



Aprendizaje Basado en Retos en prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos para un mejor rendimiento académico

Challenge-Based Learning in Electrical Circuits Laboratory Practices for better student achievement

Pilar García-Díaz ^a, Ana M. Díez-Pascual ^b, Beatriz Jurado-Sánchez ^b, Rafael Peña-Capilla ^a

^aUniversidad de Alcalá, Departamento de Teoría de Señal y Comunicaciones, Ctra. Madrid- Barcelona, Km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares, Madrid. Email: pilar.garcia@uah.es ; ^bUniversidad de Alcalá, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Analítica, Química Física e Ingeniería Química, Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares, Madrid.

How to cite: García-Díaz, P.; Díez-Pascual, A.M.; Jurado-Sánchez, B. y Peña-Capilla, R. (2024). Aprendizaje Basado en Retos en prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos para un mejor rendimiento académico. En libro de actas: *X Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 11 - 12 de julio de 2024.

Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2024.2024.18219>

Abstract

The aim of this communication is to present a Challenge-Based Learning experience developed during the academic year 2022-2023 in the Circuits Analysis course of Engineering Degree at the University of Alcalá. A set of 3 laboratory experiments were adapted to this methodology, offering activities that were sufficiently guided but also allowed the students to make some decisions. They received basic guidelines including precise description of the minimum specifications, the objectives to be achieved, how to reach them, and how to self-evaluate. Each group of students decided about the number of electronic components to be used as well as the interconnection and topology of the electrical circuits. The students had to buy the components by themselves, so these had to be commercial products. Most of the students worked in an active learning context and the teacher was able to observe engagement and motivation in the laboratory classroom. These factors had a positive influence on the average academic results of the students, as compared to those of the previous academic year

Keywords: *Challenge-based learning; active learning; student achievement; soft skills; critical thinking; professional competencies*

Resumen

El objetivo de esta comunicación es presentar una experiencia de Aprendizaje Basado en Retos desarrollada durante el curso académico 2022-2023 en la asignatura Análisis de Circuitos de Grados en Ingeniería en la Universidad de Alcalá. Un conjunto de 3 prácticas de laboratorio de la asignatura fueron adaptadas a esta metodología, ofreciendo actividades suficientemente guiadas pero también abiertas a la toma de ciertas decisiones por parte de los estudiantes. Los alumnos recibieron instrucciones básicas que incluían la explicación

precisa de los requisitos mínimos, los objetivos a alcanzar, el modo de conseguirlo y la forma de autoevaluarse. Cada grupo de estudiantes decidieron tanto el número de componentes electrónicos a utilizar como el modo de interconexión y la topología de sus circuitos eléctricos. Los estudiantes debían adquirir por sí mismos dichos componentes, por lo que estos debían ser comerciales. La gran mayoría de estudiantes se desarrollaron en un ambiente de aprendizaje activo y el docente pudo percibir implicación, motivación y compromiso en las actividades. Estos aspectos influyeron positivamente en el rendimiento académico medio de los alumnos, comparado con el curso académico anterior

Palabras clave: *aprendizaje basado en retos; aprendizaje activo; rendimiento académico; competencias sociales y profesionales; pensamiento crítico*

1. Introducción

El Aprendizaje Basado en Retos (ABR o Challenge-Based Learning) representa un enfoque educativo con el objetivo de involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas reales y significativos para su formación. Esta metodología enfrenta a los estudiantes a desafíos o retos que requieren la aplicación de conocimientos y habilidades adquiridas en diversas áreas académicas (Vilalta-Perdomo, 2022).

El ABR se ha desarrollado a partir de varias teorías y prácticas educativas previas, incluido el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Aprendizaje por Proyectos. En la década de 1960 se conocen las primeras aplicaciones de esta metodología en facultades de medicina en EEUU (Barrows, 1980; Klamen, 2022).

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) proporciona un marco y un conjunto de principios que enriquecen sin duda el ABR. Características como la evaluación continua o el seguimiento diario del trabajo personal del estudiante, así como el fomento de la formación práctica frente a la enseñanza tradicional, respaldan sin duda la metodología ABR. La formación práctica conlleva una considerable participación e intervención del alumno a través de ejercicios de aplicación de la formación teórica, trabajos cooperativos y colaborativos y prácticas profesionales. El EEES también promueve la adquisición de competencias transversales y genéricas, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comunicación efectiva. Estas competencias son fundamentales en el ABR. Por otra parte, el EEES requiere del docente un compromiso con la docencia superior al tradicional, un enfoque diferente donde el proceso de enseñanza-aprendizaje está centrado en el estudiante, una atención al estudiante más individualizada, mayor involucración en innovación docente y potenciación del uso de Internet y las TICs, aspectos alineados con el ABR (Evain, 2023).

El ABR fomenta la participación activa de los estudiantes, promueve el trabajo en equipo, el aprendizaje interdisciplinar, la comunicación efectiva, el pensamiento creativo y espíritu reflexivo (Valencia, 2020). Los estudiantes son los verdaderos protagonistas de su experiencia de aprendizaje, ya que deben investigar, recopilar información, sintetizarla, analizar datos y resultados, para finalmente, presentar soluciones y conclusiones.

El ABR puede ser aplicado en diferentes niveles educativos, desde la Educación Primaria hasta la Educación Superior (Fidalgo-Blanco, 2017). En Educación Primaria aporta un enfoque práctico y tangible, con actividades manuales y experimentos simples; el desarrollo de habilidades sociales como la empatía y la colaboración; y el fomento de la curiosidad y el deseo de explorar y aprender. En Educación Secundaria añade la componente de interdisciplinariedad, integrando conocimientos de diversas asignaturas para

abordar un problema. También contribuye al desarrollo de habilidades de investigación, la autonomía y aprenden a gestionar su tiempo de forma más eficaz y eficiente. En la etapa educativa del Bachillerato, el ABR propicia el desarrollo de habilidades críticas avanzadas, la innovación, emprendimiento y la preparación para la Educación Superior y la integración en el mundo laboral. Durante la formación superior, la práctica del ABR refuerza todos los puntos anteriores, con especial mención el trabajo colaborativo, el aprendizaje autónomo, el pensamiento crítico, la creatividad y la preparación para el mundo laboral al acercarse a proyectos tecnológicos en el mundo real. Suma el desarrollo de habilidades digitales, la aplicación práctica del conocimiento y la responsabilidad social, donde los retos pueden enfocarse en la mejora de situaciones sociales y ambientales, revelando la importancia de la responsabilidad social y ética en la aplicación de la ingeniería.

La literatura reciente evidencia que el enfoque de ABR mejora la motivación de los estudiantes, su capacidad para transferir conocimientos a situaciones reales y su desarrollo de habilidades para la vida. (Olivares, 2018) describe una experiencia de aprendizaje en la que los estudiantes desarrollan soluciones interdisciplinarias y creativas para abordar 10 problemas de salud pública relacionados con el cáncer, la diabetes y la salud mental utilizando tanto conocimientos médicos y de otras disciplinas. Los autores resaltan que la colaboración entre el conocimiento médico, la ingeniería, los negocios y las perspectivas artísticas puede impulsar un proceso de transformación. También señalan la necesidad de mejorar el desarrollo de la autorregulación en los estudiantes para superar la frustración de adentrarse en un campo disciplinar diferente. La literatura ofrece numerosas aplicaciones e implementaciones del ABR en ciencias, como (Eraña-Rojas, 2019) en Ciencias Forenses y (Suwono, 2019) en Biología.

(Mora-Salinas, 2019) describe la experiencia de treinta y ocho estudiantes de Ingeniería Mecánica inmersos en proyectos realizados en talleres profesionales durante 18 semanas con mentores tanto en la empresa como en la universidad. Se obtuvieron buenos resultados y se observó un impacto positivo del desafío en el aprendizaje de los estudiantes, reflejado en las calificaciones de la parte experimental. Otros estudios similares en asignaturas de ingeniería industrial pueden leerse en (Félix-Herrán, 2019; Pérez, 2021).

(Perusso, 2022) analizaron casos de implementación del ABR en siete países de la Unión Europea (Alemania, Países Bajos, España, Polonia, Eslovenia, Reino Unido y Chipre) y su relación con las cualidades más demandadas por el tejido empresarial en los egresados: adaptables, innovadores y flexibles. En (Gallagher, 2023) se recoge una interesante revisión de la literatura sobre el ABR, remarcando las ventajas ya mencionadas de esta metodología.

Esta comunicación presenta la experiencia de implementación de ABR en las prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos de una asignatura obligatoria de los primeros cursos en los Grados en Ingeniería en la Universidad de Alcalá (UAH) durante el curso académico 2022-2023. En la siguiente sección se enumeran los objetivos a alcanzar con este trabajo. La sección 3 describe el contexto de aprendizaje, indicando las características más relevantes de la asignatura, los contenidos de las prácticas de laboratorio en las que se trabajan con ABR y el planteamiento de las actividades a los estudiantes. La sección 4 recoge los resultados obtenidos para continuar con las conclusiones finales en la última sección, donde reflexiona sobre las ventajas de la innovación y los puntos de mejora de esta experiencia.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es poner en práctica la metodología de ABR en las actividades de laboratorio experimental de una asignatura obligatoria en los primeros cursos en los Grados en Ingeniería durante el curso académico 2022-2023. Para ello, se han llevado a cabo las siguientes acciones:

1. Preparación de los contenidos de las prácticas de laboratorio basado en el sistema de ABR.
2. Ejecución de las prácticas de laboratorio a lo largo del curso y observación de la participación y evolución del aprendizaje en los estudiantes.
3. Evaluación la percepción de los estudiantes hacia el procedimiento de ABR empleado y evaluación de la influencia de esta experiencia en el rendimiento académico de los mismos.

3. Desarrollo de la innovación

3.1. Contexto del aprendizaje

La asignatura Análisis de Circuitos es una asignatura obligatoria ubicada en los primeros cursos de los Grados en Ingeniería. El programa de contenidos teóricos va acompañado de un programa de resolución de ejercicios y problemas que permiten al estudiante poner en práctica los conocimientos teóricos. Adicionalmente, las sesiones de laboratorio incorporan un conjunto de prácticas experimentales que abordan el uso adecuado de la instrumentación de laboratorio, así como el montaje y análisis de circuitos eléctricos.

El trabajo experimental de la asignatura se distribuye en tres prácticas de laboratorio que comprenden un total de 8 sesiones de una hora de duración. En la primera práctica se trabaja con circuitos eléctricos con excitación de corriente continua, mientras que las otras dos versan sobre circuitos en régimen permanente sinusoidal. Cada práctica comprende un trabajo previo del estudiante, la actividad realizada en el aula de laboratorio y un trabajo posterior tras la última sesión de la práctica para terminar de cumplimentar las tablas, argumentar los resultados y detalles necesarios. El número de sesiones de cada práctica queda reflejado en la Tabla 1.

Tabla 1. *Contenido y duración de las prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos*

Práctica	Contenidos	Sesiones de laboratorio (1h)
1	Generador de funciones, multímetro. Medidas en corriente continua	3
2	Osciloscopio y medidas en corriente alterna sinusoidal	3
3	Medidas de desfase e impedancia en corriente alterna sinusoidal	2

El trabajo previo de cada práctica consiste en la lectura comprensiva de la práctica experimental en el laboratorio, un análisis teórico y la implementación y ejecución del circuito eléctrico con un software de simulación. Existen múltiples programas informáticos disponibles en el mercado, muchos de ellos con versión gratuita para instalación en local o su uso en plataforma online. En el programa docente de la asignatura proponemos el uso de Multisim Circuit Simulator (www.multisim.com), pero podría utilizarse cualquier otro de características similares. Los resultados de la simulación del circuito eléctrico servirán de guía de autoevaluación del estudiante al compararlos con las medidas y resultados experimentales obtenidos

en el laboratorio. De esta forma el estudiante gana autonomía y seguridad porque puede detectar fácilmente algunos errores sin la supervisión directa del docente.

Las sesiones de laboratorio se realizan por parejas de estudiantes que son constituidas bajo decisión propia de los estudiantes. Durante el curso académico 2022-2023, la asignatura Análisis de Circuitos tuvo 64 estudiantes cursando las prácticas de laboratorio, por lo que se formaron 32 parejas de laboratorio. A su vez se realizaron las prácticas en dos horarios diferentes, de forma que el docente atendió 16 parejas en cada sesión de laboratorio. Un número superior de estudiantes dificulta la dedicación del profesor hacia los alumnos. El curso anterior cursaron el laboratorio 68 estudiantes y en el curso 2023-2024, fueron 62 estudiantes en total.

Las prácticas de laboratorio tienen un alto valor formativo puesto que los estudiantes realizan pequeños proyectos reales con los que pueden afianzar el aprendizaje en las sesiones de teoría y de problemas. Algunas de las competencias que permiten desarrollar las clases de laboratorio son: capacidad de análisis, toma de decisiones, habilidad de trabajo en equipo, mediación en conflictos, organización del trabajo y responsabilidad e iniciativa.

3.2. Planteamiento de los retos de aprendizaje y trabajo colaborativo

El laboratorio de la asignatura Análisis de Circuitos se desarrolla con metodología de ABR, de forma que las prácticas de laboratorio de circuitos eléctricos se presentan a los estudiantes como retos de aprendizaje. Cada práctica ofrece a los estudiantes un enunciado abierto, exponiendo con claridad los objetivos de la actividad, las mediciones a realizar y verificaciones de las correspondientes leyes fundamentales de la teoría de circuitos. Sin embargo, se ofrecen grados de libertad en lo que respecta a la topología de los circuitos y a la definición y características de los componentes eléctricos. Los estudiantes deben planificar el trabajo con tiempo suficiente, decidir la topología y número y atributos de los componentes, realizar un estudio teórico y simularlo con un computador, comparar los resultados de ambos métodos y finalmente adquirir los componentes electrónicos en un comercio, para posteriormente realizar el estudio experimental del circuito, comparando estos resultados con los obtenidos teóricamente y de forma simulada. Uno de los efectos del establecimiento de márgenes de decisión es que los estudiantes se involucran en mayor medida y con mayor antelación que cuando el circuito eléctrico está completamente definido (topología y valores característicos de sus componentes electrónicos). El simple hecho de exponerles el fin sin cerrar el modo de alcanzarlo influye claramente en la predisposición general del estudiantado.

La Figura 1 muestra una propuesta de topología para la tercera práctica de laboratorio. Se trata de un ejemplo relativamente complejo para los estudiantes, donde tensiones eléctricas e intensidades de corrientes son funciones variables en el tiempo. A partir de este ejemplo los estudiantes deben construir sus propias topologías y elegir los valores numéricos para la fuerza electromotriz del generador y los componentes pasivos (resistencias, bobinas y condensadores). Cada grupo de estudiantes tendrá su propia configuración de circuito eléctrico, que no tiene por qué coincidir ni en número ni en el tipo de componentes. Los estudiantes se reservan cierta responsabilidad en la elección de los valores numéricos de los componentes eléctricos, que por un lado deben ser comerciales, puesto que los deben de adquirir como material eléctrico, y por otro lado, debe ser razonable con respecto al valor preestablecido de la resistencia interna del generador, cuyo valor suele ser $R_g = 50$ ohmios. El fin último de cada práctica es la cuantificación de las potencias disipadas en los elementos resistivos del circuito y la potencia puesta en juego por los elementos activos. Una elección inadecuada de los valores numéricos de los componentes pasivos puede ser causa de una diferencia notable entre la energía generada y la energía final entregada al circuito.

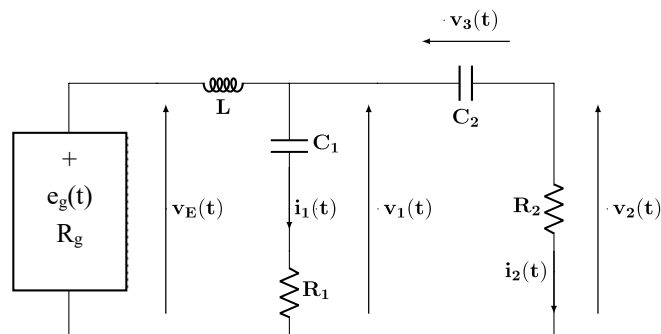


Fig. 1. Ejemplo de topología del circuito eléctrico para la práctica 3 de la asignatura.

4. Resultados

La experiencia de implementación de ABR en el laboratorio de la asignatura de Análisis de Circuitos del Grado de Ingeniería durante el curso académico 2022-2023 se implementó para un total de 64 estudiantes. En el curso 2021-2022 los estudiantes que cursaron el laboratorio fueron 68. En ambos cursos se solicitó la evaluación del estudiantado sobre el laboratorio de circuitos. La Figura 2 muestra la comparación de las respuestas de ambos cursos académicos a la valoración general de un trabajo práctico y experimental en el contexto de la asignatura. La pregunta literal fue: “Valore el grado de contribución que en su opinión ofrece los trabajos y actividades de laboratorio experimental al aprendizaje de la asignatura”. Las respuestas se agrupaban en tres categorías: escasa o poca contribución, regular o una alta contribución. En ambos cursos académicos, una amplia mayoría de los estudiantes valoraron positivamente el trabajo experimental en la asignatura, siendo el 66% de los estudiantes en el curso académico en el que no se aplicó la metodología ABR y un 80% el curso donde se puso en marcha esta metodología. La proporción de estudiantes que consideraron una aportación escasa al aprendizaje no sufrió una alta variación con una u otra experiencia. El cambio de opinión de un año al siguiente se produjo en una mejor valoración entre los estudiantes con respuesta neutra o “contribución regular”. Con la metodología de ABR, el trabajo práctico y experimental estaba mejor valorado como soporte para la comprensión de la asignatura.

La Figura 3 ofrece la opinión de los estudiantes en ambos cursos académicos frente a una cuestión más concreta: “¿Cómo de útil considera las prácticas de laboratorio realizadas durante el cuatrimestre para el aprendizaje de la asignatura?”, con las mismas etiquetas de la pregunta anterior: poco útil, regular o de gran utilidad. El enfoque de esta cuestión es la actividad concreta realizada por el estudiante en el aula de laboratorio, dando cabida al estudiante a disentir sobre las prácticas realizadas pero valorar positivamente la contribución de un trabajo de laboratorio en la asignatura. Se observa que en general la opinión de los estudiantes sobre los guiones de las prácticas mejoró con la implementación de ABR. Mientras en el curso académico 2021-2022, sin la aplicación de la metodología ABR, un 15% de los estudiantes estaban en completo desacuerdo con las prácticas de laboratorio, este porcentaje se redujo al 8% con ABR, coincidiendo por otra parte, con el porcentaje de estudiantes que consideraban que las actividades experimentales ofrecen una escasa contribución al aprendizaje de la materia. Además, en el curso académico 2021-2022, el 44% de los estudiantes se manifestaban afines con las prácticas planteadas por el docente. Este porcentaje se elevó hasta 78% cuando se abordó el laboratorio con ABR. Como contrapartida, la proporción de estudiantes con una opinión más neutra sobre la cuestión planteada mermó de un curso a otro, con 41% en el curso 2021-2022 y 14% en el siguiente.

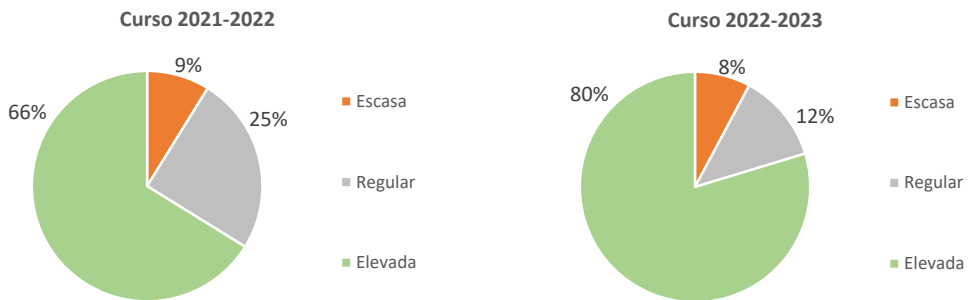


Fig. 2. Opinión de los estudiantes sobre la reflexión: “Grado de contribución de un trabajo experimental en laboratorio para el aprendizaje de la asignatura”. El curso académico 2022-2023 tuvo la implementación de ABR en las prácticas de laboratorio mientras que en el curso académico 2021-2022 no se llevó a cabo.

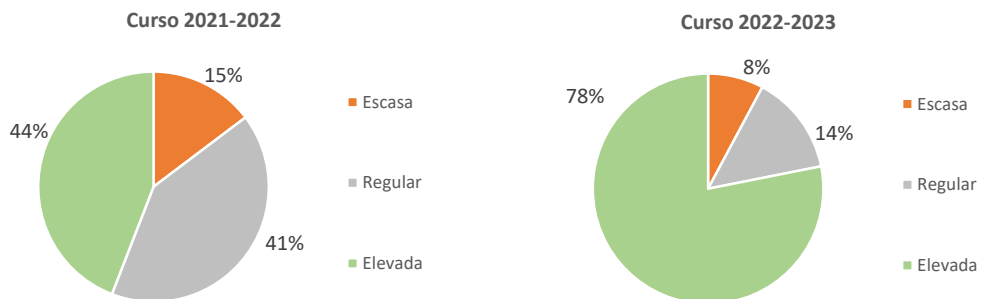


Fig. 3. Opinión de los estudiantes sobre la cuestión: “Utilidad de las prácticas de laboratorio realizadas durante el curso académico para el aprendizaje de la asignatura”. Durante el curso académico 2021-2022 no se llevó a cabo la metodología ABR en las prácticas de laboratorio mientras que en el curso académico 2022-2023 sí tuvo lugar.

En cuanto al rendimiento académico, la calificación final en la asignatura promediada para el curso académico 2021-2022 quedó 0,5 puntos sobre 10 por debajo con respecto al curso siguiente con la aplicación de ABR en el laboratorio.

La experiencia de la aplicación de ABR resultó en general, significativamente positiva tanto para los estudiantes como para el docente. Por una parte este último se reconocía con mayor motivación que en el curso académico 2021-2022, cuando observó baja predisposición e interés de los estudiantes hacia la asignatura y hacia el propio laboratorio, acudiendo a las sesiones de laboratorio sin la preparación adecuada, ni el estudio y simulación con el software Multisim o similar. Sin embargo, en el curso 2022-2023 y desde el momento inicial de la presentación de las actividades de laboratorio se advirtió mejor ánimo y hasta cierto entusiasmo entre el estudiantado por la posibilidad de autoevaluación que albergaba la comparación de los resultados teóricos, simulados y experimentales. No se puede demostrar si la circunstancia y condición del docente provocó el interés y entusiasmo mencionados o viceversa.

A lo largo de las sesiones de laboratorio, los estudiantes se desplazaban en el aula, observando los circuitos de algún otro grupo y comentando con ellos la topología del circuito o alguno de los valores obtenidos. Se advirtió en la clase un trabajo colaborativo entre grupos sin ser incentivado por el profesor. Se observó sin duda aprendizaje activo, así como pensamiento crítico y espíritu científico, dado que a muchos estudiantes

no les bastaba con el estudio de su propio circuito, sino que se interesaban por las configuraciones empleadas por otros compañeros. La Figura 4 muestra dos de los circuitos eléctricos trabajados y presentados por los alumnos. Los estudiantes debían obtener de forma experimental valores muy similares a los simulados aquí expuestos. La obtención y comprobación de forma autónoma de estos resultados contribuye positivamente al aprendizaje y motivación de los alumnos. Los requerimientos a los estudiantes consistieron en verificar el cumplimiento de las leyes de Kirchhoff y los balances de potencias en las tres prácticas, así como la medida de algunos desfases de tensiones o intensidades de corrientes en los circuitos de la última práctica. Los alumnos, en general, se dedicaron con interés y voluntad de realizar un buen trabajo. El desempeño de los estudiantes fue superior al del curso académico anterior, aunque no podemos ratificar completamente que la metodología de ABR es causa única de tal mejora, pudiendo confluír otras circunstancias difíciles de medir (mejor nivel académico, evolución de la clase en esta y otras asignaturas, etc).

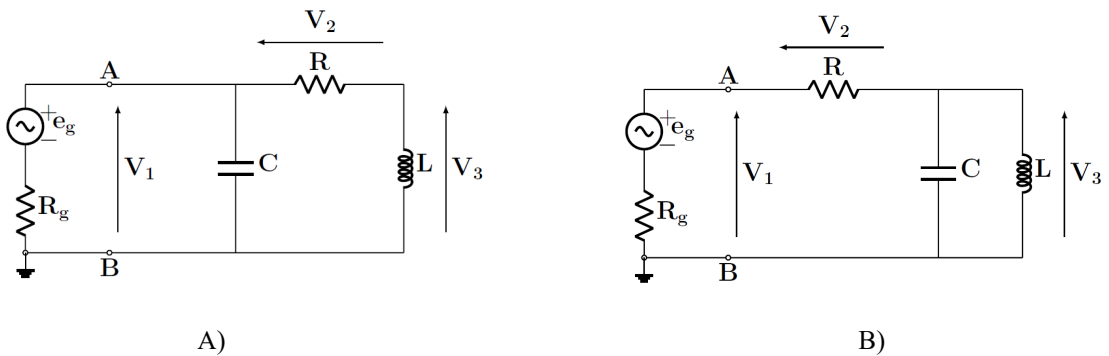


Fig. 4. Algunas de las configuraciones ideadas por los estudiantes para la realización de la práctica 3 de laboratorio

Salvo una minoría de estudiantes, la gran mayoría tuvo un aprovechamiento satisfactorio en las sesiones de laboratorio. El buen rendimiento en el laboratorio influyó en mejores calificaciones en la asignatura completa, donde el trabajo en el laboratorio sin duda contribuye a la comprensión y aprendizaje de los contenidos teóricos de la materia. Además los estudiantes, al alcanzar buenas calificaciones en la parte práctica mostraron mejor disposición en el resto de actividades de la asignatura. Por último, las encuestas de opinión del estudiantado con respecto al curso de la asignatura y hacia la actividad del docente, reflejaron también una evaluación positiva de la metodología trabajada en el laboratorio.

5. Conclusiones

En esta comunicación se ha descrito la experiencia de implementación de Aprendizaje Basado en Retos (ABR) para la mejora de la enseñanza y aprendizaje de la parte práctica de laboratorio de la asignatura Análisis de Circuitos ubicada en los primeros cursos de Grados en Ingeniería en la Universidad de Alcalá durante el curso académico 2022-2023. El trabajo se configuró para la realización de tres prácticas de laboratorio ejecutadas durante ocho sesiones de una hora en laboratorio. Cada pareja de estudiantes creó sus propios circuitos eléctricos desde el inicio, decidiendo cuántos componentes eléctricos básicos utilizar (resistencias, bobinas y condensadores), la conexión entre los mismos y ocupándose de la adquisición de dichos componentes eléctricos. Los estudiantes pudieron trabajar de forma autónoma, cerciorándose de trabajar con datos correctos al poder comparar los resultados obtenidos teóricamente, los generados por

el software de simulación y los resultados experimentales en el laboratorio. Durante las sesiones de laboratorio, los estudiantes se desarrollaron en una atmósfera de aprendizaje activo.

Las actividades de ABR han demostrado ser una metodología apropiada para motivar y fomentar mayor interés en el alumnado, contribuyendo a que estos puedan desarrollar competencias como el aprendizaje autónomo, toma de decisiones, trabajo en equipo, mediación en conflictos, organización del trabajo y del tiempo, capacidad de razonamiento, reflexión, argumentación y comunicación de ideas. Esta experiencia ha ayudado sin duda a que los estudiantes desarrollen responsabilidad personal y grupal, autogestión e iniciativa.

La percepción de los estudiantes hacia las actividades realizadas fue cuantitativamente positiva, pasando de un 44% a un 78% los estudiantes que valoraron como muy útil las prácticas realizadas en el curso. Las encuestas de opinión de carácter más subjetivo revelaron que con la metodología ABR, los estudiantes se sintieron involucrados en su propio aprendizaje y recomendaban a los docentes continuar con esta metodología en cursos siguientes. Como puntos de mejora señalaron asignar un número mayor de sesiones al laboratorio y mayor peso de estas sobre la calificación final de la asignatura. Por otra parte, el rendimiento académico del conjunto de estudiantes mejoró 0.5 puntos sobre 10 en la calificación final de la asignatura con respecto al curso académico anterior. Si bien es cierto que no podemos atribuir la total responsabilidad de este mejor rendimiento académico a la innovación docente que se ha presentado, puesto que se trata de la calificación global de la asignatura y no del laboratorio de la misma. Los resultados de este proyecto servirán como base para futuras aplicaciones del método de ABR en otras asignaturas en otros Grados en Ingeniería y en Ciencias.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al proyecto de innovación docente UAH/EV1447 de la Universidad de Alcalá, implementado por el grupo de innovación docente ABRECI (Aprendizaje Basado en Retos en Ciencias e Ingeniería, UAH-GI21-168).

Referencias

- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. Springer Publishing Company.
- Eraña-Rojas, Irma Elisa, Mildred Vanessa López Cabrera, Elena Ríos Barrientos, and Jorge Membrillo-Hernández. 2019. "A Challenge Based Learning Experience in Forensic Medicine." *Journal of Forensic and Legal Medicine* 68: 101873. doi: 10.1016/j.jflm.2019.101873
- Evain, C., Moore, M., & Hawkrige, S. (2023). Combining virtual exchange with challenge-based learning: the experience of the "Virtual Environmental Challenge". *Journal of Virtual Exchange*, 6, 60-70.
- Félix-Herrán, L. C., A. E. Rendon-Nava, and J. M. Nieto Jalil. 2019. "Challenge-Based Learning: An i-Semester for Experiential Learning in Mechatronics Engineering." *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 13 (4): 1367–1383. doi:10.1007/s12008-01900602-6.
- Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2017). *Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria*.
- Gallagher, S. E., & Savage, T. (2023). Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review. *Teaching in Higher Education*, 28(6), 1135-1157.

- Klamer, D., Suh, B., & Tischkau, S. (2022). Problem-based learning. In *An Introduction to Medical Teaching: The Foundations of Curriculum Design, Delivery, and Assessment* (pp. 115-131). Cham: Springer International Publishing.
- Mora-Salinas, R., C. R. Torres, D. H. Castillo, C. R. R. Gijón, and M. X. Rodríguez-Paz. 2019. "The i-Semester Experience: Undergraduate Challenge Based Learning Within the Automotive Industry." 10th IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2019, Dubai, UAE
- Olivares, S. L. O., Cabrera, M. V. L., & Valdez-García, J. E. (2018). Aprendizaje basado en retos: una experiencia de innovación para enfrentar problemas de salud pública. *Educación Médica*, 19, 230-237.
- Pérez, J., Bracho, A., Cuenca, L. y Henríquez, M. (2021). Aprendizaje Basado en Retos como estrategia enseñanza-aprendizaje de la asignatura resistencia de los materiales. *Revista Dominio de Las Ciencias*, 7 (3), 82-97
- Perusso, A., & Wagenaar, R. (2022). The state of work-based learning development in EU higher education: learnings from the WEXHE project. *Studies in Higher Education*, 47(7), 1423-1439.
- Suwono, H., M. Saefi, and H. Susilo. 2019. "Challenge Based Learning to Improve Scientific Literacy of Undergraduate Biology Students." 6th International Conference for Science Educators and Teachers, ISET 2018, Bangkok, Thailand.
- Valencia, J., Tapia, S. y Olivares, S. (2020). La simulación clínica como estrategia para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de medicina. *Revista Investigación en Educación Médica*, 8 (29), 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2016.08.003>
- Vilalta-Perdomo, E., Membrillo-Hernández, J., Michel-Villarreal, R., Lakshmi, G., Martínez-Acosta, M. *The Emerald Handbook of Challenge Based Learning*. Eds.; Emerald Publishing Limited: Bingley, UK, 2022; pp. 35–68. ISBN 978-1-80117-491-6