

# Aprendizaje Basado en Problemas Orientado a Proyectos para la adquisición de competencias vinculadas a los controladores industriales

Carlos Efrén Mora Luis  
 Javier Machado Toledo  
 Escuela Politécnica  
 Superior de Ingeniería  
 Universidad de La Laguna  
 Email: carmora@ull.edu.es,  
 jmachado@ull.edu.es

Peña Fabiani-Bendicho  
 Jorge Martín-Gutiérrez  
 Sara González-Pérez  
 Escuela Superior de  
 Ingeniería y Tecnología  
 Universidad de La Laguna  
 Email: pfabiani@ull.edu.es,  
 jmargu@ull.edu.es,  
 sgonzal@ull.edu.es

**Abstract**—Con el objetivo de mejorar las habilidades de cada estudiante en el análisis e interpretación de la información a la hora de resolver un problema en el ámbito del control industrial, se introducen estrategias de aprendizaje activo en una asignatura. Estas estrategias consisten en trabajar los conocimientos a través de seminarios impartidos por los propios estudiantes, como en la resolución de un problema técnico real a través de un proyecto. Esta estrategia de aprendizaje requiere un soporte y una monitorización constante por parte del profesorado, así como un modelo de evaluación basado en el nivel de habilidades adquiridas por cada estudiante.

## I. INTRODUCCIÓN

Las estrategias y los métodos de evaluación en las universidades europeas han sufrido cambios importantes durante los últimos 15 años en las carreras de ingeniería debido, principalmente, al enfoque del aprendizaje basado en competencias introducido en la Declaración de Bolonia [1]. Por este motivo, la estrategia de evaluación continua ya aparece en los reglamentos de las universidades españolas como el método de evaluación preferente, si bien el concepto de evaluación formativa no siempre aparece vinculado a dicha evaluación continua. Esto se relaciona, de alguna forma, con el hecho de que se sigue confundiendo el concepto de evaluar con el acto de calificar [2].

### A. Aprendizaje, evaluación y motivación en los estudios de ingeniería

En los aprendizajes relacionados con la Ingeniería de Control se manejan conceptos matemáticos abstractos que son difíciles de visualizar y entender por parte de los estudiantes. Sin embargo, estos conocimientos teóricos son necesarios a la hora de implementar, operar o mantener un sistema de control, independientemente de su aplicación. Tradicionalmente, al igual que en otros campos de la ingeniería, este problema se ha resuelto dividiendo las asignaturas en dos partes: *conocimientos teóricos y prácticas*, algo que aún se sigue aplicando, incluso en el caso de grados adaptados al Espacio

Europeo de Educación Superior (EEES). Esto provoca que una parte del aprendizaje —el que se basa en la adquisición de conocimientos— sigue empleando estrategias conductuales que se basan fundamentalmente en la evaluación sumativa, relegando a un segundo plano el papel formativo de la evaluación continua. El énfasis en la evaluación sumativa promueve que los conocimientos tienden a adquirirse mediante un proceso de aprendizaje mecánico [3], lo cual compromete la aplicabilidad de estos conocimientos en un entorno práctico, como puede ser el desarrollo y la ejecución de un proyecto.

Es común que, cuando el o la docente planea la evaluación continua de los conocimientos en sus asignaturas, lo hace reintroduciendo el modelo de calificación por parciales, en el que los estudiantes pueden ser calificados poco a poco a lo largo de varios exámenes, en vez de en un único examen al final del periodo lectivo. Sin embargo, es muy probable que la única motivación existente bajo este modelo, desde el punto de vista de sus estudiantes, sea el simple hecho de dividir el esfuerzo en varias partes, lo que no necesariamente está alineado con un aumento de la motivación por aprender. Si se observa este proceso desde la perspectiva de la evaluación formativa, los exámenes y la defensa de los trabajos están enfocados casi exclusivamente como herramientas de calificación. El efecto, desde el punto de vista del estudiante, se corresponde con una motivación externa, esto es, de un reconocimiento o un castigo en función de la calificación obtenida [4], la cual no debe confundirse con una motivación genuina por aprender. Visto de este modo el examen, como herramienta de calificación, pierde prácticamente todo su potencial como oportunidad de aprendizaje. Incluso desde un enfoque meramente conductual, el efecto esperado por el profesorado tiende a ser el contrario que el deseado, dado que lo que se consigue es un almacenamiento memorístico a corto plazo, en vez de una consolidación de los conocimientos que se pretenden transmitir.

Por lo tanto, si lo que se busca es un proceso de aprendizaje en el que los estudiantes tengan un verdadero interés por

aprender, es necesario conseguir que interioricen el beneficio personal que les supone el esfuerzo necesario para lograr sus objetivos. Esta motivación puede reforzarse cuando, llegado el caso, tengan cierta sensación de éxito al ser capaces de ir cumpliendo con sus metas durante el proceso de aprendizaje [5].

### *B. Aprendizaje vinculado a los problemas reales*

Si se separan los conocimientos de la realidad se tiende a una desconexión de los problemas reales. Si bien desde un enfoque exclusivamente cognitivo, se tiende a descontextualizar los conocimientos, de forma que estos puedan usarse en cualquier problema, el aprendizaje y el desarrollo profesional se están socializando cada vez más, y se ven fuertemente influenciados por el entorno en el que estos aprendizajes se desarrollan [6].

La capacidad de resolver problemas es una de las competencias propias de las ingenierías, la cual debe conjugarse con otras habilidades y competencias propias del perfil técnico y profesional que se trate. Una de las estrategias emergentes para conjugar los conocimientos y habilidades necesarios para confrontar este tipo de dificultades desde el diseño del currículo es el Aprendizaje Basado en Problemas Orientado a Proyectos [7]. Sin embargo, el simple hecho de enfrentar a los estudiantes a un problema técnico real, no suele ser una fuente de motivación continua a lo largo de todo el proceso: si bien es cierto que existe un pico de motivación inicial vinculado a las expectativas que se generan al entrar en contacto con el problema la primera vez, ésta decae rápidamente al tener que enfrentarse a las primeras dificultades, especialmente cuando no se dispone de conocimientos ni de habilidades previas relacionadas con dicho problema. Por este motivo, la estrategia educativa debe tener en cuenta los aspectos motivacionales y las habilidades transversales necesarias, además de los conocimientos necesarios que, en todo caso, deben vincularse al problema.

En el uso de estos modelos de aprendizaje, el problema debe ser abierto, desestructurado, y permitir múltiples soluciones, las cuales no han de estar previstas de antemano. El papel del docente no es “enseñar la solución”, sino “guiar para encontrar una solución”. Es importante, especialmente en los niveles inferiores, prestar un especial énfasis al proceso de aprendizaje, más que al producto final. La evaluación final debe, por tanto, estar basada en la capacidad de entender a diferentes profundidades, tanto el producto como el proceso seguido para su desarrollo, independientemente de la eficacia de la solución adoptada. La cuestión no es si el desarrollo soluciona o no soluciona el problema inicial, sino por qué lo soluciona, o por qué no lo consigue. Por lo tanto, el proceso de evaluación debe tener un enfoque formativo, vinculado a procesos de reflexión que hagan que cada estudiante, en función de sus propias habilidades, piense y llegue a sus propias conclusiones a lo largo de su proceso de aprendizaje. En definitiva, se trata de ser capaz de evaluar la calidad del aprendizaje cuando éste se logra en un entorno complejo y real.

### *C. El enfoque desde la Ingeniería de Control*

Conseguir que los estudiantes se motiven, que consoliden sus conocimientos, que sean capaces de entender los procesos y su interacción con sus parámetros y variables, y que puedan elaborar estrategias para controlarlos, requiere ser consciente de cómo aprenden y qué afecta a su motivación por aprender. Pero, además, es necesario tener en cuenta aspectos transversales a la ingeniería de control, que son necesarios cuando su aprendizaje se construye con una perspectiva constructivista. Habilidades de proceso como la comunicación, la gestión de los conflictos, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, y habilidades transversales vinculadas al desarrollo de algoritmos y software, o aquellas relacionadas con la mecánica y la electrónica, entran todas en juego cuando se emplean estrategias de aprendizaje activo mediante el desarrollo de proyectos. El o la docente debe ser capaz de manejar las herramientas más apropiadas en cada caso para dirigir a sus estudiantes por el mejor camino para lograr que sus aprendizajes se alineen con los resultados del aprendizaje planteados en un inicio.

Esto hace que la planificación del proceso de aprendizaje y sus estrategias evaluativas sean más complejas que en procesos tradicionales, especialmente con estudiantes que se aproximan por primera vez a problemas reales relacionados con la ingeniería de control. En este artículo se describe el proceso seguido con un grupo de estudiantes de grado, que fue diseñado para tratar de adecuar sus aprendizajes a los conocimientos y competencias, asociados a su futura práctica profesional, desde una perspectiva activa y social del aprendizaje.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

No existe forma de plantear un proceso de aprendizaje a partir de una única metodología. Más bien se trata de establecer una estrategia flexible, que permita adaptarse a cada etapa, así como al perfil de los estudiantes. Esto hace que se tengan en cuenta múltiples aspectos a la hora de diseñar el proceso de aprendizaje.

### *A. Aspectos conductuales*

Un enfoque conductual implica entender el aprendizaje como un proceso con una entrada (estímulo) y una salida (respuesta). Este proceso está asociado con los aprendizajes anteriores, y con las consecuencias de las respuestas a los estímulos actuales. Si las consecuencias son positivas, existe un refuerzo. El aprendizaje, por tanto, puede ser interpretado, según esta teoría, como la formación de conexiones estímulo-respuesta a través de la exposición a un proceso de repetición y sus consecuencias [8].

Desde el punto de vista actual dentro del campo de la educación en ingeniería, los estudiantes suelen traer inercias desde etapas anteriores que hacen que sea difícil obviar los aspectos conductuales. Suelen necesitar un estímulo inicial para poder tener alguna referencia antes de atreverse a adentrarse en un proceso de aprendizaje autónomo. El examen tradicional y el refuerzo positivo del aprobado les sirve de guía para saber si

lo están haciendo bien o mal, y tienden a preferir problemas cerrados que puedan resolver en un examen siguiendo un método único para obtener un resultado.

#### B. Aspectos cognitivistas

La teoría cognitivista valora el proceso de aprendizaje que ocurre en la mente de los estudiantes: la memorización, el olvido, la elaboración, la transformación y el almacenaje a largo plazo de la información [9]. El aprendizaje, según esta teoría, se produce gracias al proceso de *asimilación* de nuevo conocimiento sobre el preexistente, y gracias al proceso de *acomodación*, por el cual la estructura interna del conocimiento se reajusta para adaptarse a la nueva realidad.

Desde el enfoque de la educación en Ingeniería, los estudiantes tienen modelos mentales preexistentes, que pueden ser confirmados y reforzados, o bien deben modificarse para acomodarse a la nueva información que reciben durante su proceso de aprendizaje [8].

#### C. Aspectos situacionales

El movimiento situacional se diferencia del conductualismo y del cognitvismo en que tiene en cuenta el papel que juega el entorno en la concepción del conocimiento, y en cómo este entorno afecta al proceso de aprendizaje. Desde esta perspectiva, el proceso de aprendizaje está situado dentro de una red social compleja, no pudiendo entenderse como una modificación de la estructura mental de un único individuo [6].

La práctica de cualquiera de las disciplinas de la ingeniería tiene encaje dentro de un enfoque situacional del aprendizaje: la ejecución de proyectos requiere colaboración y trabajo en equipo, los objetivos de cualquier proyecto están influenciados por los medios de los que se disponga y, por último, la práctica de la ingeniería implica participar y tener una identidad dentro de la comunidad.

#### D. Aspectos emocionales

El o la docente tiene un efecto directo sobre las emociones y la motivación de sus estudiantes, y viceversa. Cuando se emplean estrategias de aprendizaje activo como el Aprendizaje Basado en Problemas, este efecto adquiere más énfasis [10], [11]. De esta forma, este tipo de estrategias de aprendizaje tienen el potencial de crear vínculos emocionales entre los propios estudiantes, y entre estudiantes y profesores, pudiendo afectar positiva o negativamente al proceso de aprendizaje.

#### E. Aspectos motivacionales

A nivel académico, la motivación de los estudiantes tiene varias dimensiones que afectan a su desempeño: el nivel de empoderamiento, la percepción de utilidad, la sensación de éxito, el interés que se tiene, así como el sentimiento de sentirse cuidado o cuidada durante el proceso de aprendizaje, son cinco aspectos clave que influyen decisivamente en la motivación por aprender [5].

En el ámbito de la educación en ingeniería, es común introducir proyectos o problemas complejos con la idea de mejorar

la adquisición de competencias mejorando la motivación de los estudiantes. Sin embargo, es necesario conocer los aspectos que mejoran o minan la motivación de los estudiantes, en especial aquellas habilidades transversales que pueden facilitar el proceso de aprendizaje [12].

#### F. Aspectos evaluativos

El uso de una evaluación formativa implica tener en cuenta el progreso de cada estudiante para dirigir su progreso hacia la consecución de los resultados de aprendizaje. Esto implica que las actividades evaluativas deben plantearse de tal forma que sirvan como instrumentos de aprendizaje [2]. El proceso de aprendizaje debe estructurarse, por tanto, no sobre unos contenidos, sino sobre unos resultados del aprendizaje, los cuales deben organizarse de una forma racional para poder establecer cuál es el nivel del aprendizaje de cada estudiante. Los resultados observados del aprendizaje (taxonomía SOLO) [13] permiten esta organización, facilitando, además del proceso de evaluación, el diseño de la estrategia de aprendizaje.

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE APRENDIZAJE

La experiencia se desarrolló durante el primer semestre del curso 2017-18 con un grupo de 42 estudiantes matriculados en la asignatura denominada *Regulación y Control de Máquinas Navales*, de 6 créditos ECTS, correspondiente al tercer curso y dentro del *grado en Tecnologías Marinas* impartido en la Universidad de La Laguna, y en la que se desarrollan conocimientos, habilidades y competencias vinculados con los siguientes cinco módulos:

- 1) Controladores industriales.
- 2) Sensores y Actuadores.
- 3) Control electromecánico.
- 4) Control hidráulico.
- 5) Control y Gobierno del buque.

La asignatura se diseñó buscando la implicación de los estudiantes desde un enfoque activo, en la que se simulaban dos métodos de aprendizaje basados en estrategias conductuales, y situacionales. Estas estrategias se usaron teniendo en cuenta los resultados del aprendizaje pretendidos para esta asignatura y los aspectos que afectan a la motivación de los estudiantes, tal y como se explica en los epígrafes posteriores. Para este fin, se simuló la división de la asignatura en dos partes: *conocimientos* y *proyecto*. Se habla de simulación porque, a ojos de los estudiantes, al inicio del proceso de aprendizaje, ambas partes no tienen nada en común. Sin embargo, esta percepción se ve alterada según avanzan en el proyecto al tener que usar y actualizar parte de sus conocimientos.

#### A. Diseño de los resultados del aprendizaje

A fin de favorecer el proceso de evaluación formativa, se redactaron los resultados del aprendizaje estableciendo cuatro niveles usando verbos adecuados a cada uno de los niveles de la taxonomía SOLO.

- Nivel I

- Identificar los elementos de un sistema de control (reguladores, sensores, transductores, actuadores).
- Seguir los procesos de control en lazo cerrado y en lazo abierto.
- Recordar las diferentes estrategias de control.
- Nombrar las variables y parámetros que intervienen en el proceso de control.
- Identificar los dispositivos usados para el control de los distintos procesos en el buque (reguladores, sensores, actuadores).
- Identificar los distintos elementos y la simbología empleados en los controles electromecánicos e hidráulicos.
- Identificar los componentes que intervienen en el control y gobierno del buque.
- Seguir los procesos de los principales controles del buque (maquinaria principal y gobierno)

• *Nivel II*

- Describir las diferentes estrategias de control y las estrategias para la sintonía de los parámetros PID.
- Desarrollar diagramas de flujo vinculados a las estrategias de control.
- Elaborar esquemas de control, esquemas hidráulicos y electromecánicos.
- Combinar los elementos apropiados (reguladores, sensores, actuadores) para una planta específica.

• *Nivel III*

- Explicar los efectos que tiene la variación de los diferentes parámetros PID sobre la planta controlada.
- Explicar las causas por las que la planta puede desestabilizarse.
- Aplicar una estrategia de control en lazo cerrado a un problema concreto.
- Explicar las causas de avería de una máquina a partir de sus esquemas de control.
- Analizar el funcionamiento de los componentes electrónicos, eléctricos e hidráulicos que intervienen en gobierno del buque.

• *Nivel IV*

- Diseñar un sistema de control para una máquina en concreto.
- Predecir los fallos de un sistema de control a partir del funcionamiento de la planta.
- Construir un controlador para una aplicación definida.
- Probar un diseño de control y evaluar su eficiencia.
- Mejorar el diseño de un sistema de control eléctrico o hidráulico.
- Diseñar esquemas de control.
- Justificar un diseño con criterios de eficiencia y costes.

*B. Proceso de aprendizaje vinculado a la adquisición de conocimientos*

Uno de los aspectos que desmotivan a los estudiantes al enfrentarse a un problema complejo es precisamente la falta de conocimientos previos [12]. A pesar del interés que les suscita empezar un proyecto real, tienden a abandonarlo porque piensan que no tienen capacidad para desarrollarlo. En el caso de estudiantes que están acostumbrados a procesos educativos basados fundamentalmente en aspectos conductuales, tienden a abandonar prematuramente sin intentar aprender por sí mismos aquello que necesitan.

Para evitar este efecto negativo, se puso en práctica una estrategia de aprendizaje para la adquisición de unos conocimientos mínimos, la cual se basó en aspectos cognitivistas usando un proceso de repetición y refuerzo, pero desde el enfoque del aprendizaje activo. Esta idea se materializó en 5 módulos distribuidos en 14 seminarios de formación con tres sesiones según se muestra en las tablas I y II.

Tabla I  
ESTRUCTURA DE LOS SEMINARIOS DE CONOCIMIENTOS

<i>Sesión</i>	<i>Duración</i>	<i>Descripción</i>
1ª	45'	Lección magistral por un grupo de estudiantes
2ª	30'	Test de entrenamiento o de evaluación
3ª	45'	Sesión de realimentación

Esta estrategia se desarrolló de la siguiente forma: cada semana, el profesor de la asignatura escogió un grupo de 5 estudiantes para impartir la lección de la semana siguiente. Para ello, el profesor compartía con todos los estudiantes de la asignatura los materiales necesarios para preparar la lección, en forma de referencias y enlaces, así como instrucciones para organizar la presentación. El grupo escogido cada semana impartía su lección, la cual solía contener errores de concepto, fallos en algunas de las explicaciones, en su mayor parte por la falta de experiencia de los estudiantes. El profesor anotaba todas estas cuestiones con el objeto de hacer aclaraciones posteriormente. Al finalizar la lección magistral, los estudiantes se presentaban a un test computerizado que usa una base de preguntas lo suficientemente amplia como para que los test de cada estudiante sean diferentes tanto en sus preguntas como en sus respuestas. Al finalizar el test de entrenamiento, los estudiantes obtienen una calificación de 0 a 10 puntos, pero no tienen acceso a las respuestas correctas de las preguntas ni a las respuestas que habían seleccionado. Posteriormente, el profesor pedía sus estudiantes que formularan preguntas o planteasen cuestiones que quisieran aclarar. Estas cuestiones, junto con los errores cometidos en la lección magistral, eran aclarados en una sesión de realimentación.

Este proceso se repitió cada semana, hasta que se completaba cada módulo, momento a partir del cual los estudiantes se presentaban al último test, cuyo resultado (de 0 a 10 puntos), al contrario que el resto, sí computaba para la calificación de la asignatura.

Tabla II  
DESCRIPCIÓN DE LOS SEMINARIOS POR MÓDULOS

Módulo	Seminario	Descripción
Introducción	0.1	Presentación de la asignatura.
Controladores Industriales	1.1	Control en lazo abierto. Control en lazo cerrado. Control en dos pasos y escalonado.
	1.2	Control proporcional (P), proporcional-integral (PI), proporcional-derivativo (PD) y proporcional-integral-derivativo (PID). Sintonización de controladores. Usos industriales. Reguladores de velocidad en motores y turbinas.
	1.3	Sintonización de controladores. Usos industriales. Reguladores de velocidad en motores y turbinas.
Sensores y Actuadores	2.1	Medidas de posición, velocidad, presión, caudal, nivel y temperatura. Otros tipos de medidas.
	2.2	Elementos actuadores: Válvulas, servomotores y actuadores.
Control Electromecánico	3.1	Componentes electromecánicos.
	3.2	Lectura de esquemas eléctricos, nomenclatura y simbología.
	3.3	Diseño y montaje de sistemas electromecánicos.
Control hidráulico	4.1	Componentes hidráulicos.
	4.2	Lectura de esquemas hidráulicos, nomenclatura y simbología.
	4.3	Diseño y montaje de sistemas hidráulicos (ejemplo del gobierno del buque mediante servotimón).
Control y Gobierno del Buque	5.1	Control de la maquinaria principal y auxiliar.
	5.2	Control de la planta eléctrica del buque.

Paralelamente a los test, los estudiantes hicieron una práctica de una hora de duración para cada módulo (un total de 5 prácticas). Estas prácticas no computaban para la calificación de la asignatura, pero sí eran obligatorias para poder aprobarla. El objetivo de estas prácticas era el exponer a los estudiantes a sistemas reales con el objetivo de reforzar sus conocimientos adquiridos a través del sistema de los test de entrenamiento.

C. Proceso de aprendizaje vinculado al desarrollo de proyectos

A la finalización del primer módulo los estudiantes ya disponían de unos conocimientos mínimos para poder enfrentarse al problema ligado al proyecto que tendrían que desarrollar para resolverlo. El tiempo necesario para poder abordar el proyecto se tomó del resto de horas de prácticas no utilizadas (trabajo presencial con el profesorado), así como del tiempo destinado al trabajo autónomo de los estudiantes (trabajo autónomo de cada grupo de estudiantes).

Cada uno de los grupos, compuestos entre un mínimo de 4 y un máximo de 6 estudiantes, siguió el mismo proceso para resolver el problema que se les planteó al inicio del curso. Este proceso consistió en el seguimiento de los 5 pasos ilustrados en la figura 1. En la *clarificación* se discute y se definen los

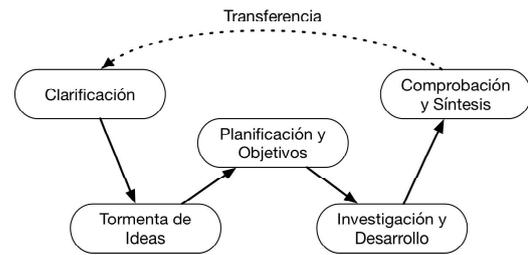


Fig. 1. Proceso de 5 pasos del aprendizaje basado en problemas.

detalles del problema. En la *tormenta de ideas* se plantean posibles soluciones. Durante la *planificación y objetivos* se establece un plan para abordar el problema a través de unos objetivos de aprendizaje. En la *investigación y desarrollo* se aborda el problema y se desarrollan sus soluciones; en el caso de los proyectos se diseñan y/o se construyen dispositivos. Por último, durante la fase de *comprobación y síntesis*, se abre un proceso de reflexión y análisis donde se discute si se ha resuelto o no el problema, se plantean mejoras o se definen alternativas. Al finalizar este proceso, las habilidades adquiridas pueden transferirse para abordar otros problemas con un mayor nivel de experiencia.

Este proceso de resolución de problemas se aplicó en este curso al desarrollo de un controlador para posicionar un pistón hidráulico. Para ello los estudiantes fueron abordando el problema de forma gradual, guiados por sus profesores. Éstos pautaban las actividades de aprendizaje en función de cada paso, de forma que los estudiantes pudieran marcar su propio ritmo de trabajo, con la limitación de una fecha de entrega. Como entregables, los estudiantes tenían que elaborar un prototipo funcional (ver fig 3), así como un artículo donde explicasen el funcionamiento de su prototipo y los resultados obtenidos.

La evaluación formativa del proyecto se desarrollaba durante sesiones de trabajo (ver fig. 2) en la que los estudiantes planteaban sus dudas y el profesor reforzaba aquellos conocimientos y/o habilidades necesarias para que los estudiantes pudieran continuar con su trabajo.

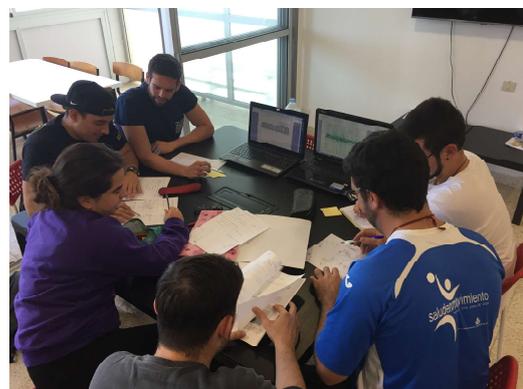


Fig. 2. Sesión de trabajo durante el desarrollo del proyecto con un grupo de estudiantes.

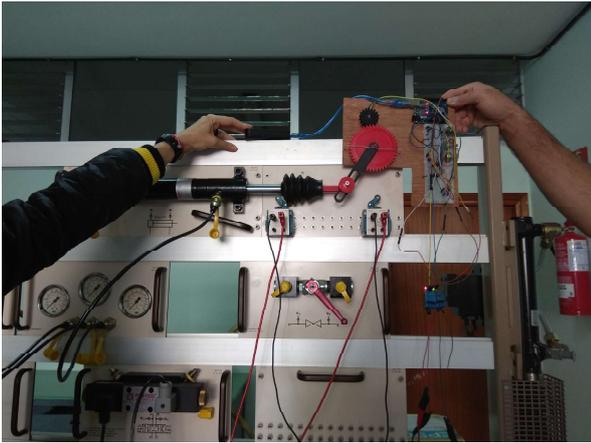


Fig. 3. Pruebas de uno de los prototipos de uno de los grupos de estudiantes.

Para poder ser calificados, los estudiantes tenían que construir y testear un prototipo funcional. La evaluación sumativa del proyecto se realizaba a través una entrevista grupal, mediante la cual era posible posicionar a cada estudiante en alguno de los niveles de los resultados de aprendizaje. El prototipo en sí no era calificable, aunque sí era un requerimiento para poder acceder a la entrevista. Para poder superar el proyecto, era necesario como mínimo contestar de forma satisfactoria durante la entrevista grupal a las preguntas asociadas al primero de los niveles descritos en la sección III-A. La calificación era siempre individual, en función de las respuestas que cada estudiante daba a las preguntas que se le planteaban individualmente y a todo el grupo, de 1 a 10 puntos, en función del nivel alcanzado: Nivel I (5.0 a 5.9), Nivel II (6.0 a 6.9), Nivel III (7.0 a 8.9), y Nivel IV (9.0 a 10.0).

#### IV. RESULTADOS OBTENIDOS AL FINALIZAR EL PROCESO DE APRENDIZAJE

Los estudiantes respondieron satisfactoriamente al proceso, mostrando una evolución positiva a lo largo de su aprendizaje. Estos resultados se reflejaron en una calificación que ponderaba cada una de las pruebas con diferente peso siguiendo el criterio de los profesores de la asignatura, el cual otorgaba el siguiente peso a cada una de las pruebas calificables (todas calificadas de 0 a 10 puntos): Media de los tests de las 5 unidades didácticas (30%), calificación del artículo (14%), y resultado individual de la entrevista grupal (56%). Para superar la asignatura, se pedía obtener 5 o más puntos en todas las pruebas; en caso de no superar alguna de las pruebas, sólo puntuaría la calificación más baja.

##### A. Resultados de las pruebas de conocimientos

La figura 4 muestra los resultados acumulados para los 5 módulos del primer y segundo test de entrenamiento y el test calificable, ordenados de izquierda a derecha. El efecto de los test de entrenamiento no es uniforme; se observa una ligera mejora entre el primer y el segundo test de entrenamiento. Sin embargo, la gran mejora se observa en el test calificable,

cuando los estudiantes saben que se juegan una nota. Este efecto es causado por la procrastinación de los estudiantes, así como por su necesidad de sentir presión antes de ser capaces de dedicar el tiempo de estudio necesario para mejorar sus calificaciones.

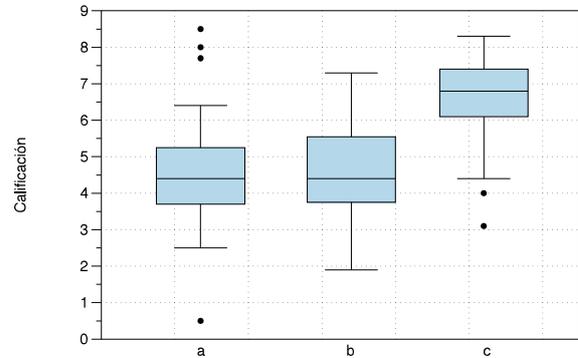


Fig. 4. Resultados acumulados de las pruebas de conocimientos. (a) Primer test de entrenamiento. (b) Segundo test de entrenamiento. (c) Prueba computable para la evaluación.

En cualquier caso, los resultados, teniendo en cuenta que no se han impartido lecciones magistrales por parte del profesorado, son buenos o muy buenos, con un número de suspensos muy bajo en las pruebas de conocimientos.

##### B. Resultados globales de la asignatura

De los 42 estudiantes matriculados en la asignatura, 7 no se presentaron a ninguna prueba; de los 35 restantes, 6 suspendieron debido al proyecto, y otros suspendieron al no superar las pruebas de conocimientos. La mediana obtenida es de 6.7 puntos (ver fig. 5). Estos resultados implican que, tras la evaluación de los proyectos, aproximadamente la mitad de los estudiantes han alcanzado los resultados del aprendizaje correspondientes al nivel II, mientras que la otra mitad han alcanzado los resultados del aprendizaje correspondientes al nivel III.

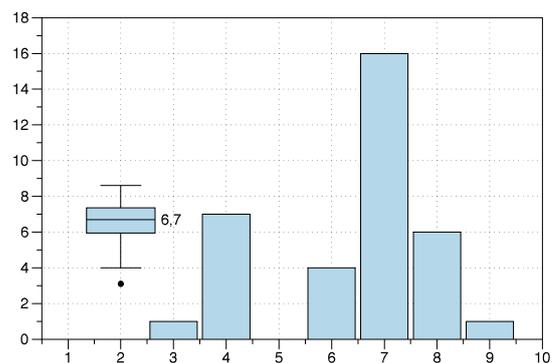


Fig. 5. Resultados globales de la asignatura

#### V. CONCLUSIONES

El uso de estrategias de aprendizaje activo, vinculando teorías avanzadas como el aprendizaje situacional, son posibles en el

campo de la Ingeniería de Control. Si bien es cierto que es posible controlar los factores que afectan a la motivación de los estudiantes con el objetivo de mejorar los resultados del aprendizaje, y por tanto los resultados académicos, también es cierto que entran en juego otros factores, como pueden ser las inercias previas y los efectos de la procrastinación. Esto obliga a los docentes a un mayor esfuerzo a fin de asegurar la consolidación de los conocimientos necesarios para la posterior adquisición de las competencias requeridas para la resolución de problemas dentro de la Ingeniería de Control. Estos conocimientos pueden ser adquiridos a través de estrategias conductuales, pero deben luego aplicarse estrategias situadas dentro del entorno de aprendizaje, en función de las posibilidades del centro y de los estudiantes. Esto implica usar los exámenes como herramientas de aprendizaje de conocimientos, repartiendo su aplicación para conseguir el esfuerzo necesario de los estudiantes. Si los conocimientos adquiridos son luego aplicados en proyectos, es posible consolidarlos a partir de su continua adaptación a la realidad y su vinculación al entorno que rodea a los estudiantes.

#### REFERENCIAS

- [1] M. L. Montero Curiel, *El proceso de Bolonia y las nuevas competencias*. Junta de Extremadura. Consejería de Educación, 2010.
- [2] C. Hamodi, V. M. López Pastor, and A. T. López Pastor, "Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior," *Perfiles educativos*, vol. 37, no. 147, pp. 146–161, 2015.
- [3] M. A. Moreira, "¿Al final, qué es aprendizaje significativo?" *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*, no. 25, pp. 29–56, 2012.
- [4] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being," *American psychologist*, vol. 55, no. 1, p. 68, 2000.
- [5] B. D. Jones, "Motivating students to engage in learning: The music model of academic motivation," *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, vol. 21, no. 2, pp. 272–285, 2009.
- [6] A. Johri, B. M. Olds, and K. O'Connor, "Situative frameworks for engineering learning research," in *Cambridge handbook of engineering education research*, A. Johri and B. M. Olds, Eds., 2014.
- [7] E. Moesby, "Curriculum development for project-oriented and problem-based learning (POPBL) with emphasis on personal skills and abilities," *Global Journal of Engineering Education*, vol. 9, no. 2, pp. 121–128, 2005.
- [8] W. C. Newstetter and M. D. Svinicki, "Learning theories for engineering education practice," in *Cambridge handbook of engineering education research*, A. Johri and B. M. Olds, Eds., 2014.
- [9] M. Alias, T. A. Lashari, Z. A. Akasah, and M. J. Kesot, "Translating theory into practice: integrating the affective and cognitive learning dimensions for effective instruction in engineering education," *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, no. 2, pp. 212–232, 2014.
- [10] M. M. MacKinnon, "Core elements of student motivation in problem-based learning," *New directions for teaching and learning*, vol. 1999, no. 78, pp. 49–58, 1999.
- [11] D. Bowman and P. Hughes, "Emotional responses of tutors and students in problem-based learning: lessons for staff development," *Medical Education*, vol. 39, no. 2, pp. 145–153, 2005.
- [12] C. E. Mora, B. Añorbe Diaz, A. M. Gonzalez-Marrero, J. Martin-Gutierrez, and B. D. Jones, "Motivational factors to consider when introducing problem-based learning in engineering education courses," *International Journal of Engineering Education*, vol. 33, no. 3, pp. 1000–1017, 2017.
- [13] J. B. Biggs and K. F. Collis, *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press, 2014.