

## IMPLEMENTACIÓN DE PBL EN LA ASIGNATURA DE TERMODINÁMICA TÉCNICA. DISEÑO Y EVALUACIÓN.

ROMÁN SUERO, Silvia <sup>(1)</sup>; LEDESMA CANO, Beatriz <sup>(1)</sup>

GAÑÁN GÓMEZ, José <sup>(2)</sup>; CALDERÓN GODOY, Manuel <sup>(3)</sup>

sroman@unex.es

<sup>(1)</sup>Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Departamento de Física Aplicada

<sup>(2)</sup>Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales

<sup>(3)</sup>Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática

### RESUMEN

El uso de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (APB o PBL, Problem Based Learning) ha mostrado ser muy efectiva para fomentar el proceso de Enseñanza-Aprendizaje en las enseñanzas universitarias. En el marco de Bolonia, dicha estrategia no sólo favorece la adquisición de los conocimientos y destrezas específicos de una materia, sino que permite al alumno adquirir competencias transversales, como el trabajo en grupo, la búsqueda de recursos, o la toma de decisiones.

En este trabajo se describe el diseño de una actividad de ABP, contextualizado en la asignatura de Termodinámica Técnica, de los grados de Ingeniería (tres especialidades: Mecánica, Eléctrica, y Electrónica y Automática) de la Escuela de Ingenierías Industriales de Extremadura. La actividad, realizada en grupos de cuatro estudiantes, consistió en la resolución de uno o varios problemas de la materia, previa designación de los roles que cada estudiante desempeñaría en el grupo. Finalmente se describe el sistema de evaluación que permitió diferenciar los resultados de aprendizaje específico, y los de la metodología en sí.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en problemas, termodinámica, aprendizaje activo

## 1. Introducción

La adaptación reciente de países europeos al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior) en el marco de proceso de Bolonia ha traído modificaciones significativas en las estrategias tradicionales de Enseñanza-Aprendizaje (E-A) [1]. En su conjunto, estos cambios persiguen modificar las metodologías de enseñanza tradicionales, definidas como el conocimiento que el profesor debe proporcionar a sus estudiantes, hacia una nueva metodología, en la cual el proceso de aprendizaje debe estar centrado en el estudiante. De este modo, el papel del estudiante trasciende a un agente activo, que adquiere nuevas habilidades trabajando el contenido no sólo teórico, sino además participando en la resolución sobre las situaciones prácticas que definitivamente ayudarán a interiorizar los nuevos conceptos y le permitirán adquirir un conocimiento más significativo.

En este proceso de cambio, es obvia la mayor participación de actividades prácticas en el proceso de E-A. Las actividades prácticas han demostrado ser un instrumento eficaz para facilitar la adquisición de conocimientos, no sólo en el estudio "de los conocimientos específicos" sino también en el "saber cómo", permitiendo al alumno afianzar la confianza sobre la resolución de problemas y la "adquisición de competencias" por encima del mero aprendizaje teórico.

Una competencia puede definirse como la combinación de habilidades, capacidades, y conocimiento que permiten realizar una tarea específica [2]. Este conjunto de atribuciones es muy variada (específicas y transversales) y han de ser integradas por el alumno para su desempeño profesional y personal [3,4]. Desde el ámbito académico, se han creado herramientas innovadoras que pueden ayudar al docente a incentivar en el aula el desarrollo de estas competencias. Entre ellas, pueden citarse el aprendizaje basado en proyectos [5], el aprendizaje basado en problemas (ABP) [6], el estudio de casos [7], etc.

Uno de los cambios principales de la puesta en práctica del EEES es el modo de medir la carga docente. En la enseñanza tradicional, la contabilización del tiempo de dedicación a una asignatura, se remitía al período en el contacto entre el estudiante y el profesor. En el marco de Bolonia, la carga docente de cada asignatura se mide en términos de la carga de trabajo de estudiante [8]. La carga de trabajo de estudiante puede ser definida como el número de horas de trabajo, que incluye seminarios, conferencias, clases tutoriales, estudio privado, preparación de proyectos y exámenes, etc. La carga de trabajo asociada con un crédito depende del país; en el EEES, se sugiere que 1 crédito de Sistema de Transferencia de Crédito europeo (ECTS el crédito) representa aproximadamente 25-30 horas de trabajo de estudiante [9]. En la Universidad de Extremadura, 1 crédito de ECTS corresponde a 25 horas de estudiante.

## 2. Aprendizaje Basado en Problemas

La técnica de Aprendizaje Basado en Problemas (APB) es una metodología de enseñanza centrada en el estudiante por la cual éste amplía el conocimiento anterior a nuevos problemas por la reflexión autodirigida, la investigación y la práctica en la solución de un problema. Según Savery [10], para que esta metodología sea eficaz, la selección del problema es crítica, así como la dirección proporcionada por un mentor bien formado. Los estudiantes aprenden mientras investigan la solución del problema, donde no hay por lo general una única respuesta correcta, o una única manera de llegar a la solución.

Las características principales del APB se resumen a continuación [11]:

- a) Los estudiantes deben ser responsables de su propio estudio.
- b) El aprendizaje debería integrar una amplia gama de disciplinas, permitiendo al alumno relacionar conceptos.
- c) La colaboración entre los alumnos es esencial.
- d) Lo que los estudiantes aprenden durante su estudio autodirigido debe ser aplicado al problema de forma cíclica si fuera necesario.

e) Un análisis concluyente y una discusión de qué conceptos y principios han sido aprendidos es muy importante para reforzar el proceso.

f) La evaluación es esencial, y la auto y co-evaluación son muy deseables. Deberían realizarse tras cada problema y al final de cada unidad curricular.

g) Las actividades realizadas en APB deben corresponder a situaciones reales.

### 3. Implementación de la metodología ABP.

El modelo de ABP se ha implementado en varias formas desde que se desarrolló por primera vez, hace más de 30 años. No obstante, el proceso original descrito por Barrows y Tamplin (1980) [12] sigue siendo el más utilizado. Según este modelo, los estudiantes se reúnen semanalmente o cada dos semanas en grupos de cinco a diez, con un tutor presente. Los estudiantes trabajan a través de problemas de una manera sistemática para lograr los objetivos de aprendizaje que han identificado, y cada problema ocupa a los alumnos durante un mínimo de dos sesiones. La evaluación de los resultados incluye evaluación tanto de los logros individuales como de la capacidad grupal para trabajar con eficacia.

Todo el proceso incluye varios pasos: a partir de cinco (como el enfoque tradicional Barrows) hasta nueve [13], dependiendo del enfoque considerado. Independientemente del modelo, hay consenso en que, en respuesta a un problema los alumnos deben tomar acciones siguiendo un esquema similar al que se define a continuación, y los profesores-mentores deben modificar las medidas oportunas en consecuencia, para adaptarse a la tarea y los estudiantes:

1. El profesor prepara el escenario para los estudiantes con muestras reales de los proyectos que van a hacer. Además, se facilitan los datos pertinentes, junto con un listado de objetivos de aprendizaje esperado.
2. Los estudiantes asumen el papel de diseñadores del proyecto. Entre este proceso y el siguiente se contempla el uso de tormenta de ideas, que será útil para identificar las diferentes vías para resolver el problema.
3. Los estudiantes seleccionan los elementos necesarios para sus diseños. El grupo comienza por identificar los términos y conceptos que no son familiares para algunos o todos los miembros, de modo que el intercambio de información comienza en esta etapa.
4. El profesor y los alumnos negocian los criterios de evaluación de los proyectos.
5. Los estudiantes crean sus proyectos.
6. Los estudiantes presentan sus proyectos.
7. Los estudiantes reflexionan sobre el proceso y evalúan los proyectos en función de los criterios establecidos en el paso 4.

El papel del profesor es guiar a los estudiantes a utilizar una variedad de recursos, pudiendo dar respuesta a preguntas como: ¿Los estudiantes tienen una comprensión clara de la tarea? ¿Cada estudiante tiene un papel dentro del grupo? ¿Los estudiantes trabajan juntos de manera cooperativa? ¿Existen obstáculos en el desarrollo del trabajo debido a la intensificación de las emociones?

Si el tutor proporciona información, ésta debe ser proporcionada en forma de términos de conocimientos aislados, (el rol del tutor no es ser un transmisor de la información, sino el facilitador del aprendizaje del estudiante-dirigido).

#### 4. Caso práctico. Asignatura de termodinámica técnica.

Se describe a continuación un ejemplo de una actividad propuesta a los alumnos de la asignatura de Termodinámica Técnica, de las titulaciones de Grado en Ingeniería de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura.

Como conocimientos previos asumidos por parte del alumnado, se consideran los siguientes, que forman parte de la asignatura:

- 1) Primer principio de la termodinámica para sistemas abiertos. Aplicación a diferentes dispositivos (condensadores, evaporadores, compresor...).
- 2) Ciclo de Carnot y parámetros de eficiencia en bombas de calor (COP y EER).
- 3) Mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación) a través de cerramientos de una vivienda.

Como conocimientos a adquirir y recursos disponibles durante la ejecución del proyecto se dotará a los alumnos de recursos que les permitan conocer:

- 4) Legislación y CÓDIGO TÉCNICO EN LA EDIFICACIÓN
- 5) Concepto de grado-día y su aplicación en el cálculo del coste anual de una instalación de calefacción
- 6) Catálogo de materiales aislantes

La metodología a seguir se ha definido del siguiente modo: los alumnos deben hacer grupos de cuatro (aproximadamente) y tener una primera reunión con el tutor. En dicha reunión, el tutor les explica el problema y les proporciona los recursos que pueden usar (apuntes, tablas...etc.), o los lugares donde pueden encontrar la información que necesiten. El problema está diseñado para que los alumnos sean capaces de coordinar y relacionar los conocimientos adquiridos en la asignatura hasta la fecha de la ejecución del problema.

El problema consiste básicamente en determinar las necesidades de calefacción de una vivienda, determinada en base a las pérdidas de calor por los cerramientos. De ella se conoce la ubicación geográfica, dimensiones de los muros, constitución de los mismos, las temperaturas interior y exterior, y las cargas térmicas inherentes a la estancia. A partir del cálculo de la potencia térmica requerida por la vivienda, se calculará la potencia de la máquina correspondiente (potencia del compresor), asumiendo un rendimiento conocido, en comparación con la máquina de Carnot.

Asimismo, los alumnos, conocida la cantidad de calor que es preciso proporcionar a la vivienda, tendrán que determinar el caudal de fluido refrigerante que atraviesa el condensador, dados los datos de presión a la que trabaja la bomba de calor.

Durante el desarrollo del problema, los alumnos hallarán algunos obstáculos que deberán enfrentar para terminar correctamente el proyecto. Así, al calcular el calor a través de los cerramientos, los alumnos encontrarán que el coeficiente global de transmisión de calor que obtienen con la configuración inicial no es apto, de acuerdo al código técnico. De este modo, deberán reflexionar sobre el modo de solventar dicho inconveniente. Tras buscar en catálogos y hacer cálculos iterativos, los alumnos deberán concluir que es necesario añadir un aislamiento adicional a los muros.

Por otra parte, al calcular el consumo anual, los alumnos deberán incorporar el concepto de grado-día, que en principio no conocían. Se espera que la discusión y coloquio sobre dicho concepto, en principio algo abstracto, les ayude a adquirir un aprendizaje significativo del mismo.

La evaluación del problema se hará en sucesivas reuniones que permitirán conocer de forma progresiva los avances que realiza el grupo; asimismo, finalizada la actividad el tutor evaluará el trabajo en sí (conocimientos específicos), el funcionamiento del grupo (aprendizaje colaborativo) y la adquisición de otras competencias que pudieron desarrollarse durante la ejecución del trabajo (uso de herramientas informáticas para los trabajos, capacidad de liderazgo, manejo de fuentes bibliográficas).

Puede plantearse que el grupo realice una presentación final donde cada miembro del grupo describa cuál fue su rol y cuáles fueron las etapas que siguieron durante el desarrollo del problema, así como las principales dificultades. De este modo se estaría fomentando además la capacidad de expresión oral en el grupo, y la toma de responsabilidad de cada miembro por conocer el proceso global, aunque no necesariamente participara en todas las etapas.

## 5. CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo una actividad práctica de acuerdo a la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (APB) para fomentar el aprendizaje y especialmente la capacidad de relacionar conceptos de la asignatura de Termodinámica Técnica. Trabajando en grupos reducidos, los alumnos disponen de los recursos necesarios que deberán seleccionar con ayuda del facilitador (el profesor), el cual supervisará el trabajo, siempre fomentando el aprendizaje activo de los alumnos.

La evaluación final permitirá conocer de manera cuantitativa y cualitativa la consecución de los objetivos marcados, en términos de competencias específicas (conocimientos de la asignatura) y transversales (trabajo colaborativo, destrezas en uso de herramientas informáticas, búsqueda de información, capacidad resolutoria, expresión oral, y otras).

## 6. REFERENCIAS

- [1] The Bologna Declaration on the European Space for Higher Education: An explanation, 1999, [http://www.nvao.net/page/downloads/Bologna\\_Declaration.pdf](http://www.nvao.net/page/downloads/Bologna_Declaration.pdf), accessed 19 November 2014.
- [2] JONES E., VOORHEES A., PAULSON, K. *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*, U.S. Department of Education, *National Center for Education Statistics Washington, D.C.*, 2001.
- [3] ROMÁN-SUERO S., SÁNCHEZ-MARTÍN J. and ZAMORA-POLO F., Opportunities given by final degree dissertations inside the EHEA to enhance ethical learning in technical education, *European Journal of Engineering Education* , 38(2), 2013, pp. 149-158.
- [4] ZAMORA-POLO F., ROMÁN-SUERO S. and SÁNCHEZ-MARTÍN J., From Efficiency to sustainability. Training responsible engineers in the new educational scene, *Dyna (Spain)*, 85 (7), 2010, pp. 575-580.
- [5] GONÇALVES FERNANDES S. R., Preparing Graduates for Professional Practice: Findings from a Case Study of Project-based Learning (PBL), *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 139 (22), 2014, pp. 219-226.
- [6] MARTÍN-ROJAS R., GARCÍA-MORALES V. J. and BOLÍVAR-RAMOS M. T., Influence of technological support, skills and competencies, and learning on corporate entrepreneurship in European technology firms, *Technovation*, 33 (12), 2013, pp. 417-430,
- [7] WILSON G., *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*, Englewood Cliffs, *Educational Technology Publications*, New Jersey, 1996.
- [8] RUIZ-GALLARDO J. R., CASTAÑO S., GÓMEZ-ALDAY J. J. and VALDÉS A., Assessing student workload in Problem Based Learning: Relationships among teaching method, student workload and achievement. *A case study in Natural Sciences, Teaching and Teacher Education*, 27(3), 2011, pp. 619-627.
- [9] European Commission, ECTS Users' guide. European credit transfer and accumulation system and the diploma supplement European Commission – Directorate General for Education and Culture, 2005, from [http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/education/programmes/socrates/ects/guide_en.pdf). Accessed 19 November 2014.

- [10] SAVERY J. R. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning. Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. Published online: 5-22-2006. 2006. Vol. 1 (1).
- [11] “The Problem Based Learning Initiative”, [www.pbli.org](http://www.pbli.org).
- [12] BARREL J. Problem based learning. An inquiry approach. 2nd Edition. Conwin Press.
- [13] HRBEK F. Teachers as Classroom Coaches: *How to Motivate Students Across the Content Areas*, ASCD Edition, 2006.