

INICIACIÓN AL MUNDO PROFESIONAL Y LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA: INTEGRACIÓN DE METODOLOGÍAS DOCENTES

LEO MENA, Teresa J. ⁽¹⁾; MORA PEÑA, Eleuterio ⁽²⁾;

teresa.leo.mena@upm.es

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Navales, Dept. de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales

⁽²⁾Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Navales, Dept. de Arquitectura, Construcción y Sistemas Oceánicos y Navales

RESUMEN

En este trabajo se expone el desarrollo de la asignatura optativa "Energía del Hidrógeno" de la titulación de Ingeniero Naval y Oceánico (E.T.S. I. Navales UPM) que se ha venido impartiendo a alumnos de los cursos 4º y 5º indistintamente y tiene asignados 4,5 créditos de docencia. La asignatura se organiza de modo que permite acercar a los alumnos que la cursan al ejercicio de la profesión y al conocimiento de la actividad investigadora. Una parte de los temas la imparte el profesor y otra parte la preparan e imparten los alumnos formando grupos. Trabajando en equipo, los alumnos estudian y profundizan en los temas de la asignatura, algunos de los cuales diseñan, preparan, escriben y finalmente exponen, tras varias sesiones de tutoría con el profesor. Moderan un debate sobre el tema expuesto y diseñan y organizan una sesión de aprendizaje cooperativo. A lo largo del curso habitualmente manejan documentación y artículos científicos en lengua inglesa. Se graban las clases y se publican en la plataforma virtual de enseñanza y/o Youtube, se escriben artículos científicos y se siguen unas pautas establecidas para elaborar los documentos generados. Se organizan visitas externas y se realizan prácticas de laboratorio. Se sigue el método de *b-learning* con evaluación continua y coevaluación y se aplica a lo largo de todo el curso la metodología de Aprendizaje Cooperativo. El conjunto de actividades desarrolladas y el modo de impartir la asignatura constituye una metodología fácilmente aplicable a cursos de Máster y actualmente se está trabajando en las modificaciones requeridas para su implantación en el Máster de Ingeniería Naval y Oceánica.

Palabras clave: Aprendizaje cooperativo; Competencias transversales; Gestión de la información.

1. Introducción

Durante los últimos años se viene atribuyendo de una manera cada vez más clara y firme una doble función a la Universidad: rigor en el desempeño profesional y fomento de la investigación. Esto, desde el punto de vista de la docencia sugiere una doble labor con los alumnos apta para su desarrollo en cursos avanzados. Por una parte, implica que los alumnos aprendan a ser rigurosos en la elaboración de informes, trabajos, presentaciones, en la comunicación con otros colegas y que descubran las ventajas del trabajo en equipo. Por otro lado, se deben buscar procedimientos para propiciar la motivación por la investigación y la adquisición de una metodología de trabajo, en definitiva despertar la vocación por la investigación en aquellos alumnos con disposición para ello. Por eso es importante poner en marcha experiencias docentes en la Universidad que desarrollen ambas vertientes de la formación de sus alumnos.

En este trabajo se expone el desarrollo de una práctica docente que cubre ambos aspectos iniciando a los alumnos en buenas prácticas del ejercicio profesional y de la investigación utilizando herramientas como Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, procedimientos de Coevaluación, facilitando al alumno la adquisición de buenos hábitos que enriquecerán su futura vida profesional y/o investigadora. Se expone el caso concreto de la asignatura optativa "Energía del Hidrógeno" de la titulación de Ingeniero Naval y Oceánico de la E.T.S. I. Navales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) se imparte a alumnos de los cursos 4º y 5º indistintamente.

2. Objetivos

Los objetivos de la experiencia que se estudia en este trabajo pueden enumerarse del modo siguiente:

- Mejorar la capacidad de aprendizaje de los alumnos mediante el uso de metodologías activas.
- Involucrar a los alumnos en el proceso de evaluación.
- Adquirir competencias genéricas que capaciten al alumno para el acceso al mundo profesional y a la investigación.

3. Descripción de la experiencia y Metodología empleada

3.1. Descripción de la experiencia

La asignatura "Energía del Hidrógeno" se imparte durante el primer semestre del curso académico y tiene asignados 4,5 créditos. El primer día de clase se comienza exponiendo la organización y metodología de enseñanza a seguir durante el curso, destacando la importancia del trabajo en grupo, así como que una parte de los temas la imparte el profesor y otra parte la preparan e imparten los alumnos. En esta primera sesión los alumnos forman grupos de tres miembros y cada grupo elige un tema de entre los que integran el temario de la asignatura o bien, a demanda de los alumnos, se propone alguno no incluido pero directamente relacionado. Se les anuncia que existe la posibilidad de escribir un artículo científico sobre el tema escogido. Aunque pueden existir ligeras variaciones, durante las cinco primeras semanas es el profesor quien avanza en el temario, con el fin de sentar las bases metodológicas del desarrollo de la asignatura y de conceder tiempo de preparación suficiente a los primeros grupos de alumnos que diseñarán, elaborarán y expondrán los temas elegidos. Durante las siguientes siete semanas se alternan temas explicados por el profesor y temas explicados por los alumnos. Suelen desarrollarse las prácticas, visitas y evaluación y reflexión sobre la actividad durante las tres últimas semanas.

Los **temas explicados por el profesor** se inician con una presentación Power Point recurriendo habitualmente a presentaciones de vídeos relacionados con la materia. Durante el desarrollo de la clase se proponen ejercicios para realizar en grupo tanto dentro como fuera del aula. Parte de estos ejercicios requieren realizan búsquedas de información en la red (español y/o inglés), lo que resulta posible gracias a que se cuenta con un aula con ordenadores conectados a la red. Los alumnos también participan en estas clases haciendo presentación oral de las búsquedas y los ejercicios prácticos trabajados en grupo. También se entregan para su evaluación ejercicios preparados fuera del aula.

Los **temas elaborados y explicados por los alumnos** requieren que cada grupo desarrolle las siguientes tareas que, si bien con ciertas matizaciones, responden a la metodología conocida como Aprendizaje Basado en Problemas ABP:

- Adquisición de conocimientos sobre el mismo recopilando información en libros y en artículos científicos y en la red.
- Elaboración de una propuesta detallada de los contenidos del tema (índice). Supervisión y acuerdo con el profesor de la asignatura.
- Elaboración de un documento extenso donde se desarrolla el tema. Supervisión y acuerdo con el profesor de la asignatura.
- Elaboración de una presentación Power Point y su exposición en clase, distribuida en el tiempo de modo que los tres miembros del grupo intervengan de manera equilibrada. Supervisión y acuerdo con el profesor de la asignatura.
- Preparación de tres preguntas para plantear un debate en clase tras la exposición.
- Moderación del debate.
- Elección de tres documentos (artículos científicos, documentos técnicos, noticias... en español y/o inglés) relacionados con el tema expuesto para desarrollar el método de Aprendizaje Cooperativo, AC, tras la exposición y el debate. La Figura 1 muestra un esquema del desarrollo de este procedimiento de trabajo en el aula: se forman grupos base de tres alumnos, asignando a cada alumno uno de los tres documentos; durante un tiempo cada alumno trabaja su documento; a continuación, se reúnen todos los alumnos con el mismo documento y lo trabajan en común (reunión de expertos) durante un tiempo establecido; por último, cada alumno regresa a su grupo base y expone las conclusiones al resto del grupo. Previamente los documentos se someten a supervisión y acuerdo con el profesor de la asignatura.
- COEVALUACIÓN. Se les suministra una plantilla (“rúbrica”).

Es importante destacar que cada grupo celebra entre 3 y 5 **sesiones de tutoría** sobre el tema a desarrollar con el profesor de la asignatura. Durante las mismas se introducen cuantas modificaciones y mejoras se consideren oportunas.

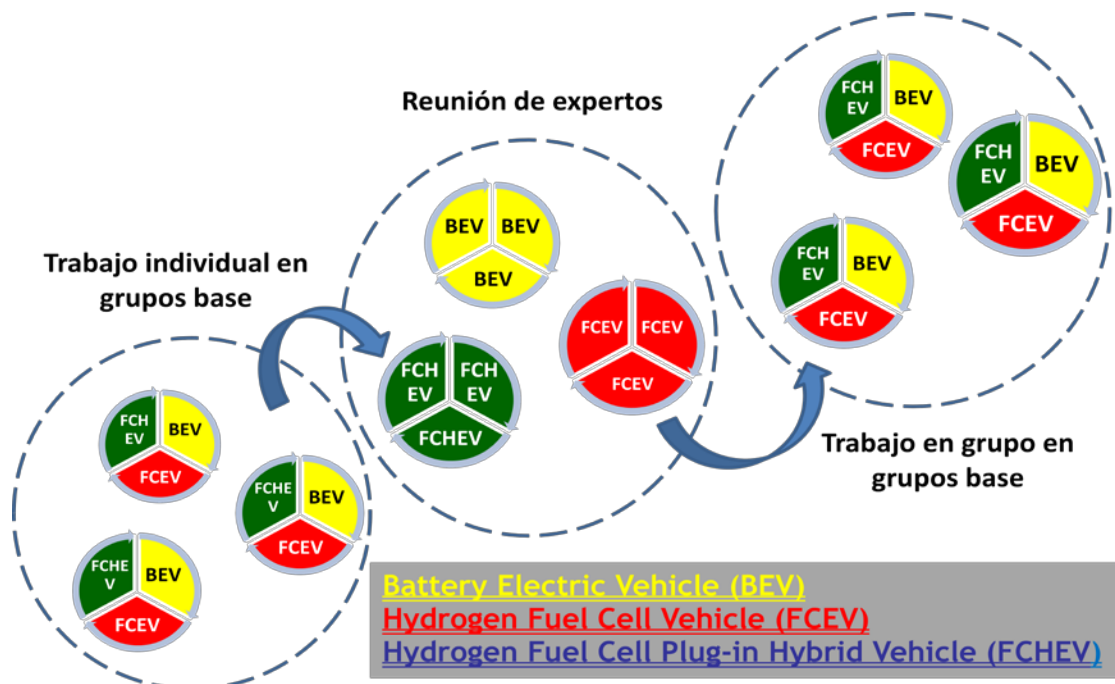


Figura 1. Esquema del desarrollo de la fase de aprendizaje cooperativo en el aula. BEV, FCEV y FCHEV simbolizan los tres documentos de trabajo elegidos.

La realización de dos **prácticas de Laboratorio** se programa en las últimas semanas del curso y se ha comprobado que ayuda a fijar los conocimientos adquiridos durante el curso.

Se suele preparar una visita al Laboratorio de investigación de Pilas de Combustible.

3.2. Metodología utilizada

La metodología de enseñanza-aprendizaje empleada para el desarrollo de esta experiencia es la llamada metodología mixta o *b-learning*, haciendo uso de una mezcla y adaptación de metodologías activas, como el trabajo en grupo, aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo.

Se sigue el método de Evaluación continua y se recurre a la Coevaluación cuando los temas los imparten los alumnos.

Los recursos y medios empleados son los siguientes:

- Aula de Aprendizaje Cooperativo de la ETSI Navales con ordenadores conectados a la red.
- Manejo de documentación indistintamente en lengua española y lengua inglesa.
- Acceso a bases de datos científicas a través de los servicios de Biblioteca UPM.
- Uso de la plataforma virtual institucional (Moodle).
- Realización de prácticas de Laboratorio y visitas a organismos y empresas.
- Grabación de las clases por parte de los servicios audiovisuales del GATE (UPM).
- Difusión en YOUTUBE previa revisión y aprobación de las grabaciones.

La documentación elaborada se pone a disposición de todos los alumnos en la Plataforma Virtual. A criterio del profesor, en función de la carga de trabajo de los alumnos, se pueden plantear ejercicios de autoevaluación en dicha plataforma.

4. Resultados y evaluación de la experiencia

4.1. Mejora del aprendizaje

El propio proceso de trabajo hace que los alumnos se impliquen, aprendan y desarrollen sus capacidades tomando iniciativas. La metodología seguida integra tipos diversos de actividades y métodos, de manera que supone un cambio de paradigma del proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.2. Recursos documentales y productos docentes generados

A lo largo del desarrollo de la asignatura se han ido generando diversos recursos entre los que cabe citar:

- Artículos de carácter científico-técnico publicados en revistas internacionales[1, 2].
- Vídeos publicados en Youtube. Algunos ejemplos[3-5].
- Presentaciones Power Point.
- Documentos monográficos.
- Plantilla de Coevaluación.
- Cuestionario de valoración y satisfacción.

4.3. Impacto en otras asignaturas o en el conjunto del Plan de Estudios

Esta experiencia propicia la formación en competencias transversales como expresión oral y escrita, trabajo en grupo o el manejo de la lengua inglesa, entre otras, y ofrece la posibilidad de exportar la experiencia a otras asignaturas y planes de estudio, tal como se está procediendo en este caso para una asignatura del Máster en Ingeniería Naval y Oceánica.

Algunos alumnos que han cursado la asignatura han solicitado desarrollar Proyectos Fin de Carrera novedosos sobre la implantación de pilas de combustible en el campo naval:

Título: BUQUE POLIVALENTE DE SERVICIO OFFSHORE CON PLANTA DE POTENCIA MIXTA EN BASE A MOTOR TERMICO Y PILA DE COMBUSTIBLE” Defendido en Enero de 2013 (2 alumnos).

Título: DEFINICIÓN DE LAS CAPACIDADES DE UNA PROPULSIÓN NAVAL BASADA EN CÉLULA DE COMBUSTIBLE. PROPUESTA DE INSTALACIÓN EN UN BUQUE. DEFINICIÓN DEL MISMO Y DE SU MISIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y ANTEPROYECTO. En fase de desarrollo (1 alumna).

Título: AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE AUV. En fase de desarrollo(1 alumno).

Título: MEGA YATE DE LUJO CON PROPULSIÓN AUXILIAR Y ALIMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS A BORDO CON PILA DE COMBUSTIBLE. En fase de desarrollo (2 alumnos).

4.4. Otros resultados de interés

Varios alumnos que han cursado la asignatura han solicitado **Becas Colaboración** que el MEC convoca anualmente con la finalidad de que los alumnos de últimos cursos puedan iniciarse en las tareas de investigación de los Departamentos universitarios. Hasta la fecha han disfrutado de estas becas 5 alumnos que cursaron la asignatura con anterioridad.

4.5. Evaluación de la experiencia

La evaluación de la experiencia se ha llevado a cabo mediante:

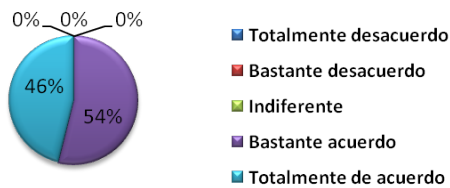
- *Encuesta institucional a los alumnos.* Puntuaciones siempre superiores a 4 sobre 5.
- *Cuestionario de valoración y satisfacción.* El último día de clase los alumnos responden a un CUESTIONARIO DE VALORACIÓN Y SATISFACCIÓN, puesto a punto por un grupo de profesores del GIE UPM *Interdiscipliniedad en la enseñanza de grados de la ETSI Navales*[6], y a continuación se procede a realizar una puesta en común de las impresiones generales sobre el desarrollo de la asignatura con formulación de propuestas de mejora. En la Figura 2 se muestran algunos de los resultados obtenidos.

4.6. Propuestas de mejora

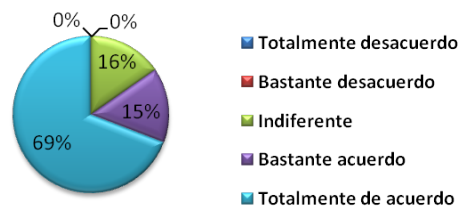
Algunas mejoras propuestas por los alumnos y el profesor son las siguientes:

- Establecer un tiempo máximo de exposición para cada estudiante y evaluar su cumplimiento.
- Establecer unos elementos comunes a incluir en las presentaciones: nombre de la asignatura, Universidad, escudos institucionales...aunque respetando el diseño elegido por cada grupo.
- Insistir en la adquisición de hábitos en la elaboración de los documentos como ser rigurosos en el empleo de unidades y símbolos, incluir las referencias en el texto y citar las fuentes de tablas, figuras e imágenes utilizadas.

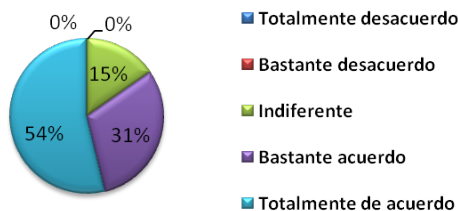
4. El curso me ha parecido intelectualmente motivador y estimulante



9. Considero que el trabajo en grupo es satisfactorio y enriquecedor



10. La búsqueda de información es positiva para completar contenidos



14. Globalmente estoy satisfecho con la asignatura

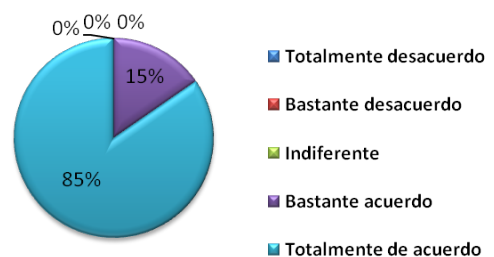


Figura 2. Resultados del Cuestionario de Valoración y Satisfacción.

5. Conclusiones y consideraciones finales

La experiencia que se describe es una buena práctica docente porque contribuye a la formación de los alumnos para enfrentarse a un doble reto: desarrollo profesional e investigación. No son pocos los alumnos que reconocen que es una experiencia nueva y enriquecedora. De hecho:

- 1) En cuanto a la apertura al mundo profesional, los alumnos aprenden a:
 - Elaborar documentos/informes con rigor.
 - Manejar documentación en español y en inglés indistintamente.
 - Expresarse en público.
 - Trabajar en equipo.
 - Moderar un debate entre colegas.
 - Evaluar el trabajo de otros siguiendo criterios objetivos.

- 2) Respecto a la apertura y acercamiento a la actividad investigadora:
 - Los alumnos aprenden a manejar artículos científicos (en lengua inglesa) en las tareas de recopilación de información y en las sesiones de aprendizaje cooperativo.
 - Impulsa a los alumnos a escribir artículos científicos (en lengua inglesa) sobre los temas trabajados.
 - Como se mencionó con anterioridad, se ha presentado 1 Proyecto Fin de Carrera novedoso sobre pilas de combustible en el mundo naval, a demanda de dos alumnos tras haber cursado la asignatura. Este Proyecto ha dado lugar a la publicación de un **artículo**, en el que intervienen los dos alumnos, en una revista científica internacional

de prestigio (*AppliedEnergy*, recogida en la base de datos JCR, clasificada en el primer cuartil Q1) sobre la implantación de pilas de combustible en un buque de apoyo a plataformas.

- Se ha publicado un **artículo** sobre normativa de pilas de combustible en barcos, en el que han intervenido dos alumnos, en una revista científica internacional (*Journal of Marine Technology and Environment*, recogida en varias bases de datos).

Se puede reutilizar en otras asignaturas:

- Tanto el esquema de las clases como la metodología utilizada pueden aplicarse en asignaturas de Máster, dependiendo del número de alumnos matriculados o admitidos.
- Los vídeos publicados en Youtube sobre temas de la asignatura: pueden servir para adquirir conocimientos en otras asignaturas sobre hidrógeno, pilas de combustible, motores de combustión interna y energía nuclear. Pueden servir igualmente para estudiar y analizar las exposiciones orales desde el punto de vista formal y proponer mejoras en el procedimiento.
- El Cuestionario de Valoración y Satisfacción al terminar el curso.
- La Plantilla de Coevaluación en las exposiciones de los alumnos.

6. Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid su ayuda y soporte en este trabajo, en el marco del Proyecto de Innovación Educativa IE1415-08002.

7. Referencias

- [1] María C. Díaz-de-Baldasano, Francisco J. Mateos, Luis R. Núñez-Rivas, Teresa J. Leo. M. Conceptual design of offshore platform supply vessel based on hybrid diesel generator–fuel cell powerplant. *AppliedEnergy*, 2014, vol. 116, pp. 91-100.
- [2] A. Gonzalo-Muñoz, J. Mas-Soler, E. Navarro, Teresa. J. Leo. Marine Practice Guidelines for Fuel Cell Applications. *Journal of Marine Technology and Environment*, 2013, vol. I-2013, pp. 63-72.
- [3] El hidrógeno y los motores de combustión interna (III). <http://youtu.be/LMtYhftVqoM> [Consulta: 25 marzo 2015].
- [4] Aplicaciones portátiles de las pilas de combustible. http://youtu.be/he7XBdr_n5w [Consulta: 25 marzo 2015].
- [5] Aplicaciones de las pilas de combustible en artefactos submarinos. <http://youtu.be/mKRx-fgDd6k> [Consulta: 25 marzo 2015].
- [6] David Díaz, Teresa J. Leo, Eleuterio Mora, José Andrés Somolinos. Mixed Assessment Methodology in Engineering Higher Education based on Quality Control Concepts. *International Journal of Engineering Education*, 2014, vol. 30, pp. 424-437.