

## Metodología práctica para el aprendizaje de habilidades relacionadas con la investigación en asignaturas de Máster

Yago Rivera<sup>a</sup>, César Berna<sup>a</sup>, Alberto Escrivá<sup>a</sup>, Carlos Vargas-Salgado<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Universitat Politècnica de València, Instituto de Ingeniería Energética. Cami de Vera s/n (Valencia), 46022, España. E-mail: yaridu@upv.es

---

### Resumen

*La forma habitual de incluir contenidos prácticos en las asignaturas suele consistir en complementar los aspectos explicados en las clases teóricas con determinadas aplicaciones o ejemplos próximos a la realidad de los trabajos en los que está basada la asignatura. Durante la etapa de máster, ya habiendo superado el grado, es importante que los alumnos conozcan la investigación como una de las posibles opciones de trabajo a las que tienen acceso tras finalizar los estudios.*

A lo largo de este documento se muestra la metodología pedagógica empleada para acercar a los alumnos la investigación mediante la aplicación en la asignatura de Introducción a la termohidráulica y sus aplicaciones (Generación de Energía). Esto se lleva a cabo mediante la realización de las prácticas de la asignatura directamente en un laboratorio de investigación o tras visitarlo dependiendo del número de alumnos. La idea principal consiste en exponer de forma didáctica a los estudiantes algunos de los retos a los que se han enfrentado los investigadores y llevar a cabo un proceso resolutivo donde son los alumnos los que se tienen que encargar de resolverlos.

*Los resultados obtenidos en experiencias previas son muy satisfactorios y el feedback de los alumnos es en líneas generales muy positivo. La atención de los estudiantes durante las sesiones es elevada y se consigue potenciar satisfactoriamente los aspectos clave previstos en la metodología. Finalmente, se consigue potenciar en los alumnos las habilidades relacionadas con la investigación, así como la argumentación de sus diferentes propuestas de resolución y se favorece el trabajo en equipo.*

**Palabras clave:** *Aprendizaje cooperativo, habilidades de investigación, análisis de sistemas, razonamiento autónomo, sesiones prácticas de laboratorio.*

## **Introducción**

A lo largo de los últimos años, las prácticas de las asignaturas han tomado un papel muy importante en la nota final. La implementación del plan Bolonia ha fomentado la evaluación continua por lo que en muchas ocasiones los profesores realizan una valoración personalizada en las clases de prácticas mediante informes o pequeñas pruebas. Muy notable es también el gran aumento del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), lo que da lugar a un enfoque de prácticas orientado en muchas ocasiones al uso del ordenador (Gerick et al., 2017). Además, los estudios de Máster están generalmente enfocados a aplicar todos los conocimientos que se han adquirido durante estudios anteriores al mundo profesional. Aunque muchos profesores hacen un buen uso de las TIC en este sentido, en ocasiones nos limitamos a llevar a cabo prácticas informáticas con una carga educativa escasa, repetitivas y poco provechosas por parte del estudiante.

En líneas generales, los estudiantes desconocen que una de las salidas profesionales de su carrera es la investigación, ya que a veces queda en un segundo plano durante la formación en estudios de Máster. Las Universidades cuentan habitualmente con centros o institutos dedicados a la investigación y que llevan a cabo formación de personal investigador. Los estudiantes no pueden plantearse la investigación como trabajo futuro si no se hace un esfuerzo en mostrarles en qué consiste.

El presente documento pretende mostrar una metodología para acercar a los alumnos el mundo de la investigación y que entiendan en qué consiste, cómo funciona y qué se van a encontrar si deciden probarlo. Este sistema puede implementarse en cualquier asignatura siempre y cuando se disponga de la posibilidad de mostrar un centro de investigación relacionado con la materia en cuestión.

El documento se estructura de la siguiente manera. Un primer apartado de introducción y justificación del trabajo docente. El segundo apartado recoge las claves de la metodología cuya idea se centra en potenciar el razonamiento autónomo y el trabajo en equipo. En el tercer apartado se aplica la metodología a la asignatura de máster *Termohidráulica y sus aplicaciones (Generación de Energía)*. Para terminar, se hace un resumen de las conclusiones más importantes y se describen las posibles mejoras que se pueden implementar en un futuro.

## **Metodología**

El diseño de las prácticas se realizará acorde a una metodología activa, basada en la realización de actividades dinámicas dirigidas, y las prácticas estarán enfocadas a dar a conocer el mundo de la investigación y a potenciar las habilidades más importantes en esta área. Si las prácticas se llevan a cabo en un centro de investigación, como es este caso, lo más probable es que la atención y la motivación de los ejercicios sea elevada y éstas no sea un gran problema a la hora de diseñarlas. En la Figura 1 se muestra un esquema de la

metodología que se ha aplicado y las relaciones entre algunos de los puntos más importantes a tener en cuenta en cada una de ellas.

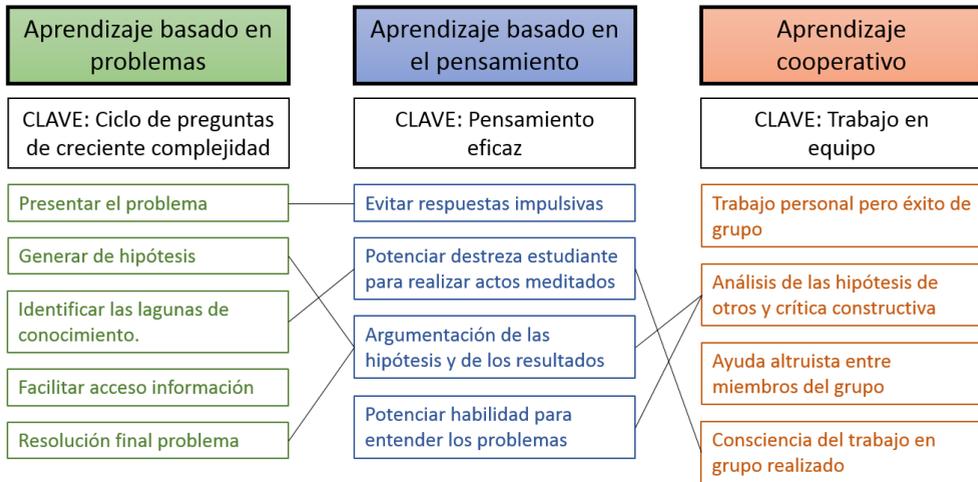


Figura 1. Esquema de la metodología implementada, claves a la hora del diseño de las prácticas y relaciones entre algunos elementos clave. Fuente: Elaboración propia.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) consiste en plantear problemas que lleven a los estudiantes a cuestionarse su respuesta. De esta forma, han de aplicar su conocimiento y las fuentes de información disponibles para dar respuesta (Amo et al., 2014). Generalmente este sistema da lugar a nuevas preguntas de mayor complejidad que lleva a los alumnos a entrar en un ciclo de cuestiones cada vez más específicas. Es ampliamente conocido que este sistema aumenta sustancialmente la motivación del alumno por la asignatura, el pensamiento crítico, las habilidades para la resolución de problemas, así como la capacidad comunicativa y explicativa (Forsythe, 2002).

Aunque la metodología ABP durante las prácticas no puede desarrollarse completamente, este sistema trata de condensarse de forma que los distintos pasos (primer contacto con el problema, investigación de las soluciones, feedback y respuesta final) se realizan durante la propia sesión. En *Aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en Educación Superior* (Escribano & Del Valle, 2008) se identifican siete pasos principales: Presentación del problema, aclaración de terminología, identificación de factores, generación de hipótesis, identificación de lagunas de conocimiento, facilitación del acceso a la información necesaria y resolución del problema o identificación de problemas nuevos. Para el diseño de las prácticas es muy importante que se cubran todos estos pasos en cada sesión, realizando un correcto enfoque de las preguntas.

El tiempo disponible para las prácticas en centros o laboratorios dedicados a investigación es generalmente reducido ya que su propósito principal no es la docencia. Esto se traduce en que el diseño de las prácticas debe realizarse con el objetivo de aprovechar el tiempo. Esto indirectamente está relacionado con el concepto de *pensamiento eficaz* referido a la destreza del estudiante para llevar a cabo actos meditados, toma de decisiones, argumentación u otro tipo de acciones (Swartz et al., 2008). Los estudiantes de máster ya han llevado a cabo un proceso de aprendizaje extenso durante los cursos de grado por lo que es muy útil utilizar el conocido como Aprendizaje basado en el Pensamiento (*Thinking Based Learning*). Esta metodología está ampliamente desarrollada por diferentes autores tanto de forma general (Swartz et al., 2008) como en muchos ámbitos de aplicación desde Educación Infantil (Buena, 2017) hasta estudios universitarios (Ruiz-morales, 2018).

El profesor debe ser consciente de que las preguntas que haga debe plantearlas de forma que se evite las contestaciones impulsivas y el estudiante sea consciente de las consecuencias de dar una respuesta o solución poco razonada. Ambas metodologías ABP y Aprendizaje basado en el Pensamiento se pueden aplicar en prácticas de centros de investigación de forma conjunta sin mucha dificultad y se complementan muy bien. Generalmente, en investigación, la motivación de los distintos proyectos que se llevan a cabo en los laboratorios están muy estudiados. Por tanto, los investigadores conocen muy bien los detalles y problemas a los que se han enfrentado, de forma que se pueden plantear preguntas de gran interés y que potencie el *pensamiento eficaz*. Incluso, es muy interesante cuando las prácticas se plantean de forma que los estudiantes tengan que resolver un problema que el propio investigador ha tenido que solucionar en el pasado.

Por último, se recomienda utilizar las técnicas comunes del Aprendizaje cooperativo. Todos los ingredientes están listos para que los estudiantes, además de tener que pensar de forma eficaz para resolver un problema, lo tengan que hacer en equipo. Hay que tener presente que trabajar en grupo no quiere decir que mejoren las habilidades cooperativas de los estudiantes (Yanuar Dwi Prastyo & Feranita Dice Sansisca, 2013). De hecho, cuando simplemente ponemos alumnos a trabajar juntos lo más probable es que les cueste hacerlo. Aunque en una práctica en el laboratorio no hay excesivo tiempo para potenciar el trabajo en equipo, si que es interesante que los estudiantes sepan cómo de bien han trabajado en conjunto y qué necesitarían para alcanzar los objetivos de grupo (Gillies, 2014).

## **Resultados**

A continuación se expone un ejemplo de cómo se ha aplicado esta metodología en la asignatura *Introducción a la termohidráulica (Generación de Energía)*. Dado que la disponibilidad de uso del laboratorio de Termohidráulica del Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética es buena, las prácticas se han diseñado para llevar a cabo en dos sesiones. La primera práctica trata acerca del flujo bifásico de burbujas y las

descargas de jets, mientras que la segunda se centra en el flujo anular aire-agua. Tanto la primera como la segunda sesión están fuertemente fundamentadas en la teoría que se ve durante el transcurso de la asignatura. En este documento únicamente se van a mostrar los detalles del planteamiento realizado en la primera práctica y cómo se ha aplicado la metodología explicada a lo largo del artículo.

En la primera práctica se muestra a los alumnos cómo está distribuido el laboratorio y en líneas generales de qué forma se trabaja en él. Se hace un repaso rápido de las instalaciones activas así como del taller y se les explica con qué fluidos se experimenta y qué se pretende obtener. Si el número de alumnos es pequeño pueden formarse grupos de aproximadamente 4 personas y repartirlos entre las dos instalaciones. Tras una ronda de preguntas comienza la primera práctica con dos de las instalaciones experimentales del laboratorio. La primera de ellas está montada con propósito docente y trata de analizar las características más importantes de las burbujas de vapor. Se indica a los estudiantes que, tras mostrarles cómo funciona y que limitaciones tiene, van a tener que obtener la velocidad con la que se mueven las burbujas que se desprenden de una alambre de nicromo (aleación de níquel y cromo) caliente sumergido en una piscina de agua. Los materiales utilizados son: una piscina de agua de 40 litros, una fuente de alimentación conmutada DC para laboratorio, un soporte con pinzas sumergible, alambre de nicromo de 0.4mm de diámetro y resistividad  $\rho = 1,5 [\Omega \cdot (mm^2)/m]$ , un cronómetro y un ordenador.

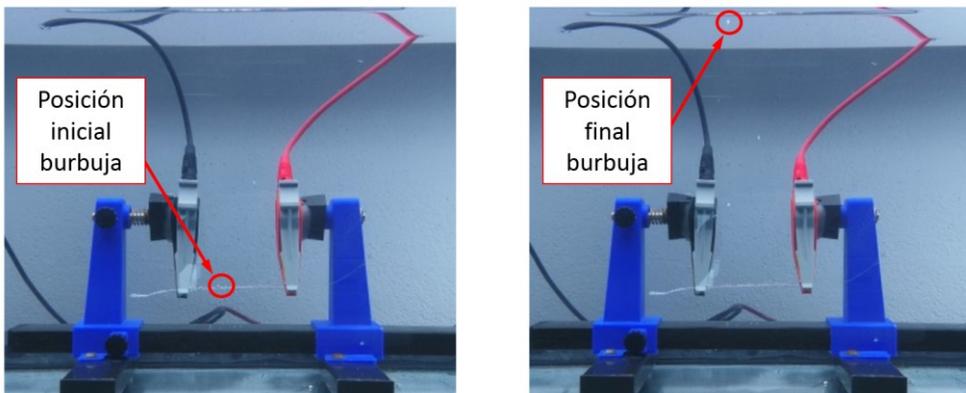


Figura 2. Fotografía inicial y final la instalación diseñada para medir la velocidad de una burbuja.. Fuente: Elaboración propia.

Normalmente llegados a este punto se les ha dado alguna pista de cómo pueden obtener la velocidad de las burbujas, aunque son ellos los que tienen que pensar y debatir de qué forma lo van a hacer. En todo momento tienen acceso al ordenador y pueden buscar utilizando las fuentes de información que consideren oportunas. En ocasiones pueden llegar a una solución diferente a la que se propone, aunque los profesores deben explicar por qué en el mundo de la investigación se opta por una u otra técnica y cuál es la preferida en esta ocasión. Para

medir la velocidad de las burbujas se utilizará la cámara de un teléfono móvil (equivalente a una cámara de alta velocidad en el campo de la investigación). Cuando hayan grabado el movimiento de las burbujas tendrán que utilizar el ordenador para tratar el vídeo y capturar el tiempo que tardan las burbujas en llegar a la parte superior (ver Figura 2). Finalmente tienen que medir el espacio que recorren y la velocidad resulta de la división de éste entre el tiempo.

La segunda parte de la primera práctica se realiza en la instalación JEBEA (Jet Behavior Analysis Facility) y está enfocada a la descarga de jets en piscina (Cordova et al., 2020). Esta instalación se utiliza para obtener medidas experimentales de interés científico por lo que siempre que se hace hay que tener mucho cuidado al usar los dispositivos involucrados en el sistema. En esta ocasión utilizarán una cámara de alta velocidad en lugar de un teléfono móvil capaz de tomar fotos con una frecuencia de entorno a 1000 imágenes por segundo a resolución completa. Los fluidos de trabajo son agua y vapor a una temperatura de aproximadamente 120°C y una presión máxima de 6,5 bares de presión absoluta. Se explica a los estudiantes cómo se hacen las tomas de datos, cuáles son las condiciones iniciales que se varían en cada experimento y cómo se trata la información.



*Figura 3. Vista general de la instalación experimental JEBEA. Fuente: Cordova et al., 2020.*

Tras satisfacer todas las dudas que han surgido hasta este punto, se plantean una serie de problemas que han de resolver en grupo con todas las herramientas disponibles en el laboratorio. La primera pregunta consiste en calcular el aumento de la altura del agua de la piscina tras descargar vapor durante dos horas con un caudal constante de 170 litros por minuto. Con esta pregunta los alumnos comienzan a plantear ideas para resolver el problema y un miembro del equipo debe encargarse de organizar la información que van calculando en el ordenador, generalmente a través de una hoja Excel. Mediante esta cuestión, los estudiantes empiezan a comprender las variables que están involucradas en el proceso y cómo pueden calcularlas.

Una vez que dan con la solución, se va un paso más allá con una pregunta en la que tienen que realizar un balance de energía un poco más complejo. El objetivo ahora es calcular el tiempo que tarda la piscina en alcanzar los 50°C suponiendo que la caldera es capaz de mantener el vapor a presión constante y que la descarga de caudal es constante a 170 l/min. Para resolver este problema de forma sencilla van a tener que hacer simplificaciones que deberán justificar de forma apropiada. Para obtener datos de los fluidos deberán realizar mediciones in situ en la instalación experimental como tomar presiones o medir la cantidad de líquido inicial en la piscina. Para obtener algunas propiedades deberán acceder a fuentes de información fiables online y tienen que ser capaces de manejarse con diferentes unidades de medida. La solución exacta al problema requiere del uso de integrales y lo más probable es que no sean capaces de llegar al final de forma autónoma. Sin embargo, con el uso de aproximaciones pueden simplificar la resolución y mediante esta técnica la tasa de éxito aumenta drásticamente.

## Conclusiones

En este documento se ha expuesto una metodología para introducir a los alumnos en el sector de la investigación mediante una serie de prácticas llevadas a cabo en laboratorio. Las sesiones de prácticas se han diseñado en base a las metodologías de Aprendizaje basado en problemas, Aprendizaje basado en el pensamiento y Aprendizaje cooperativo. Se han mostrado cuáles son las claves de cada una de estas metodologías didácticas y cómo se relacionan entre ellas para el diseño de las prácticas.

A continuación ha mostrado un ejemplo de aplicación en una de las sesiones de prácticas de la asignatura *Introducción a la termohidráulica y sus aplicaciones (Generación de energía)*. La práctica se realiza en el laboratorio de termohidráulica del Instituto Universitario de Ingeniería Energética de la UPV donde se ponen en funcionamiento dos instalaciones experimentales y se realizan cuestiones y problemas relacionados con ellas y la asignatura. Durante el transcurso de la práctica los estudiantes deben proponer hipótesis a las preguntas que se van planteando y deben trabajar en equipo para dar con la solución. En todo momento tienen acceso a fuentes de información y disponen de gran parte del laboratorio para trabajar con los medios que tiene. De forma autónoma, los alumnos van avanzando en un ciclo de preguntas de creciente dificultad hasta que llegan a una última pregunta compleja que deberán simplificar si quieren llegar al resultado final.

Las experiencias previas con los alumnos han sido muy satisfactorias y se mantiene siempre una clase muy dinámica, con una atención por parte de los estudiantes elevada. Además, aprenden a lidiar con los problemas más habituales a los que se enfrentan los investigadores a diario y utilizan lo que han aprendido a lo largo de sus estudios en la universidad para afrontarlos.

## **Agradecimientos**

Los autores quieren agradecer al plan I+D del proyecto EXMOTRANSIN ENE2016-79489-C2-1-P por ofrecer la posibilidad de impartición de clases a Yago Rivera Durán bajo la ayuda predoctoral BES-2017-080031 y poner en marcha las prácticas del artículo.

## **Referencias**

- Amo, E., Jareño, F., Lagos, M. G., & Tobarra, M. Á. (2014). New teaching methodologies and their implications for study programs. *Innovar*, 24(54), 231–245. <https://doi.org/10.15446/innovar.v24n54.46757>
- Buena, A. (2017). Aprendizaje basado en el pensamiento. Las rutinas del pensamiento en Educación Infantil. *Trabajo Fin de Grado de La Facultad de Educación y Trabajo Social de La Universidad de Valladolid*, 11(1), 92–105.
- Cordova, Y., Rivera, Y., Blanco, D., Berna, C., Muñoz-Cobo, J. L., & Escrivá, A. (2020). Experimental investigation of submerged horizontal air-steam mixture jets into stagnant water. *Proceedings of Advances in Fluid Mechanics XIII2*, 89–101. <https://doi.org/10.2495/AFM200091>
- Escribano, A., & Del Valle, Á. (2008). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS una propuesta metodológica en Educación Superior. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 11(1), 8–23. <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0296>. El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en educación superior.pdf
- Forsythe, F. (University of U. (2002). Problem-based Learning. *The Handbook for Economics Lecturers, 2nd (Revis)*, 1–44.
- Gerick, J., Eickelmann, B., & Bos, W. (2017). School-level predictors for the use of ICT in schools and students' CIL in international comparison. *Large-Scale Assessments in Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40536-017-0037-7>
- Gillies, R. (2014). Cooperative Learning: Developments in Research. *International Journal of Educational Psychology*, 3(2), 125–140. <https://doi.org/10.4471/ijep.2014.08>
- Ruiz-morales, M. L. (2018). Aprendizaje basado en el pensamiento: su aplicación en la docencia del derecho penal. *Revista de Educación y Derecho*, 18. <https://doi.org/10.1344/reyd2018.18.24120>
- Swartz, R. J., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R., & Kallick, B. (2008). *El aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI* (S. Cáliz (ed.); First Edit). Teachers Collegue Press, Teachers Collegue. Columbia University, New York, USA.
- Yanuar Dwi Prastyo, A., & Feranita Dice Sansisca, B. (2013). Cooperative Learning Strategies Principles And Techniques. *International Conference on Education and Language, UBL, Indonesia*, 1. <https://doi.org/10.37376/1570-000-023-005>