consistente en utilizar los bancos de ensayo de bombas para deducir empíricamente curvas características 'presión-caudal' de bombas centrífugas trabajando a diferentes velocidades de giro y con acoplamientos en serie y en paralelo. Este tipo de problemas se han abordado tradicionalmente en la asignatura IR-I de forma analítica, mediante resolución numérica de supuestos prácticos proporcionados por los profesores de la asignatura a los estudiantes durante las sesiones prácticas.

En la acción de mejora docente planteada, los estudiantes de cada subgrupo de prácticas recibieron un dossier en el que se describía la metodología que debían seguir para ir obteniendo empíricamente los puntos de funcionamiento que después utilizarían para determinar las curvas características de las bombas. En cada subgrupo de prácticas, los estudiantes se agruparon a su vez en grupos de 3-4 personas para la realización conjunta de las actividades propuestas. Cada estudiante debía adquirir un rol dentro del equipo de trabajo (p.e. puesta en marcha/parada de la bomba; lectura de manómetro en la tubería de impulsión; lectura de manómetro en la tubería de aspiración; registro de datos en las tablas proporcionadas en el dossier, etc.) para que la actividad pudiese desarrollarse satisfactoriamente. Con el fin de que los estudiantes también adquiriesen la capacidad de resolver analíticamente los problemas planteados (es además la metodología de resolución exigida en el examen final), se les solicitó que comparasen los resultados obtenidos de forma empírica con los obtenidos analíticamente.

La evaluación de los resultados académicos obtenidos con la acción de mejora docente planteada se realizó a través de los resultados obtenidos por los estudiantes en el examen final de la asignatura. En dicha prueba los estudiantes debían resolver de forma analítica cinco problemas relacionados con diferentes contenidos de Hidráulica impartidos en la asignatura. Uno de los problemas a resolver estaba relacionado con la práctica descrita anteriormente sobre grupos de bombeo, mientras que el resto de problemas estaban relacionados con contenidos prácticos que habían sido trabajados durante el semestre con la metodología tradicional (*i.e.* lecciones magistrales y resolución numérica de supuestos prácticos en papel). Para evaluar el impacto de una metodología docente basada en la participación activa de los estudiantes frente a una metodología basada exclusivamente en la recepción pasiva de conocimientos y resolución en papel de supuestos prácticos propuestos por el profesor, en cada grupo de teoría se determinó, por un lado, la calificación media del problema relacionado con los grupos de bombeo (calificación máxima = 2 puntos) y, por otro lado, la calificación media del resto de problemas con contenidos trabajados con la metodología tradicional (calificación máxima por problema = 2 puntos). La comparación de los resultados obtenidos en los tres grupos de clase se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La integración del sistema universitario español en el EEES implica un esfuerzo importante por parte de los profesores para adaptarse desde el sistema tradicional de enseñanza centrado en los conocimientos a un sistema basado en la obtención de capacidades, habilidades y actitudes, es decir de competencias.

En este sentido, la acción docente planteada en el presente trabajo ha permitido, por una parte, que un estudiante de último curso de titulación (plan anterior a la entrada de los títulos adaptados al EEES) haya adquirido un nivel avanzado de conocimientos teóricos y prácticos de Hidráulica, especialmente de grupos de presión, así como de los sistemas eléctricos y de control necesarios para el correcto funcionamiento de los bancos de ensayo. Los resultados positivos quedaron patentes en la exposición y defensa de su PFC, el cual fue calificado con una nota de 8 sobre 10. Por otra parte, los bancos de ensayo de bombas construidos han permitido que un total de 171 estudiantes matriculados en IR-I en el curso 2013/2014 hayan podido, a través del trabajo en equipo, experimentar con sistemas de impulsión reales y resolver problemas hidráulicos que tradicionalmente resolvían de forma numérica en papel.

La evaluación de la acción de mejora docente se ha realizado a través de la evaluación de los resultados académicos obtenidos por los estudiantes en la prueba de evaluación final de la asignatura. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en dicha evaluación, diferenciando las

calificaciones medias obtenidas en el supuesto práctico relacionado con grupos de bombeo ($0,77 \pm 0,12$) de las obtenidas en el resto de supuestos prácticos ($0,82 \pm 0,14$). El análisis de varianza realizado (Tabla 2) indica que no existieron diferencias significativas entre las calificaciones obtenidas en el problema con contenidos objeto de la acción de mejora y el resto de problemas planteados.

Tabla 1. Calificación media obtenida en el supuesto práctico relacionado con grupos de bombeo y en el resto de supuestos prácticos planteados en la prueba de evaluación final de la asignatura IR-I. n = número de grupos de teoría.

Problema	n	Calificación media
Grupos de bombeo	3	$0,77 \pm 0,12$
Otros supuestos prácticos	3	$0,82 \pm 0,14$

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) realizado a los datos de la Tabla 1. GL: grados de libertad.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F-ratio	P-value
Entre grupos	0.004	1	0.004	0.080	0.791
Intra grupos	0.199	4	0.050		
Total	0.203	5			

Es importante subrayar que los resultados obtenidos corresponden a un único curso académico y deben tratarse como preliminares a falta de ser contrastados en sucesivos cursos académicos. Por otra parte, existe la posibilidad de que la acción de mejora planteada haya tenido un efecto significativo sobre los resultados académicos de los estudiantes y que el análisis realizado no permita identificarlo. Cabe la posibilidad de que, con el método tradicional de enseñanza, las calificaciones que se habrían obtenido en el supuesto práctico relacionado con los grupos de bombeo hubiesen sido significativamente inferiores a las obtenidas en el resto de problemas. Si ésta fuese la situación de partida, los resultados obtenidos en el presente estudio estarían indicando que la acción de mejora planteada ha tenido un efecto positivo en los resultados académicos de los estudiantes. Sin embargo, al no disponer de dicha información de partida no se pueden extraer tales conclusiones, si bien la experiencia previa de los profesores indica que los contenidos relacionados con el funcionamiento de los sistemas de impulsión siempre han requerido un mayor esfuerzo de comprensión por parte del alumnado.

4 CONCLUSIONES

El estudio presentado constituye un perfecto ejemplo de cómo el trabajo realizado por un alumno en su proyecto fin de carrera puede ser utilizado para mejorar la docencia impartida a compañeros de cursos académicos posteriores.

A pesar de que por los resultados obtenidos no se observa ninguna influencia de la metodología utilizada sobre la calificación final del alumnado, los profesores de la asignatura han observado un claro cambio en la actitud de los estudiantes al realizar la práctica usando los bancos de ensayo con respecto al resto de sesiones prácticas tanto del curso académico estudiado como de cursos anteriores.

REFERENCIAS

- [1] Mustaffa Z., Rasool A.G. & Saiedi S. Integration of a Consultancy Hydrotechnical Scale Model into Teaching Hydraulics, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 1212-1216 (2013),
- [2] Weiss P.T., & Gulliver J.S. What do students need in hydraulic design projects?, *Journal of Hydraulic Engineering*, 127, (12), 984-991 (2001).
- [3] Rué J. Enseñar en la Universidad. El EEES como reto para la Educación Superior. Narcea Ediciones, 219 p. (2007).
- [4] Johnson P. Problem-Based, Cooperative Learning in the Engineering Classroom. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 125 (1), 8–11 (1999).
- [5] Terenzini P. T., Cabrera A. F., Colbeck C. L., Parente J. M. & Bjorklund S. A.. Collaborative Learning vs. Lecture/Discussion: Students' reported Learning Gains. *Journal of Engineering Education* 90: 123-130 (2001).
- [6] Dochy F., Segers M., Van den Bossche P. & D. Gijbels. Effects of Problem-Based Learning: a Meta Analysis. *Learning and Instruction* 13, 533-568 (2003).
- [7] Pérez-Urrestarazu L., Franco-Salas A. & Fernández-Cañero R. Multidisciplinary Education for New Landscape Engineering Concepts using Problem-Based Collaborative Learning. A case Study in Spain. *International Journal of Engineering Education*, 27 (1), 138-145 (2011).