



Innovación docente en la Escuela Politécnica Superior de Elche. 14 acciones transformadoras



Coordinación:
Abel R. Navarro Arcas
Concepción Parejo Prados
Mónica Ballesta Galdeano
José M^a Sabater Navarro



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Innovación docente en la Escuela Politécnica Superior de Elche. 14 acciones transformadoras

Coordinación:

Abel R. Navarro Arcas
Concepción Parejo Prados
Mónica Ballesta Galdeano
José M^a Sabater Navarro

Revisores:

Patricia Mazón Canales, Roberto Gutiérrez Mazón, Nuria Campillo Davó,
Francisco Javier Aguilar Valero, Francisco Javier Gimeno Blanes, Antonio
Peñalver Benavent, M^a Ángeles Bustamante Muñoz, Vicente Galiano
Ibarra

ISBN:

978-84-18177-98-9

Fecha de edición:

17/07/2025

Editorial:

Universidad Miguel Hernández de Elche

Maquetación:

Servicio de Innovación y Apoyo Técnico a la
Docencia y a la Investigación UMH

Nota de la editorial:

Los textos de esta publicación y su revisión ortográfica
son responsabilidad de los/as autores/as



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
UNIVERSITAS *Miguel Hernández*

Prólogo

La innovación docente se ha consolidado como un pilar fundamental para afrontar los desafíos de la educación superior en el siglo XXI. En un contexto marcado por la transformación digital, la evolución de las metodologías de enseñanza-aprendizaje y la necesidad de formar profesionales capaces de adaptarse a entornos cambiantes, la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) ha apostado decididamente por impulsar la mejora continua de la docencia a través de programas específicos como el PIEU (Programa de Innovación Educativa Universitaria).

Este libro recoge catorce experiencias de innovación docente desarrolladas entre los años 2020 y 2023 por profesorado de la Escuela Politécnica Superior de Elche (EPSE), en el marco de las convocatorias PIEU promovidas por el Vicerrectorado de Estudios de la UMH. Cada capítulo representa una acción concreta, fruto del compromiso, la creatividad y el trabajo colaborativo de equipos docentes que han querido ir más allá de la enseñanza tradicional para explorar nuevas formas de conectar con el estudiantado, mejorar su aprendizaje y responder a los retos actuales de la educación en ingeniería.

Las propuestas aquí reunidas abarcan una amplia variedad de enfoques y metodologías: desde la inclusión de laboratorios de investigación en la docencia de fotónica, hasta el uso de escape rooms como herramienta de evaluación en asignaturas técnicas; desde la creación de contenidos audiovisuales para orientar al estudiantado en sus trabajos de fin de grado o máster, hasta la simulación de conferencias científicas, el uso de inteligencia artificial, o la implementación de metodologías activas como el aula invertida y los cuadernos Jupyter.

Cada capítulo ofrece una mirada práctica y reflexiva sobre cómo se ha llevado a cabo la innovación, qué objetivos se perseguían, qué resultados se han obtenido y qué aprendizajes pueden extraerse de la experiencia. Este enfoque convierte al libro en una valiosa fuente de inspiración y referencia para el profesorado de la UMH —y de otras instituciones— que desee emprender sus propios proyectos de innovación docente.

Invitamos al lector a sumergirse en estas páginas con una mirada abierta y curiosa, dispuesto a descubrir, adaptar y replicar ideas que ya han demostrado su valor en el aula. Porque innovar en docencia no es solo una opción, sino una responsabilidad compartida para construir una universidad mejor.

ÍNDICE

Capítulo 1.	Inclusión de los laboratorios de investigación en la docencia de fotónica	5
Capítulo 2.	Uso de escape rooms en la evaluación de redes de computadores	11
Capítulo 3.	Escape room lineal aplicado a ingeniería de protocolos.....	26
Capítulo 4.	Promoviendo un enfoque de aprendizaje activo en el aula mientras se fomenta el uso del inglés	34
Capítulo 5.	Creación de contenido audiovisual para difusión de los trámites a seguir para la realización y defensa del TFG/TFM en las titulaciones de la Escuela Politécnica Superior de Elche	45
Capítulo 6.	Simulación de conferencia científica en el ámbito de Ingeniería de Telecomunicación	53
Capítulo 7.	Análisis de la percepción del estudiantado de ingeniería mecánica sobre el uso de la inteligencia artificial para abordar casos en Tecnología Mecánica.....	67
Capítulo 8.	Desarrollo de material didáctico de simulación para estudiar la planificación de trayectorias en robots redundantes	78
Capítulo 9.	Integración de cuadernos Jupyter en la asignatura Teoría de Máquinas con enfoque de aula invertida	93
Capítulo 10.	Refuerzo del aprendizaje competencial y activo en Electrónica con metodología de aula invertida y soporte de herramientas TIC y recursos digitales	102
Capítulo 11.	Creación de herramienta de tareas y ejercicios guiados de autoevaluación continua integrados en el Campus Virtual	114
Capítulo 12.	De la tiza a la Inteligencia Artificial: ChatGPT como catalizador del nuevo paradigma universitario.....	119
Capítulo 13.	Herramienta eficiente de versionado de exámenes para TEORÍA DE CIRCUITOS y otras asignaturas basadas en problemas	130
Capítulo 14.	Adaptación de métodos de aula invertida para un aprendizaje más activo y participativo en la docencia no presencial de Ingeniería de Software.....	143

Capítulo 1. Inclusión de los laboratorios de investigación en la docencia de fotónica

Roque F. Madrigal Madrigal¹, Antonio Fimia Gil¹, Pablo Acebal González¹

1 Ciencia de los Materiales, Óptica y Tecnología Electrónica, Universidad Miguel Hernández de Elche, aclis@umh.es

Resumen

Este proyecto ha tenido como objetivo principal acercar a los estudiantes a los laboratorios de investigación universitaria mediante la creación de un holograma. La realización se dividió en varias etapas: una visita inicial a los laboratorios con explicación de los equipos y las líneas de investigación, una clase teórica introductoria a la holografía, el montaje y registro del holograma, y finalmente, el revelado del holograma.

Palabras clave: Holograma, Laboratorio, Investigación

1.1 Introducción

Las funciones principales de la universidad es la formación del alumnado y la labor investigadora siendo esta desarrollada por el profesorado, doctorandos y personal becado. Esta labor se desarrolla principalmente dentro de los laboratorios de investigación. Debido a esta estructura el alumnado se encuentra separado de la labor investigadora de la universidad, tomando solamente contacto con ella en la última etapa de su formación cuando realiza los trabajos de fin de grado (TFG). En esta etapa uno de los problemas que se encuentran es la elección del tema en que realizar el TFG, esto es debido al desconocimiento de las líneas investigación y de los medios que dispone la universidad; ya que existe una separación del alumnado entre lo estrictamente académico y la parte de investigación, existiendo laboratorios docentes y laboratorios de investigación. Esto generalmente se produce porque las prácticas que se incluyen en los planes de estudios están orientadas a la docencia creándose dos tipos de laboratorios, los docentes y los de investigación con estructuras diferentes. La función de los laboratorios docentes es la realización de prácticas relacionadas con las asignaturas, estos suelen estar diseñado para albergar una cantidad grande de usuarios, los materiales que disponen suelen ser materiales diseñados específicamente para prácticas, mientras que las características de los laboratorios de investigación son completamente distintas, suelen estar diseñados para una cantidad reducida de usuarios, los materiales que cuenta son generalmente materiales sofisticados y específicos, orientados a la investigación y en muchas de la ocasiones dispositivos de última generación.

Dentro de la Universidad Miguel Hernández de Elche se encuentran los proyectos de innovación docente universitaria (PIEU) cuyo propósito es la mejora de la docencia mediante proyectos innovadores dentro del campo de la docencia. Dentro de este programa se encuentra este proyecto cuyo objetivo está orientado a acercar al alumnado a la parte de investigación con el doble objetivo de que conozcan las labores investigadoras que se realizan en la universidad, además de que puedan usar materiales y dispositivos más sofisticados.

Los principales problemas que se tienen que abordar para la realización de este proyecto son principalmente, el desconocimiento por parte del alumnado de los temas que se están investigando, ya que en la mayoría de las veces no están incluidos en los planes de estudio, así como el desconocimiento del uso de los dispositivos usados en estos.

La opción elegida fue la realización del holograma de un objeto dentro de los laboratorios de óptica que se encuentran en el departamento de Ciencia de los Materiales, Óptica y Tecnología Electrónica, esta actividad es bastante atractiva y tiene una parte tanto una parte científico-técnica como una parte lúdica.

1.2 Metodología

Para cumplir con los objetivos del proyecto, este fue dividido en cuatro etapas que cubren todos los aspectos desarrollados anteriormente. Debido al tipo de trabajo que se realiza en los laboratorios de óptica donde normalmente se trabaja en condiciones de poca luz incluso oscuridad, además de ser unos laboratorios orientados a holografía donde la ausencia de vibraciones es un aspecto esencial. Estos no están diseñados para albergar a mucha gente por lo que se hicieron grupos de 3 personas. La elección de tres personas por grupo, además de por motivos de espacio fue para que se pudiera trabajar individualmente. Al alumnado que se le propuso la actividad, fue a los matriculados en la asignatura de fotónica de segundo curso del grado de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicaciones, debido a que el año que se celebró fue el año después de la pandemia del COVID19 y esta actividad tuvo que ser suspendida en convocatorias anteriores quedándose alumnos que estaban interesados sin poder realizarla, se optó por que también la pudieran realizar antiguos alumnos matriculados. La actividad fue completamente optativa sin influir en la nota de la asignatura, si la realizase o no.

La duración de la actividad fue de una sesión de dos horas por grupo, con las siguientes actividades

1.3 Visita a los laboratorios

Esta etapa está diseñada para cumplir varios objetivos, el primero de ellos es que los participantes conozcan las distintas labores investigadoras que se realizan en los laboratorios, para ello se le da una explicación de las distintas líneas de investigación que se realizan, así como los distintos materiales que se usan. En la figura (1a) se muestra los dispositivos del laboratorio. El segundo objetivo es explicarle el uso de los materiales que se van a usar para el grabado del holograma, mostrándoles el montaje óptico, que luego se explicará con mayor detenimiento en la clase teórica. En esta parte los participantes colocan los objetos de los que se les va a hacer el holograma, ya que desde que se colocan hasta que se realiza la grabación necesitan un tiempo de estabilización. En la figura (1b) se aprecia el montaje con un objeto. En la visita a la parte química se realizan los reveladores que posteriormente se van a usar. En la parte de los reveladores por motivos de seguridad toman un rol de observadores mientras el responsable realiza todo el proceso. En la figura (1c) se puede ver las instalaciones.

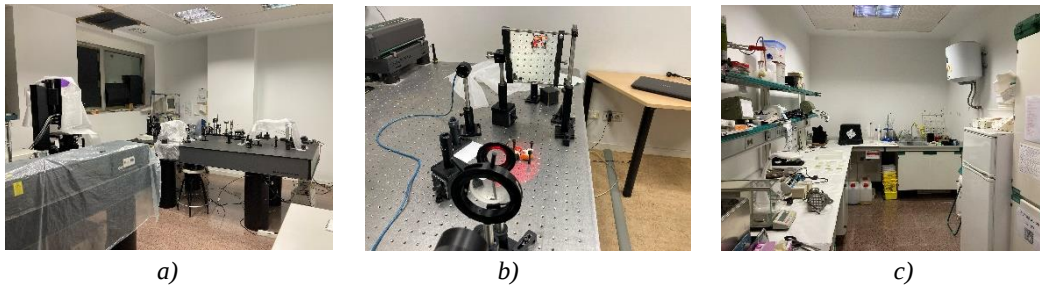


Figura 1. Laboratorios de holografía

1.4 Clase Teórica

Una vez que se ha realizado la visita, se pasa a dar una clase teórica en la parte anexa a los laboratorios. La clase consiste en una introducción a la holografía y los procesos que intervienen en ella. La duración es de aproximadamente 45 minutos. La clase se planteó de forma descriptiva relacionando tanto lo que se ha visto en el laboratorio como los pasos que van a realizar después.

La clase estaba compuesta por los siguientes puntos:

- Introducción a la holografía.
- Aplicaciones de la holografía.
- Tipos de holograma.
- Grabado y procesado de Hologramas.

1.5 Realización del Holograma

En esta fase los participantes toman un papel activo, debido a que son ellos los que realizan el registro del holograma. El holograma que van a registrar es el de un objeto personal que previamente han colocado en la fase de la visita al laboratorio. Debido a que se van a llevar cada uno el holograma que han realizado y al ser de un objeto personal se sienten más motivados.

El montaje que se ha elegido es un Denisyuk [1], este tiene la característica que se puede reproducir con una fuente de luz normal como puede ser la linterna de los teléfonos móviles; esto posibilita que se puedan reproducir fácilmente. En cada sesión se realizan cuatro hologramas de 5x5 cm, tres para los participantes y uno que se queda como muestra o por si alguno no ha salido bien, que no se queden si llevarse el holograma a casa.

Una vez concluida la fase de registro se pasa a la fase de revelado, aquí se usa un proceso de revelado usando AAC y blanqueo con R10 [2]. Se han elegido estos procesos por su sencillez y seguridad. En esta fase debido a que se trabaja en condiciones de muy baja luminosidad, los participantes toman un papel de observación del proceso, dándoles la posibilidad de interactuar en el último paso que simplemente se usa agua.

Cuando todo ha terminado, los hologramas se quedan en el laboratorio secándose y los pueden recoger al día siguiente.

1.6 Encuesta

Para finalizar y tener una evaluación de cómo había sido la experiencia se les paso una encuesta voluntaria con las que evaluaban de 1 a 5 las siguientes cuestiones:

- Valora la explicación inicial.
- Valora el desarrollo de la práctica.
- ¿Has encontrado útil la práctica?
- ¿Te ha servido para adquirir nuevos conocimientos?
- Realiza una valoración global de la práctica.
- ¿Recomendarías la práctica a tus compañeros?

1.7 Resultados

La evaluación de proyecto ha sido muy positiva, despertando gran interés de los 20 participantes.

En la visita mostraron gran curiosidad por las líneas de investigación, manifestando su desconocimiento de las tareas de investigación que se estaban realizando en la universidad. De los dispositivos, les llamo especialmente la atención la mesa antivibratoria y de como esta se quedaba suspendida en el aire además de los precios de los materiales.

En la clase teórica, al desarrollarse en un ambiente informal mostraron gran interés y curiosidad, participando activamente en ella mediante preguntas y curiosidades.

Durante el proceso de grabación del holograma; en el paso de colocación de la placa, al desarrollarse la actividad con baja luminosidad casi en oscuridad; aproximadamente la mitad de los participantes optaron por que la colocase la persona responsable de esa sesión. En el proceso

de exposición todos participaron de forma activa. Durante la etapa de revelado por motivos de seguridad fue el responsable de la sesión de realizarla. Los participantes mostraron gran curiosidad, siendo casi el proceso de revelado una extensión de la clase teórica. Entre todas las sesiones solamente salieron mal dos hologramas debido a las vibraciones; lo que sirvió también para explicarle como se podían medir vibraciones mediante la holografía. En la figura (2) se muestran los hologramas resultantes.

La encuesta fue contestada por todos puntuando 5 en todas las preguntas.

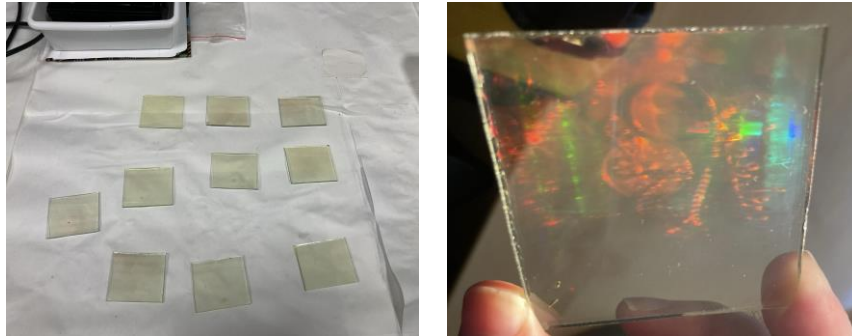


Figura 2. Hologramas resultantes

1.8 Conclusiones

El proyecto cumplió los objetivos para los que fue diseñado. Los participantes mostraron un gran interés como lo demostraron en las distintas etapas y el resultado de las encuestas. Tiempo después las personas que no participaron mostraron interés debido a la información que les transmitieron a sus compañeros.

Agradecimientos

Este proyecto fue posible gracias al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández con financiación y la difusión de los resultados de este proyecto PIEU_B/2021_45.

Referencias

- [1] G. Saxby and S. Zacharovas, *Practical holography*, Fourth edition. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- [2] H. I. Bjelkhagen, *Silver-Halide Recording Materials*, vol. 66. in Springer Series in Optical Sciences, vol. 66. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995.

Capítulo 2. Uso de escape rooms en la evaluación de redes de computadores

Pedro Juan Roig¹, Salvador Alcaraz¹, Katja Gilly¹, Cristina Bernad¹, Eduardo López¹

*1 Departamento de Ingeniería de Computadores, Universidad Miguel Hernández,
proig@umh.es, salcaraz@umh.es, katya@umh.es, cbernad@umh.es, eduardo.l@umh.es*

Resumen

El uso de escape rooms en contextos educativos ha experimentado un gran auge en los últimos tiempos. Múltiples estudios llevados a cabo en distintos niveles educativos y distintas áreas de aplicación han demostrado un aumento en las cifras de rendimiento académico y en la tasa de aprobados. En este artículo se presenta el despliegue de escape rooms educativos con un diseño lineal multinivel, para la evaluación de las unidades didácticas correspondientes a una asignatura sobre el estudio de los conceptos básicos de redes de computadores en el ámbito universitario. Los resultados obtenidos con el uso de escape rooms han sido satisfactorios, mejorando el rendimiento académico de cursos académicos anteriores, así que se plantea extender su uso en futuros cursos académicos.

Palabras clave: aprendizaje activo, escape room, gamificación, innovación educativa.

2.1 Introducción

El aprendizaje activo es un enfoque pedagógico en el cual el proceso de enseñanza-aprendizaje se considera como un procedimiento activo, en el cual el estudiantado toma la responsabilidad de su propia formación, mientras que el profesorado toma el rol de facilitador de dicha formación [1]. Existen diversas técnicas para aplicar el paradigma de aprendizaje activo en el aula, donde en muchas de ellas la gamificación juega un papel primordial [2]. En este sentido, la gamificación aporta factores adicionales que ayudan a lograr que el aprendizaje sea significativo, como son la motivación y el compromiso [3]. Así mismo, la gamificación desarrolla capacidades relacionadas con el trabajo en equipo, la comunicación, la resolución de problemas, los niveles de comprensión y la creatividad [4].

Una de las técnicas de gamificación más populares es el escape room educativo, debido a sus resultados documentados sobre los efectos significativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y a las implicaciones positivas en la motivación [5]. El uso de escape rooms se ha extendido a todos los niveles educativos, es decir, se han implementado desde la educación primaria [6], pasando por la educación secundaria [7], así como el bachillerato [8], y llegando hasta la educación universitaria, tanto a nivel de grado [9], como a nivel de máster [10]. Por otra parte, los escape rooms no sólo tienen por objetivo la adquisición de habilidades relacionadas con las distintas asignaturas impartidas en cada nivel [11], sino también se pueden enfocar a la adquisición de competencias transversales, tales como la gestión emocional y el trabajo en equipo [12], la alfabetización mediática e informacional [13], la resolución de problemas [14], estrategias cooperativas [15], o estimulación del pensamiento crítico [16].

En ese contexto, este artículo presenta la implementación de escape rooms como elemento evaluador en una asignatura sobre conceptos básicos de redes de computadores a nivel universitario. Más concretamente, se ha desarrollado un escape room por grupos para cada una de las unidades didácticas incluidas en dicha asignatura, donde el tiempo consumido para concluirlo ha sido el aspecto determinante para su evaluación. Además, esas calificaciones obtenidas durante los escape rooms han tenido un peso específico dentro del proceso de evaluación continua llevado a cabo en la asignatura.

La organización del resto del artículo es la siguiente: primero, se describe la metodología utilizada, a continuación, se muestran los resultados obtenidos, posteriormente, se expone la discusión sobre dichos resultados, y finalmente, se presentan las conclusiones.

2.2 Metodología

En las siguientes subsecciones se expone la estructura del escape room propuesto y su metodología.

2.2.1 Preámbulo

La asignatura de introducción a las redes de computadores consta de 5 unidades didácticas, de modo que, a la conclusión de cada una de ellas, se reserva una sesión de evaluación. Al inicio de dicha sesión se realiza la evaluación individual de la unidad didáctica, que se lleva a cabo a través de la plataforma LMS (Learning Management System) usada por la universidad, que está basada en Moodle. La evaluación individual consta de 40 preguntas, las cuales son escogidas aleatoriamente de un banco de preguntas con más de mil instancias, de modo que la probabilidad de repetir preguntas entre estudiantes es relativamente baja. Algunas de esas preguntas son de respuesta múltiple con una sola opción válida, otras son de respuesta múltiple con varias opciones válidas, otras son de completar una palabra o expresión dentro de una frase, y otras son de resolver problemas sencillos mediante cálculos básicos. En este último caso, las variables son aleatorias, de modo que los resultados varían en cada instancia, a pesar de que las operaciones a realizar son las mismas. El tiempo para realizar las 40 preguntas es de 30 minutos, de modo que el tiempo es limitado, aunque es posible moverse por el cuestionario para responder o repasar preguntas atrasadas.

A la finalización del examen individual, se realiza el sorteo de los miembros de los distintos grupos que participarán en el escape room, y seguidamente cada grupo realiza la evaluación grupal de la unidad didáctica. En este sentido, durante el resto de la sesión, cada grupo debe moverse por el escape room para lograr llegar al final en el menor tiempo posible, teniendo en cuenta que el primer grupo que consiga finalizarlo obtendrá un 10, el segundo grupo en acabar obtendrá un 9, el tercer grupo en concluir obtendrá un 8, el resto de grupos que consigan terminarlo antes del final de la sesión obtendrán un 7, y los grupos que no lleguen al final obtendrán entre 4 y 6 según su desempeño, mientras que quienes no asistan a la sesión obtendrán un 0, tanto en el examen individual como en el examen grupal.

2.2.2 Estructura del escape room

El escape room diseñado es lineal multinivel, de modo que existen diferentes niveles en el escape room que deben ser recorridos linealmente [17]. Es decir, cada nivel se atraviesa de manera secuencial, por lo que no es posible saltarse ningún nivel hasta llegar al final del escape room.

Por otra parte, cada nivel está formado por el mismo número de casillas, que deben ser recorridas linealmente. Esto es, las casillas dentro de un mismo nivel se atraviesan de manera secuencial, por lo que hay que llegar al final de un nivel para poder iniciar el siguiente nivel. Por lo tanto, en este diseño cada nivel es independiente, lo cual permite localizar las cuestiones de una sección particular de la unidad didáctica objeto de examen a un único nivel, de modo que se pueden crear tantos niveles como secciones en el temario.

La manera de moverse por el escape room es a través de la realización de una serie de exámenes de 10 preguntas cada uno en la misma plataforma donde se realizó el examen individual y con el mismo banco de preguntas. Sin embargo, como el escape room se puede equiparar a una evaluación grupal, todos los miembros del grupo pueden aportar sus conocimientos para responder las preguntas de cada examen, lo cual permite asegurar mejor las respuestas y hacerlo en un menor tiempo. Así mismo, el objetivo es moverse por el escape room lo más rápido posible, y esto se consigue terminando cada examen en el menor tiempo que se pueda, para así poder empezar el siguiente examen cuanto antes.

En la Figura 1 se puede apreciar una instancia de escape room lineal multinivel con 4 niveles, identificados entre el 0 y el 3, donde cada nivel consta de 5 casillas, identificadas entre el 0 y el 4, junto con un subíndice que identifica el nivel al cual pertenece cada casilla. Además, el final del escape room se visualiza con la casilla Fin. Hay que señalar que el número de niveles depende del diseño elegido.

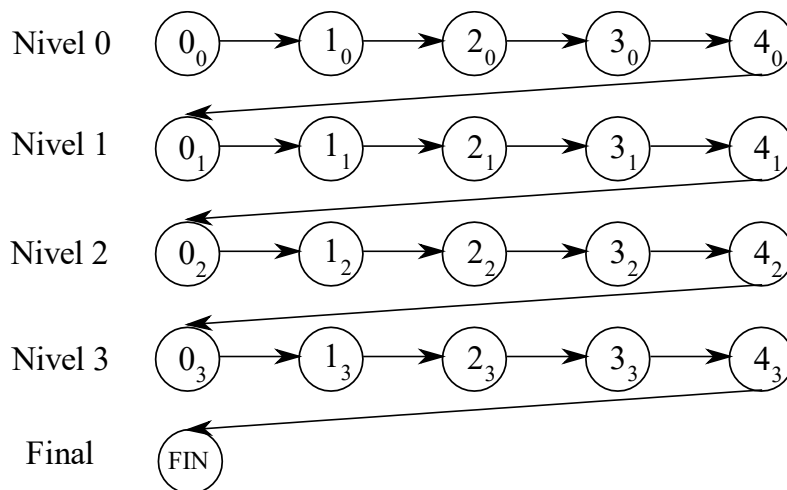


Figura 1. Casillas dentro de un nivel cualquiera (ordenadas secuencialmente de la casilla 0 a la 4).

2.2.3 Movimientos en el escape room

A la finalización de cada examen grupal se visualiza la nota obtenida, la cual está asociada a la magnitud del movimiento a realizar en el escape room. Sin embargo, como cada nivel es

independiente, la máxima magnitud de cualquier salto solamente permitirá llegar a la primera casilla del siguiente nivel, lo cual da por concluido el nivel anterior [18]. Obviamente, el objetivo del escape room es terminar el último nivel, lo cual da lugar al final del escape room, y esto se conseguirá cuando se haya sobrepasado la última casilla dentro del último nivel del escape room.

En la Figura 2 se muestra el diseño de escape room lineal multinivel propuesto, donde las casillas de cada nivel se identifican del 1 al 5, y donde hay 3 niveles, identificados como Fase A, Fase B y Fase C.

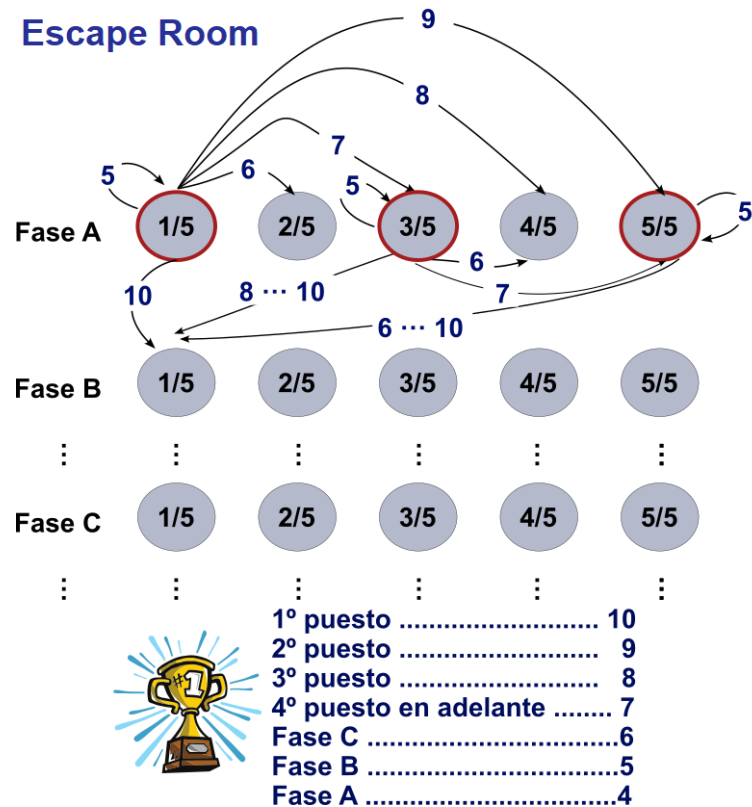


Figura 2. Diseño del escape room lineal multinivel utilizado, así como la evaluación obtenida según el resultado final.

En cuanto al número de casillas por nivel, éste se establece en cinco, de modo que, al inicio de cada nivel, los grupos se sitúan en su primera casilla. La magnitud del movimiento hacia delante a través de las casillas de un determinado nivel se define según la nota obtenida en un examen grupal. Hay que tener en cuenta que cada pregunta solo puede estar bien o mal, de modo que cada pregunta solo puede valer 1 ó 0. Con lo cual, el resultado del examen será un número natural entre el 0 y el 10. En principio, si en el examen grupal se obtiene menos de un 6, el grupo se mantiene en la misma casilla, mientras que, si se obtiene un 6, el movimiento es de una casilla, si se obtiene un 7, el movimiento es de dos casillas, si se obtiene un 8, el movimiento es de tres casillas, si se obtiene un 9, el movimiento es de cuatro casillas, y si se obtiene un 10, el movimiento es de 5 casillas. La Tabla 1 resume estos datos.

Tabla 1. Relación general entre la calificación de un examen grupal y el movimiento en el escape room.

Nota	< 6	6	7	8	9	10
Salto	0	1	2	3	4	5

Por lo que respecta a la evaluación de los grupos participantes en el escape room, ésta se basará en el desempeño llevado a cabo por cada grupo al final de la sesión. Tal como se puede ver en la Figura 2, el grupo que consiga terminar el escape room en primer lugar obtendrá un 10, el segundo grupo en acabar obtendrá un 9, el tercer grupo en concluir obtendrá un 8 y el resto de los grupos que consigan finalizar el escape room obtendrán todos un 7. Por otra parte, la nota de los grupos que no logren concluir dependerá del nivel donde se queden, de modo que si llegan a la Fase C obtendrán un 6, si llegan a la Fase B obtendrán un 5 y si no logran superar la Fase A obtendrán un 4.

2.2.4 Fundamento aritmético del escape room

Los resultados de dicha tabla se pueden obtener analíticamente mediante la expresión (1), donde el número de saltos se calcula mediante un producto donde el primer factor es la división entera entre la nota obtenida y 6, lo cual permite poner a cero las notas menores de 6 y no afectar al resto de notas, mientras que el segundo factor es la resta entre la nota obtenida y 5, lo cual permite obtener el número de saltos esperado para las notas mayores o iguales que 6, ya que es irrelevante en las notas menores.

$$\text{Saltos} = \left\lfloor \frac{\text{Nota}}{6} \right\rfloor \times (\text{Nota} - 5) \quad (1)$$

Sin embargo, hay que tener en cuenta la limitación de que cada nivel es independiente, con lo cual, el exceso de saltos tras pasar al siguiente nivel debe ser descartado. Por lo tanto, hay que aplicar una corrección a los datos obtenidos en la tabla anterior, que son los mismos que se obtienen en la fórmula anterior, para calcular cuál será la posición después del examen (x_1) en función de la posición antes del examen (x_0) y de los saltos definidos por el resultado de ese examen, dado en la expresión (1). Para ello, habría que identificar las casillas de un nivel cualquiera entre la 0 y la 4, de modo que la casilla 0 es la casilla inicial del nivel, mientras que las casillas 1, 2 y 3 son las casillas que la siguen secuencialmente, y la casilla 4 es la última casilla del nivel, tal y como se ve reflejado en la Figura 3.

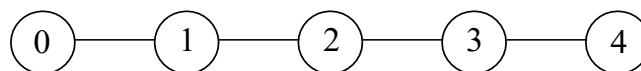


Figura 3. Casillas dentro de un nivel cualquiera (ordenadas secuencialmente de la casilla 0 a la 4).

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la siguiente casilla después de la 4 de un cierto nivel es la casilla 0 del siguiente nivel, entonces la corrección que se debe aplicar no debe sobrepasar la casilla que va después de la 4, que tomaremos como casilla '5'. Por otra parte, en caso de estar en el último nivel, la casilla después de la 4 representaría el final del escape room. En cualquiera de los dos casos, se requiere que el factor de corrección imponga un valor máximo de 5 para la posición final. Por consiguiente, la posición final (x_1) se calculará mediante la suma entre la posición inicial (x_0) y el número de saltos, que se obtiene mediante la expresión (1), menos una corrección. Dicha corrección se puede calcular mediante un producto donde el primer factor es una operación lógica y el segundo factor es una operación aritmética.

En cuanto al factor lógico, se chequea si la suma anterior ha sobrepasado la casilla situada después de la última casilla del nivel actual, o sea, el valor 5. Si la condición lógica es negativa, el factor de corrección se pone a cero y no se aplica a la suma, lo cual no modificará el resultado de dicha suma. Sin embargo, si la condición lógica es positiva, el factor de corrección se pone a uno y sí que se aplica a la suma, de modo que dicho resultado se verá reducido por el factor aritmético. El valor de dicho factor aritmético es el resultado de la corrección, que anula el valor de la suma y fija la constante 5.

Como consecuencia, si el primer factor es cero, entonces la corrección no se aplica a la suma, sin importar el segundo factor, y la suma dictaminará la magnitud del movimiento dentro del mismo nivel. Alternativamente, si el primer factor es uno, entonces la suma se convertirá en un valor constante de 5, y entonces el movimiento llevará hasta la primera casilla del siguiente nivel. En resumen, la expresión (2) representa analíticamente la siguiente casilla (x_1) tras un movimiento de cualquier magnitud, derivado de la obtención de cualquier nota en el examen grupal, donde en este caso sí que se tiene en cuenta cuál es la casilla inicial (x_0), lo cual no se consideraba en la expresión (1) vista anteriormente.

$$x_1 = x_0 + Saltos - \{(x_0 + Saltos) > 5\} \times (x_0 + Saltos - 5) \quad (2)$$

Esta expresión se puede reescribir usando solo términos aritméticos, como se ve en la expresión (3). Aquí se usan dos sumandos mutuamente excluyentes, tal que, si el factor inicial del primer sumando es 0, entonces el factor inicial del segundo sumando es 1, y viceversa. Por tanto, se fija el valor de la posición final a 5 si la suma de la posición inicial y el salto superan ese valor, o alternativamente, se muestra el valor de la suma de la posición inicial y el salto en caso de que no se sobrepase el valor 5.

$$x_1 = \left\lfloor \frac{x_0 + Saltos}{6} \right\rfloor \times 5 + \left(1 - \left\lfloor \frac{x_0 + Saltos}{6} \right\rfloor \right) \times (x_0 + Saltos) \quad (3)$$

Por otra parte, la expresión (4) muestra la ecuación anterior en función de la nota obtenida en un examen particular, en lugar de su número de saltos asociado según lo expuesto en la Tabla 1.

$$x_1 = \left\lfloor \frac{x_0 + \left\lfloor \frac{Nota}{6} \right\rfloor \times (Nota - 5)}{6} \right\rfloor \times 5 + \left(1 - \left\lfloor \frac{x_0 + \left\lfloor \frac{Nota}{6} \right\rfloor \times (Nota - 5)}{6} \right\rfloor \right) \times \left(x_0 + \left\lfloor \frac{Nota}{6} \right\rfloor \times (Nota - 5) \right) \quad (4)$$

2.2.5 Aplicación de estrategias en los escape rooms

La situación ideal para atravesar el escape room de la manera más rápida posible es mediante la obtención de la máxima nota en el primer intento de examen de cada nivel. En ese caso, como la posición inicial es 0, la obtención de un 10 conlleva 5 saltos, de modo que se pasa directamente a la casilla inicial del siguiente nivel en un solo salto. Además, otro hecho a señalar es que en este caso se ha aprovechado toda la magnitud del salto, ya que no se ha aplicado el coeficiente de corrección.

Por otra parte, si la nota obtenida en el primer intento de examen de un nivel determinado está entre 6 y 9, entonces el movimiento obtenido no permitirá concluir ese nivel, con lo cual se deberá realizar un segundo intento de examen. En esta circunstancia, hay que tener en cuenta que en el segundo intento de examen es posible concluir el nivel sin obtener la máxima nota, ya que el movimiento anterior habrá permitido que el número máximo de saltos para acabar un nivel sea menor, lo cual implica que el exceso de magnitud en el salto obtenido será descartado. En otras palabras, si se produce un descarte en la magnitud de un salto es porque se ha obtenido una nota excesiva en ese examen, así que se hubiera podido obtener una nota menor para ese salto. Este hecho abre la puerta al diseño de estrategias durante el escape room, ya que se pueden dejar sin contestar varias preguntas si no se necesita una nota alta, lo cual permite realizar el examen en menos tiempo. En este caso se juega con cierto riesgo, ya que las preguntas respondidas pueden no ser correctas, lo cual reducirá la nota esperada, así que cada grupo deberá valorar si adopta una estrategia más conservadora o arriesgada en cada uno de sus sucesivos intentos de examen, con el objetivo de llegar al final de escape room lo antes posible.

Así mismo, si la nota obtenida en cualquier intento de examen es inferior a 6, entonces no se produce ningún movimiento, de modo que se habrá desaprovechado totalmente ese examen. En ese caso, habrá que realizar un nuevo intento de examen de ese nivel para poder moverse de la posición actual de cierto nivel. Obviamente, si en un nuevo intento de examen no se logra la máxima nota, habrá que seguir realizando más intentos de examen hasta terminar ese nivel.

2.2.6 Temática de los escape rooms

Para el diseño de cada uno de los escape rooms se han tenido en cuenta temáticas diferentes, lo cual ha sido acompañado por un música ambiente de uso libre que suena de fondo y que evoca la temática de cada escape room. Así mismo, se han incluido cuatro niveles en cada escape room con un argumento específico, que sirve como justificación para centrar los exámenes de cada nivel en una sección específica de la unidad didáctica que está siendo objeto de evaluación. Las temáticas y argumentos que se han desplegado en cada una de las cinco unidades didácticas se ven en Tabla 2.

Tabla 2. Temáticas relativas a cada unidad didáctica y sus argumentos correspondientes.

Unidad Didáctica	Temática	Argumento 1	Argumento 2	Argumento 3	Argumento 4
1	Star Wars: una nueva esperanza	La alianza rebelde	Tatooine	Persecución por la galaxia	La estrella de la muerte
2	Apocalipsis zombi en la universidad	Facultad	Administración	Laboratorios	Rectorado
3	El señor de los anillos	La aventura comienza	La comunidad del anillo	Las dos torres	El retorno del rey
4	Historia de la informática	Tiempos antiguos	Siglos XVII-XIX	Siglo XX	Siglo XXI
5	Las películas de mi vida	Década de los 80s	Década de los 90s	Década de los 2000s	Décadas de los 10s y los 20s

2.3 Resultados y Discusión

En la primera subsección se exponen los resultados y en la segunda subsección se presenta la discusión de dichos resultados.

2.3.1 Resultados

Los resultados académicos obtenidos tras la incorporación de los escape rooms han sido muy satisfactorios, tal y como se puede apreciar en las gráficas mostradas en la Figura 4. Para la obtención de dichas gráficas, se han ordenado de manera ascendente las notas finales del estudiantado en la asignatura de introducción a las redes de computadores durante los dos cursos académicos anteriores a la implementación de los escape rooms (2021 y 2022) y el curso académico donde se implantó (2023). Comparando las tres gráficas, se puede apreciar un claro incremento en las notas finales del curso donde se desplegaron los escape rooms en comparación con los cursos anteriores.

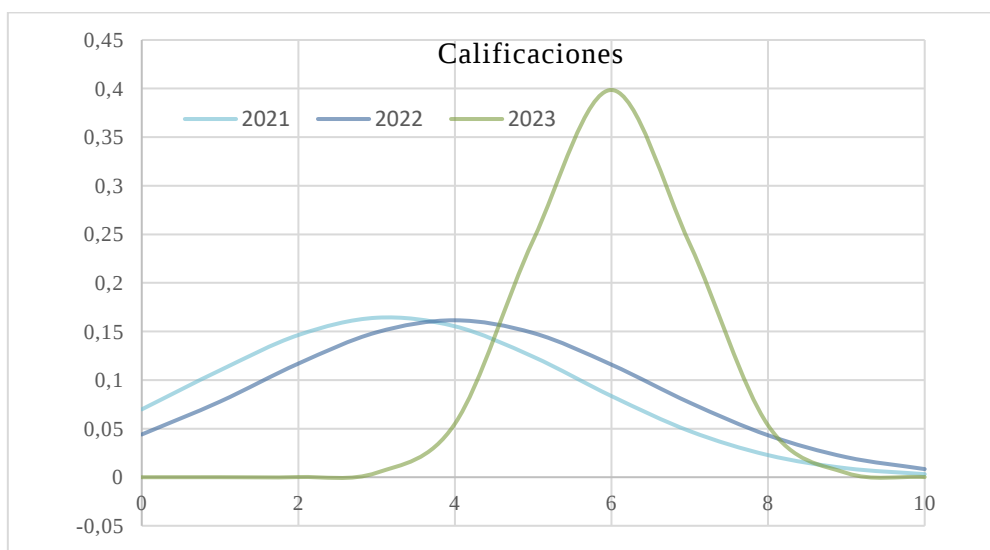


Figura 4. Notas finales en la asignatura en el curso donde se implementaron los escape room y los dos cursos anteriores.

Por otra parte, en la elaboración de las gráficas de la Figura 5 se han tenido en cuenta las notas finales obtenidas por el estudiantado durante los cursos académicos entre los años 2013 y 2023, donde en cada curso se han considerado el número total de matriculados (representados por la variable M), el de presentados (representados por la letra P) y los aprobados (representados por la letra A). Con esos datos, se ha calculado para cada curso la tasa de presentados entre matriculados (ratio P/M), la tasa de aprobados sobre matriculados (ratio A/M) y la tasa de aprobados sobre presentados (ratio A/P).

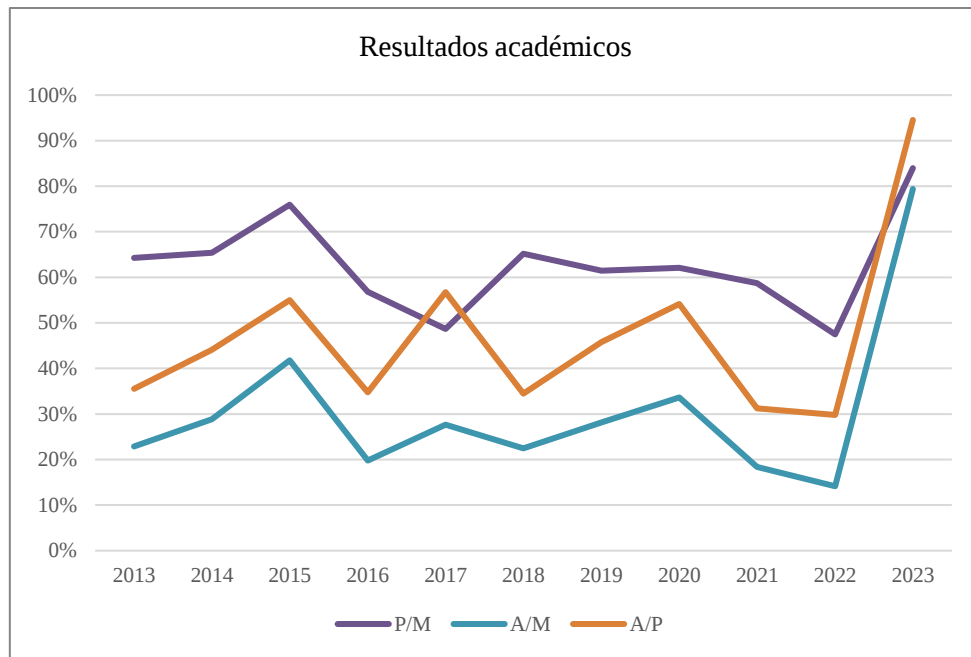


Figura 5. Comparación de las ratios entre matriculados, presentados y aprobados durante los últimos 11 cursos.

Al igual que en la figura anterior, comparando las tres gráficas, se puede apreciar un aumento en las tasas del curso donde se desplegaron los escape rooms en comparación con los cursos anteriores.

2.3.2 Discusión

Ambas figuras demuestran una clara mejoría de los resultados en el año de la implementación de los escape room con respecto a los años anteriores. Por lo tanto, se puede considerar que el despliegue de los escape room como elementos de evaluación para la asignatura en cuestión ha supuesto una mejora significativa en los resultados académicos.

En la primera imagen se representan las calificaciones absolutas logradas por el estudiantado en 3 años distintos, cuyas gráficas se podrían asemejar a campanas de Gauss. Si comparamos esas gráficas, obtenidas mediante la distribución de las calificaciones ascendentemente en cada uno de los cursos considerados, se puede apreciar claramente que hay diferencias significativas.

Por una parte, las gráficas correspondientes a los años 2021 y 2022 son muy similares en cuanto al valor de su punto más alto, que representa la media de las distribuciones, así como a la amplitud de dicho punto y a la anchura de las gráficas respecto a dicho punto, que representa la desviación típica de las distribuciones. Estos datos permiten inferir que el desempeño del estudiantado en ambos cursos fue similar a la vista de ambas gráficas, lo que conlleva valores similares para los estadísticos de centralización y dispersión en ambos casos.

Por otra parte, la gráfica correspondiente al año 2023 muestra que el punto más alto está significativamente desplazado hacia la derecha, mientras que la amplitud de dicho punto es considerablemente mayor y la anchura de la gráfica respecto a ese punto es menor. Estos datos permiten apreciar que los valores estadísticos de centralización han aumentado respecto a los cursos anteriores, lo que implica que han subido las calificaciones obtenidas. Así mismo, los valores estadísticos de dispersión se han reducido respecto a los cursos anteriores, lo cual indica que las notas obtenidas están más próximas a la media. Por lo tanto, se infiere que la introducción de los escape room ha propiciado un aumento en el rendimiento académico y en la tasa de aprobados.

En la segunda imagen se representan distintas ratios, que se podrían considerar como calificaciones relativas obtenidas por el estudiantado durante los últimos 11 años. Para cada uno de estos años, los valores usados para calcular estas ratios han sido el número de estudiantes matriculados en la asignatura (M), el número de estudiantes presentados a la evaluación (P) y el número de estudiantes aprobados (A). Con estos valores se han calculado las ratios P/M , A/M y A/P correspondientes a cada año, los cuales se han representado en sendos gráficos de líneas.

Por una parte, los valores de las 3 tasas anuales en el rango de años entre 2013 y 2022 muestran valores que siguen cierta coherencia. En prácticamente todos los casos, la tasa de presentados respecto a matriculados (P/M) está situada en la parte más alta, mientras que la tasa de aprobados respecto a presentados (A/P) está situada en la parte intermedia, y la tasa de aprobados respecto a matriculados (A/M) está en la parte más baja. Los porcentajes en cada caso oscilan de año en año, aunque oscilan en torno a un 60% para la ratio P/M , en torno a un 40% para el ratio A/P y en torno a un 25% para el ratio A/M .

Por otra parte, las tasas correspondientes al año 2023 han experimentado un aumento significativo respecto a años anteriores, ya que las ratios P/M y A/M se sitúan sobre un 80%, mientras que el ratio A/P se sitúa sobre un 90%. Este cambio en cuanto a las tendencias de los últimos años se debe atribuir a la implementación de los escape room, ya que su uso ha contribuido a aumentar el interés por la asignatura, ya que se ha apreciado que el estudiantado ha trabajado el temario de manera más exhaustiva de cara a obtener un mejor rendimiento en los escape room. Por lo tanto, la introducción de los escape room ha repercutido en la mejora del rendimiento general del estudiantado en la asignatura.

2.4 Conclusiones

En este artículo se presenta la estructura de un escape room lineal multinivel, donde es necesario concluir un nivel antes de pasar al siguiente. Dicho diseño permite dedicar cada nivel a un

segmento específico del temario, de modo que en cada nivel del escape room se presentan preguntas sobre una sección específica de dicha unidad didáctica. Con este formato, se han planteado exámenes grupales en cada unidad didáctica, donde se van respondiendo una serie de cuestionarios y la nota obtenida en cada uno es la que dictamina la magnitud de los movimientos a lo largo del escape room.

El objetivo del escape room es concluir el último nivel de la manera más rápida posible, ya que el primer grupo en hacerlo obtiene la máxima calificación. El resto de los grupos irá obteniendo su calificación según el orden de finalización, o, por otra parte, según en el nivel en el cual estén situados al final de la sesión. El diseño planteado es proclive al uso de estrategias durante el escape room, ya que intentar obtener siempre las notas más altas en todos los exámenes puede no ser la opción más rápida de terminar un cierto nivel, teniendo en cuenta que sólo se puede pasar de nivel tras haber concluido el nivel anterior.

En cuanto a los resultados obtenidos, las calificaciones logradas tras la implementación de los escape rooms han mejorado significativamente los resultados académicos. Adicionalmente, con el despliegue de los escape rooms se ha apreciado un aumento considerable en las tasas de estudiantado presentado sobre el estudiantado matriculado, estudiantado aprobado sobre el estudiantado matriculado, y estudiantado aprobado sobre el estudiantado presentado, lo cual indica el incremento del interés del estudiantado en la asignatura.

Agradecimientos

Se agradece al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto llamado ‘Gamificación para Docencia en Redes de Computadores (MONDEO)’ (Código de subvención: PIEU_B/2022_19).

Referencias

- [1] E. Moral-Pajares, R. Barreda-Tarazona, L. Gallego-Valero, C. Pedrosa-Ortega y C. Martínez-Alcalá, "Aprendizaje activo y TIC en la enseñanza de Economía en la universidad", *Revista de Estudios Empresariales, Segunda Época*, no. 1, pp. 39-53, 2024. doi:10.17561/ree.n1.2024.8245
- [2] C. C. Arias-Paucar y P. B. Aguilar-Salazar, "La gamificación como estrategia innovadora para estimular el aprendizaje activo en los estudiantes de la institución Matilde Hidalgo de Procel", *La Interdisciplina aplicada en contextos educativos*, vol. 3, no. 2, pp. 179-198, 2023. doi:10.5281/zenodo.7699950

- [3] J. Monroy, L. Currea y C. E. Carrillo-Cruz, "El Papel de la Gamificación en el Compromiso y la Motivación en el Aprendizaje del Inglés", *Estudios y Perspectivas. Revista Científica y Académica*, vol. 4, no. 2, pp. 01-15, 2024. doi:10.61384/r.c.a.v4i2.188
- [4] D. F. Ulloa-Arias y W. Carcausto-Calla, "Efecto de la gamificación en el aprendizaje activo: Revisión sistemática", *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, vol. 8, no. 33, pp. 931-944, 2024. doi:10.33996/revistahorizontes.v8i33.774
- [5] C. B. Ramírez-Quesada y P. de Jesús-Villa, "Revisión sistemática de la eficacia del escape room educativo como metodología universitaria para incrementar la motivación y el aprendizaje", *Educa. Revista Internacional para la Calidad Educativa*, vol. 4, no. 1, pp. 160-189, 2023. doi:10.55040/educa.v4i1.76
- [6] I. Moreno-Lozano, A. Quílez-Robres y J. M. Matesanz, "El escape room en el ámbito educativo: análisis de una práctica de aula en Matemáticas", *Revista Educación*, vol. 47, no. 2, pp. 01-22, 2023. doi:10.15517/revedu.v47i2.51661
- [7] L. Tajuelo y G. Pinto-Cañón, "Un ejemplo de actividad de escape room sobre física y química en educación secundaria", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 18, no. 2, art. no. 2205, 2021. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2205
- [8] J. Guerrero-Calderón, M. T. Tascón-Fernández y O. Fernández-González, "Implementación de un escape room educativo para la enseñanza de sostenibilidad ambiental en Economía de Bachillerato", *European Public & Social Innovation Review*, vol. 9, pp. 01-21, 2024. doi:10.31637/epsir-2024-303
- [9] E. Pérez-Vázquez, A. Gilabert-Cerdá y A. Lledó-Carreres, "Gamificación en la educación universitaria: El uso del escape room como estrategia de aprendizaje", En: *Investigación e innovación en la Enseñanza Superior. Nuevos contextos, nuevas ideas* (R. Roig-Vila ed.), pp. 660-668, Barcelona (Spain): Octaedro, 2019. ISBN 978-84-17667-23-8. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10045/98964>
- [10] I. López-Secanell y E. Ortega-Torres, "'Escape room' educativa: Concepción de los futuros maestros de Educación Secundaria en especialidad de Educación Física y Tecnología sobre la experiencia de diseñar y participar en una escape room educativa", *Didacticae*, vol. 8, pp. 176-192, 2018. doi:10.1344/did.2020.8.176-192
- [11] S. Eusebio-Hermira, "El Escape Game para mejorar las competencias y habilidades de los futuros docentes de Educación Primaria. Una experiencia didáctica", *Didacticae*, no. 15, pp. 01-23, 2024. doi:10.1344/did.43434

- [12] A. Salvador-Gómez, A. B. Escrig-Tena, I. Beltrán-Martín y B. García-Juan, "El escape room virtual: herramienta docente universitaria para el desarrollo de competencias transversales y para la retención del conocimiento", *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, no. 21, pp. 07–48, 2022. doi:10.51302/tce.2022.664
- [13] N. Lozano-Monterrubio, R. Cuartielles, N. Carrillo-Pérez y M. Montagut, "Escape rooms como metodología educativa para combatir la desinformación en alumnos de primaria y secundaria: el caso de Learn to Escape", *Revista Latina de Comunicación Social*, no. 82, pp. 01-21, 2024. doi:10.4185/rlcs-2024-2243
- [14] P. A. García-Tudela, V. González-Calatayud y J. L. Serrano-Sánchez, "La habitación de escape como estrategia en la resolución de problemas", *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, vol. 18, no. 2, pp. 97-114, 2020. doi:10.4995/redu.2020.13573
- [15] A. Manzano-León y P. J. Arriano-Tadeu, "Escape rooms educativos: una experiencia en una universidad portuguesa", *Revista INFAD De Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology*, vol. 1, no. 1, pp. 281-288, 2022. doi:10.17060/ijodaep.2022.n1.v1.2374
- [16] H. A. Moncayo-Bermúdez y Y. Prieto-López, "El uso de metodologías de aprendizaje activo para fomentar el desarrollo del pensamiento visible en los estudiantes de bachillerato de U.E.F. Víctor Naranjo Fiallo", *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 7, no. 1-1, pp. 43-57, 2022. doi:10.33386/593dp.2022.1-1.980
- [17] S. Nicholson, "Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities", *White Paper*, 2015. Retrieved from <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf> (last accessed on 15 October 2024)
- [18] P. J. Roig, S. Alcaraz, K. Gilly, C. Bernad y C. Juiz, "Using Escape Rooms as Evaluation Tool in Active Learning Contexts", *Education Sciences*, vol. 13, no. 6, art. no. 0535, 2023. doi:10.3390/educsci13060535

Capítulo 3. Escape room lineal aplicado a ingeniería de protocolos.

Pedro Juan Roig¹, Salvador Alcaraz¹, Katja Gilly¹, Cristina Bernad¹, Eduardo López¹

*1 Departamento de Ingeniería de Computadores, Universidad Miguel Hernández,
proig@umh.es, salcaraz@umh.es, katya@umh.es, cbernad@umh.es, eduardo.l@umh.es*

Resumen

En este artículo se presenta la aplicación de un escape room lineal de cara a obtener una puntuación extra en la evaluación final de una asignatura dedicada a ingeniería de protocolos. La participación en el escape room se ha llevado a cabo mediante grupos de dos estudiantes, donde los miembros de los grupos que lograran terminar en menos tiempo obtendrían un mayor incremento en sus calificaciones. Cada grupo debía resolver una serie secuencial de diez retos basados en el temario de la asignatura, donde el último reto consistía en un meta-reto, de modo que era un reto con un nivel de dificultad algo mayor que el resto. No todos los grupos lograron completar el escape room, aunque los componentes del equipo ganador lograron un incremento sobre su nota final en la asignatura de medio punto.

Palabras clave: aprendizaje activo, escape room, gamificación, innovación educativa.

3.1 Introducción

El paradigma de aprendizaje activo se puede considerar como un enfoque de construcción de conocimiento centrado en el estudiante que se basa en actividades y estrategias que fomentan el pensamiento de orden superior [1]. Por lo tanto, las estrategias de aprendizaje activo permiten que el profesorado y el estudiantado puedan interactuar de un modo más fluido que con el aprendizaje tradicional, cuyo objetivo es lograr que el estudiantado esté más interesado en la materia impartida [2]. Ante lo cual, uno de los beneficios esperados es el incremento del compromiso y la motivación por parte del estudiantado, lo que se espera que repercuta positivamente en su rendimiento académico [3].

El aprendizaje activo forma parte de los métodos educativos transaccionales, donde el aprendizaje transaccional se define como progresivo y experiencial, y dentro del cual se engloban los aprendizajes basados en cierta característica, como, por ejemplo, en problemas, en proyectos, en equipos, o en juegos [4]. Así mismo, el aprendizaje transaccional se sitúa en una posición intermedia entre el aprendizaje transmisivo y el aprendizaje transformativo [5]. Por una parte, los métodos educativos transmisivos se asocian a la educación tradicional, representada por la instrucción directa del docente mediante lecciones magistrales, mientras que, por otra parte, los métodos educativos transformativos se asocian a la educación holística, representada por una educación integral donde se tienen en cuenta todos los aspectos relacionados con la filosofía, la psicología y la pedagogía [6].

La promoción del aprendizaje activo se suele realizar mediante la implementación de técnicas de gamificación para mejorar los resultados en términos competenciales, tanto generales como específicos y transversales [7]. Así mismo, el término aprendizaje activo implica la interactividad del alumnado, es decir, el punto clave está en la colaboración y la exploración, de modo que se busca que el estudiantado se involucre personalmente con el material, a la vez que participa en la clase tanto con el profesorado como con sus pares [8]. Cuando se habla de gamificación en este contexto, se refiere al uso de elementos y principios de diseño de juegos para ser usados en contextos que no son de juego, de modo que se usa la teoría y mecánica de juegos para involucrar y motivar al alumnado para intentar transformar actividades rutinarias y poco atractivas en actividades dinámicas y motivantes [9].

Los resultados de la gamificación en el aula indican que se favorecen las interacciones de grupo, al mismo tiempo que se aumenta la participación del estudiantado, y a la vez que se permite atender a las necesidades educativas de la materia [10]. Centrándonos en ambientes universitarios, la gamificación como herramienta docente favorece el asentamiento e interiorización de los

conceptos impartidos, de modo que se propicia que el alumnado integre y relacione contenidos de modo atractivo, logrando aumentar el grado de atención y de consolidación de conocimientos [11].

Una de las estrategias de gamificación en el aula consiste en aplicar técnicas de escape room, de modo que se requiere un trabajo en grupo, comunicación, colaboración, pensamiento crítico y resolución de problemas. Hay que señalar que su uso en educación superior está en auge porque atrapa al alumnado a través del planteamiento de problemas y retos que deben ser resueltos en un tiempo limitado [12]. En este sentido, en este artículo se plantea el uso de un escape room como un elemento evaluador adicional para una asignatura universitaria dedicada a conceptos básicos de ingeniería de protocolos.

3.2 Metodología

La asignatura ‘Ingeniería de Protocolos’ es optativa y se imparte en el segundo semestre del tercer curso del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. El objetivo de esta asignatura es facilitar la adquisición de las habilidades necesarias para el planteamiento, diseño, desarrollo y validación de protocolos de comunicaciones. Para la consecución de dicho objetivo se utilizan modelos matemáticos junto con herramientas de validación que permiten el diseño de protocolos de comunicaciones con garantía de éxito y libres de errores que puedan provocar algún tipo de anomalía en su funcionamiento. El enfoque de la asignatura es eminentemente práctico, de modo que a lo largo del curso se plantean una serie de actividades prácticas que deben ser entregadas en tiempo y forma.

En este contexto, se ha planteado una actividad a modo de escape room educacional sobre cuestiones relacionadas con el temario teórico y los laboratorios prácticos propuestos durante el curso respecto al lenguaje de modelado PROMELA [13]. Dicho lenguaje no se centra en aspectos computacionales, como sucede con los principales lenguajes de programación, sino que lo hace en aspectos de coordinación y sincronización asociados a los sistemas concurrentes, de modo que contiene una serie de características específicas que facilitan la construcción de modelos de alto nivel de sistemas distribuidos. Por lo tanto, se puede decir que PROMELA se usa para construir modelos de verificación.

El escape room se planteó como una actividad por equipos, y como se dio la circunstancia de que había 8 estudiantes matriculados, dicho escape room se planteó en grupos de 2, de modo que la competición se desarrolló entre 4 equipos compuestos por 2 estudiantes cada uno elegidos al azar. Este formato se podría considerar como un examen grupal sobre conceptos teórico-prácticos de PROMELA, donde cada grupo debía resolver en el menor tiempo posible cada uno de los retos

planteados, de modo que, a menor tiempo invertido, mayor sería la nota obtenida. Concretamente, el equipo que finalizara antes la actividad obtendría 0,5 puntos, mientras que el segundo equipo en terminar obtendría 0,25 puntos. Así mismo, el tercer equipo obtendría 0,10 puntos, mientras que el cuarto equipo no obtendría ningún punto extra por haber quedado en última posición en la competición, lo cual también se aplicaría a los equipos que no lograran terminar el escape room dentro del tiempo establecido en la sesión de clase.

La estructura del escape room planteado fue lineal, donde había una serie de retos que debían ser resueltos de manera secuencial hasta llegar al final [14]. Los retos planteados estaban relacionados con las prácticas propuestas, aunque era necesario tener claros los conceptos teóricos expuestos en clase, ya que muchos de los retos propuestos eran variaciones de dichas prácticas. El número de retos propuestos fue 10 y el tiempo establecido fue de una hora y media (90 minutos), de modo que en promedio los grupos tenían 9 minutos para cada reto. Así mismo, se preparó una colección de retos cuyo orden fue repartido aleatoriamente entre los distintos grupos, donde había retos más sencillos que requerían un menor tiempo de resolución, mientras que había otros más complejos que necesitaban más tiempo. Finalmente, todos tenían que resolver un meta-reto, cuyo nivel de dificultad era algo mayor.

La operativa del escape room para cada grupo fue la siguiente: inicialmente, el profesorado presentaba el enunciado del primer reto a cada grupo al inicio de la sesión. Entonces, cada grupo se ponía a trabajar para resolver dicho reto, y para ello debían diseñar el código PROMELA correspondiente, mientras que seguidamente debían comprobar el comportamiento correcto de dicho código mediante una herramienta de código abierto para la verificación de código PROMELA llamada SPIN [15]. Una vez que habían comprobado que el código diseñado se comportaba de la forma esperada, entonces se avisaba al profesorado para certificarlo, y en ese caso, se hacía entrega al grupo correspondiente del siguiente reto. De este modo, cada grupo iba avanzando a través de los retos propuestos hasta llegar al décimo y último reto, también llamado meta-reto, ya que no solamente era el último paso para terminar el escape room, sino que también era un reto con un nivel de dificultad algo superior al resto. Eventualmente, la consecución del meta-reto por parte de un grupo implicaba el final del escape room para dicho grupo, de modo que a los miembros de dicho grupo se les asignaba un incremento en sus notas finales de acuerdo con la posición en la cual había logrado finalizar el escape room.

En la Figura 1 se muestra el esquema del escape room lineal planteado, donde el objetivo es recorrer de manera secuencial cada uno de los 10 retos propuestos para así lograr desplazarse desde la casilla inicial hasta la casilla final. Se puede observar que el último reto se expone con un icono distinto al resto de retos para mostrar que se trata de un meta-reto, donde su grado de dificultad es algo mayor.

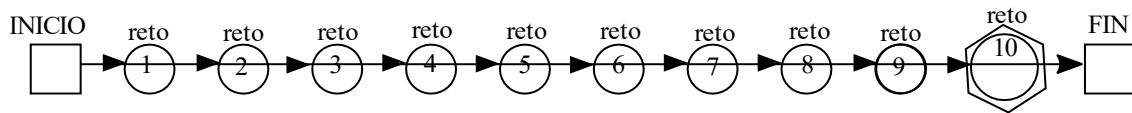


Figura 1. Esquema del escape room lineal propuesto con sus 10 retos, donde el último es un meta-reto.

3.3 Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos por los 4 grupos participantes en el escape room se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados logrados por cada grupo en el escape room.

Grupo	Tiempo invertido en finalizar el escape room	Posición en la cual se finalizó el escape room	Incremento logrado en la nota final
A	80 minutos	1	+ 1/2 punto
B	88 minutos	2	+ 1/4 punto
C	-	-	-
D	-	-	-

En cuanto a la discusión de estos resultados, se puede apreciar que el grupo que logró terminar el escape room en primera posición tardó 1 hora y 20 minutos. Teniendo en cuenta que el tiempo total era 1 hora y media, eso implica que dicho grupo terminó todos los retos solamente 10 minutos antes del final. Por otra parte, el grupo que consiguió concluir el escape room en segunda posición tardó 1 hora y 28 minutos, lo cual implica que solamente les sobraron 2 minutos antes de la finalización. Adicionalmente, ninguno de los otros dos grupos pudo completar todo el escape room durante el tiempo establecido. Estos resultados indican que el tiempo establecido para concluir todos los retos era muy ajustado, lo cual imposibilitó la finalización de la mitad de los grupos, mientras que el resto completó el escape room en el tramo final de la sesión.

En este sentido, se pueden extraer varias conclusiones respecto a los resultados de cara a futuras ediciones del escape room para que un mayor número de grupos pueda finalizar el recorrido por todos los retos propuestos. En primer lugar, se podría extender el tiempo establecido para realizar el escape room, por ejemplo, a 1 hora y 3 cuartos, o incluso a 2 horas. En segundo lugar, se podría reducir el número de retos incluidos. En tercer lugar, se podría disminuir la dificultad de los retos ‘regulares’, es decir, los retos identificados del 1 al 9. En cuarto lugar, se podría menguar la dificultad del meta-reto final, es decir, el reto número 10. Estas cuatro ideas proporcionarían un

enfoque que otorgaría una mayor facilidad para completar el escape room, lo cual redundaría en que más grupos llegarían al final.

Por otra parte, un enfoque alternativo podría ser el aumento del premio para el equipo ganador, como, por ejemplo, incrementar en +1 punto extra la nota final para el grupo que termine antes el escape room. De este modo, el estudiantado posiblemente estaría más motivado a la hora de prepararse para la competición. Así mismo, se podrían aumentar los incrementos en la nota final para el segundo y el tercer equipo que logre terminar, a los cuales se les podrían asignar +0,50 y +0,25, respectivamente. Sin embargo, otro enfoque adicional podría ser la repetición de las mismas condiciones en el próximo escape rooms para futuras ediciones de cara a comprobar si los resultados obtenidos han sido por falta de preparación del estudiantado por desconocimiento de la actividad al tratarse de la primera edición. De cara a próximas ediciones del escape room se decidirá tomar uno de los enfoques propuestos.

3.4 Conclusiones

En este artículo se presenta un escape room lineal aplicado a una asignatura sobre ingeniería de protocolos. Dicho escape room está compuesto por una serie de 10 retos que deben ser resueltos de forma secuencial, de modo que no se puede pasar al siguiente reto hasta que el reto anterior no ha sido resuelto convenientemente. Todos los retos se han basado en la obtención de diseños simples de código en lenguaje de modelado PROMELA en base a ciertas especificaciones predefinidas en cada reto. Hay que señalar que dicho lenguaje permite modelar el comportamiento de sistemas distribuidos, mientras que los fragmentos de código diseñados se pueden verificar en un intérprete llamado SPIN.

En los distintos retos del escape room, cada grupo debía diseñar su propia pieza de código PROMELA, cuyo comportamiento debía comprobar posteriormente con SPIN, y en caso de que el comportamiento fuese el esperado, entonces se debía llamar al profesorado para que lo verificara, y así de este modo se pudiera pasar al siguiente reto. Adicionalmente, el último reto antes de concluir el escape room consistía en un metarreto, que se define como un reto con un nivel de dificultad algo mayor que el resto.

La competición se ha organizado en grupos de 2 participantes, que han sido elegidos aleatoriamente entre el estudiantado de la asignatura, mientras que el tiempo establecido para completar todos los retos ha sido de 90 minutos. En cuanto al desarrollo del escape room, 4 grupos han tomado parte en la competición, de los cuales solamente han podido concluir la mitad en el tiempo establecido. Por lo tanto, los componentes del primer grupo en completar el escape room han obtenido un incremento de +0,50 en sus notas finales de la asignatura, mientras que los

miembros del segundo grupo en terminar han logrado un incremento de +0,25 en sus notas finales de la asignatura.

Agradecimientos

Se agradece al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto llamado ‘Gamificación en INGENiería de pRotocolos (GINGER)’ (Código de subvención: PIEU_B/2022_61).

Referencias

- [1] P. Doolittle, K. Wojdak, A. Walters, “Defining Active Learning: A Restricted Systematic Review”, *Teaching & Learning Inquiry*, vol. 11, art.no. 025, 2023. doi: 10.20343/teachlearninqu.11.25
- [2] K. D. Torralba, L. Doo, "Active Learning Strategies to Improve Progression from Knowledge to Action", *Rheumatic Diseases Clinics in North America*, vol. 46, no. 1, pp. 1-19, 2020. doi: 10.1016/j.rdc.2019.09.001
- [3] B. Dogani, "Active learning and effective teaching strategies", *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, vol. 7, no. 4, pp. 136-142, 2023. doi: 10.59287/ijanser.578
- [4] B. Miseliunaitė, G. Cibulskas, “Enhancing Active Learning through a Holistic Approach: A Case Study of Primary Education in Lithuania”, *Education Sciences*, vol. 14, no. 6, art.no. 0592, 2024. doi: 10.3390/educsci14060592
- [5] B. C. Luitel, S. K. Wagley, “Transformative Educational Research: Fleshing Out the Concepts”, *Journal of Education and Research*, vol. 7, no. 1, pp. 1-10, 2017. doi: 10.3126/jer.v7i1.21236
- [6] D. Yacek, S. S. Rödel, M. Karcher, “Transformative Education: Philosophical, Psychological, and Pedagogical Dimensions”, *Educational Theory*, vol. 70, no. 5, pp. 529-537, 2020. doi: 10.1111/edth.12442
- [7] T. Alonso-Sainz, “Educación para el desarrollo sostenible: una visión crítica desde la Pedagogía”, *Revista Complutense de Educación*, vol. 32, no. 2, pp. 249-259, 2021. doi: 10.5209/rced.68338

- [8] H. Trejo-González, “Experiencia de gamificación para la enseñanza de un segundo idioma”, *Educación y Educadores*, vol. 23, no. 4, pp. 611-633, 2020. doi: 10.5294/edu.2020.23.4.4
- [9] V. Calvo-Roselló, M. I. López-Rodríguez, “Gamificación en el aula: una experiencia de ‘escape room inversa’”, *Revista de Docencia Universitaria*, vol. 19, no. 1, pp. 45-74, 2021. doi: 10.4995/redu.2021.15666
- [10] P. J. Roig, S. Alcaraz, K. Gilly, C. Bernad, C. Juiz, “Using Escape Room as Evaluation Tool in Active Learning Contexts”, *Education Sciences*, vol. 13, no. 6, art.no. 0535, 2023. doi: 10.3390/educsci13060535
- [11] C. B. Ramírez-Quesada, P. de Jesús-Villa, "Revisión sistemática de la eficacia del escape room educativo como metodología universitaria para incrementar la motivación y el aprendizaje", *EDUCA Revista Internacional para la calidad educativa*, vol. 1, no. 4, pp. 160-189, 2024. doi: 10.55040/educa.v4i1.76
- [12] P. J. Roig, S. Alcaraz, K. Gilly, C. Bernad, C. Juiz, “A Generic Multilevel Structure for Educational Escape Rooms”, *Education Sciences*, vol. 14, no. 5, art.no. 0488, 2024. doi: 10.3390/educsci14050488
- [13] N. Dilley, J. Lange, “Bounded verification of message-passing concurrency in Go using Promela and Spin”, in S. Balzer, L. Padovani (Eds.): *Programming Language Approaches to Concurrency- & Communication-centric Software (PLACES 2020)*, vol. 314, pp. 34-45, Dublin (Ireland), 26 April 2020. doi: 10.4204/EPTCS.314.4
- [14] S. Nicholson, "Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities", White Paper, 2015. Disponible en <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf> (accedido el 22 Enero 2025)
- [15] C. L. Vidal-Silva, R. H. Villarroel, X. A. López-Cortés, J. M. Rubio, “Una Propuesta de Algoritmo Spin / Promela para el Análisis y Diagnóstico de Errores en Diagramas de Secuencia UML”, *Información Tecnológica*, vol. 30, no. 1, pp. 263-272, 2019. doi: 10.4067/S0718-07642019000100263

Capítulo 4. Promoviendo un enfoque de aprendizaje activo en el aula mientras se fomenta el uso del inglés

Pedro J. Martínez, Javier Molina, Jesús Maldonado, Manuel Romero

*1 Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche,
pjuan.martinez@umh.es*

Resumen

Cuando los recién graduados terminan sus estudios universitarios, por regla general, suelen manifestar cierto descontento en lo que respecta al papel que han desempeñado a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Entienden que su comportamiento y actitud pasivos durante su tiempo en la universidad han contribuido a esta desilusión. El comportamiento del estudiantado está influenciado por la actitud del profesor y el ambiente del aula, lo que puede hacer que actúen de manera activa o pasiva. Al emplear un enfoque de enseñanza atractivo, la institución también debe proporcionar las condiciones necesarias para que los graduados aumenten su empleabilidad. La actividad presentada en este documento tenía como objetivo implantar una estrategia de aprendizaje activo en el aula y ayudar a los graduados a adquirir una habilidad crítica para su empleabilidad: el inglés. La actividad se centró en el desarrollo de diferentes seminarios en los que se empleaba el inglés como lengua vehicular. El objetivo de estas sesiones monográficas supervisadas por expertos, que involucraban al profesorado, estudiantado y especialistas, era aumentar el conocimiento a través de la participación e interacción de los estudiantes. El profesor a cargo de la asignatura, un profesor de inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Miguel Hernández y, ocasionalmente, otros profesionales especialistas en el tema del seminario asistieron a los seminarios. Se alentó a los estudiantes a ser activos, autónomos y a mejorar sus habilidades en el idioma inglés leyendo y preparando los materiales antes de los seminarios, hablando en pequeños grupos durante el debate y frente a la clase durante las conclusiones, y siendo capaces de defender sus propias posiciones en temas controvertidos.

Palabras clave: seminarios, idioma inglés, aprendizaje activo, evaluación formativa

4.1 Introducción

Cuando los recién graduados terminan sus estudios universitarios, por regla general, suelen manifestar cierto descontento. Por un lado, decepción con el papel que la universidad ha desempeñado en su educación. El problema radica más en la ausencia de orientación laboral y la ineficacia de los estudios para satisfacer las demandas del mercado laboral que en la consideración inadecuada de la formación teórica. Por otro lado, insatisfacción con el papel que ellos mismos han jugado en su educación. Los recién graduados entienden que su comportamiento y actitud pasivos durante su tiempo en la universidad han contribuido a esta desilusión.

La Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) lleva a cabo una serie de iniciativas que promueven y reconocen la enseñanza en inglés proporcionada por el profesorado de la UMH. Al ofrecer al estudiantado asignaturas optativas impartidas en inglés durante su último año de grado y máster, se busca mejorar el carácter internacional de los procesos educativos de la UMH [1].

Sin embargo, las asignaturas optativas solo constituyen 12 de los 90 créditos ECTS requeridos para el Máster en Ingeniería Industrial, que es el tema de este trabajo. Además, los/as estudiantes pueden completar cursos, prácticas u otras actividades para completar los créditos ECTS requeridos para las asignaturas optativas. Como resultado, este programa tiene muy poco efecto en la adquisición de competencia en el idioma inglés por parte del estudiantado.

El programa IRIS en la UMH [2] es otra vía que la universidad pone a disposición de la comunidad universitaria para capacitarse en inglés. A pesar de tener excelentes instructores y una plataforma online fácil de usar, este programa no está siendo utilizado por el estudiantado de la UMH, principalmente por el solapamiento de horarios del programa IRIS y las clases de los diferentes grados.

Según [3], sería interesante investigar con mayor profundidad las consecuencias laborales a largo plazo de aquellas personas que tienen habilidades de comunicación en inglés de alto nivel frente a aquellas que no las tienen. Tener habilidades comerciales, ya sea en ingeniería o marketing, es insuficiente. No poder comunicarse en el idioma global de los negocios puede limitar incluso a los ingenieros más brillantes.

La universidad también debe proporcionar las condiciones necesarias para que sus graduados aumenten su nivel de empleabilidad utilizando una metodología de enseñanza atractiva. La motivación es un componente esencial del aprendizaje. La teoría de las necesidades básicas identifica tres necesidades psicológicas fundamentales [4]: competencia (sentirse efectivo con las propias habilidades y capacidades), autonomía (sentirse capaz de tomar decisiones) e interacción

social (necesidad de sentirse aceptado y conectado con los demás). Cuando se satisfacen estas necesidades, la automotivación y la salud mental mejoran.

La motivación es altamente valorada en el proceso educativo debido a los beneficiosos resultados que produce. Todos son conscientes de las diferencias entre las situaciones en las que alguien está motivado internamente y cuando está bajo presión externa. En comparación con estas últimas, las primeras resultan en un mayor interés, entusiasmo y confianza, y esto se refleja en un mejor rendimiento, persistencia y creatividad.

El estudiantado enseñado con un enfoque más controlador no solo pierde iniciativa, sino que aprende de manera menos efectiva, especialmente cuando el aprendizaje requiere procesamiento conceptual y creativo. El profesorado que adopta un enfoque controlador y autoritario generalmente está relacionado con estudiantado conformista en su conducta, mientras que el profesorado que promueve la autonomía del estudiantado está relacionado con estudiantes comprometidos. Pasividad y conformidad frente a compromiso e iniciativa [5].

La referencia [6] compara cómo el estudiantado en cursos introductorios de física en la universidad enseñados a través de instrucción activa y pasiva percibieron su propio aprendizaje en comparación con lo que realmente aprendieron. La principal distinción entre las dos metodologías docentes era si se proporcionaba la solución de cada problema a los estudiantes de inmediato, o si se les requería intentar resolver los problemas en pequeños grupos antes de recibir la respuesta. Los estudiantes en aulas activas percibieron su aprendizaje como menor que el de sus compañeros en contextos pasivos, aunque habían aprendido más. Estos hallazgos también indican la necesidad de ser precavidos al utilizar evaluaciones de estudiantes sobre la enseñanza, ya que dependen del juicio de los estudiantes sobre su propio aprendizaje y pueden favorecer involuntariamente estrategias de enseñanza pasivas menos efectivas frente a enfoques pedagógicos activos.

La actividad presentada en este documento tenía como objetivo construir una estrategia de aprendizaje activo en el aula y ayudar a los/as graduados/as a adquirir una habilidad crítica para su empleabilidad: el inglés. Para lograr esto, se determinó que los seminarios eran el método de enseñanza más adecuado.

4.2 Metodología

La actividad se centró en el desarrollo de diferentes seminarios en los que se empleaba el inglés como lengua vehicular. Un seminario es una reunión donde un profesor guía a un pequeño grupo de estudiantes en un debate sobre un tema particular. El objetivo de estas sesiones monográficas

supervisadas por expertos, que involucraban a profesorado, estudiantado y especialistas, era aumentar el conocimiento a través de la participación e interacción de los estudiantes mientras se fomentaba el uso del inglés. El profesor a cargo de la asignatura, un profesor de inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Miguel Hernández y, ocasionalmente, otros profesionales especialistas en el tema del seminario asistieron a los seminarios.

La asignatura en la que se enmarcó este proyecto de innovación educativa fue Ingeniería Térmica y de Fluidos. Es una asignatura obligatoria del segundo semestre del primer año del máster en ingeniería industrial. Los temas del curso se centran en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) energéticamente eficientes en edificios. Esta actividad se ha llevado a cabo durante tres años académicos, en el año académico 2021/22 con 43 estudiantes, en 2022/23 con 34 estudiantes y en 2023/24 con 25 estudiantes.

Los temas de los seminarios se eligieron para captar la atención de los estudiantes y estaban relacionados con el programa académico. Era importante elegir temas que fueran útiles e incluso controvertidos para los estudiantes.

Aprovechar al máximo los seminarios puede ser un desafío, ya que se basan en el intercambio de ideas y el diálogo. Para que estas conversaciones sean realmente productivas, es importante utilizar técnicas y actividades que orienten la discusión. Tanto el estudiantado como el profesorado suelen beneficiarse de contar con una estructura clara que les ayude a organizar y enriquecer el debate.

4.2.1 Título de los Seminarios:

- ¿Puede la temperatura de una oficina ser 'sexista'? Las mujeres y la ciencia dicen que sí.
- Los expertos instan a establecer estrictos estándares de calidad del aire en el lugar de trabajo, a raíz de la pandemia.
- Los secretos de una casa pasiva.
- El verdadero desafío climático de Nueva York: arreglar sus edificios envejecidos.
- Medir el aprendizaje real frente a la sensación de aprendizaje en respuesta a estar activamente comprometido en el aula.

4.2.2 Antes del seminario:

Se eligieron materiales en inglés; a menudo eran documentos de posición de una asociación representativa de la industria (REHVA, ASHRAE, etc.) o artículos de medios como el New York Times. Los estudiantes recibieron este material una semana antes del seminario y se les pidió que presentaran un resumen.

4.2.3 Al comienzo del seminario:

El profesor de inglés comenzó el seminario repasando el vocabulario y las expresiones utilizadas en el artículo (Fig. 1). Esta actividad funciona como rompehielos ya que fomenta la comunicación y construye confianza. Después de eso, el profesor a cargo de la asignatura facilitó un documento a los/as estudiantes con algunas preguntas o ideas relacionadas con el tema del seminario. De hecho, este documento era conjunto de extractos de los resúmenes de los estudiantes, sin revelar el nombre de los autores. Extractos que se utilizaron como punto de partida para el debate.

Por ejemplo, en el caso del artículo "¿Puede la temperatura de una oficina ser 'sexista'? Las mujeres y la ciencia dicen que sí - The New York Times" la respuesta de los estudiantes a la lectura se centró en diferentes aspectos: la importancia de las redes sociales y cómo fomentan la controversia; el código de vestimenta requerido en ciertas empresas; la diferencia de género; y los aspectos normativos. En este caso, para el debate, se seleccionaron extractos del trabajo presentado por los/as estudiantes sobre cada uno de estos aspectos.



Figura 1. Introducción de la actividad (curso académico 2021/22).

4.2.4 Durante el seminario

Los seminarios pueden ser una forma de enseñanza más compleja que las clases convencionales porque los estudiantes deben hablar más. Y el papel del profesor en el seminario es alentar al estudiantado a hablar y gestionar la dirección del debate.

Usando el enunciado como guía, los/as estudiantes debatieron sobre el tema correspondiente en pequeños grupos (entre tres y cinco personas) durante los seminarios. El profesor responsable de la asignatura, el profesor de inglés y otros profesionales invitados recorrieron las mesas para abordar cualquier pregunta o inquietud planteada por los estudiantes (Fig. 2).



Figura 2. Debate (curso académico 2021/22).

4.2.5 Al final del seminario

Al final del seminario, el profesor pidió a los estudiantes que resumieran el debate y les mostró cómo el tema se relacionaba con otras áreas de la asignatura (Fig. 3).



Figura 3. Resumen y conclusiones (curso académico 2022/23).

Los eventos en el ámbito social que apoyan los sentimientos de competencia durante una acción, como recompensas, retroalimentación y comentarios, pueden aumentar la motivación intrínseca de una actividad. Así, se ha encontrado que la crítica constructiva, la retroalimentación que

fomenta la efectividad y la ausencia de evaluaciones degradantes contribuyen a la motivación intrínseca.

En el curso académico 2021/2022, los 43 estudiantes inscritos en Ingeniería Térmica y de Fluidos tuvieron que realizar un examen para aprobar el curso. Este examen final es un derecho del estudiante según lo establecido en las regulaciones de evaluación de la UMH.

Sin embargo, en el curso académico 2022/2023, a los 34 estudiantes inscritos se les ofreció la alternativa de una evaluación formativa. De estos 34 estudiantes, 20 eligieron la evaluación formativa y 14 eligieron el examen final. Un porcentaje significativo de estudiantes que cursan el máster en ingeniería industrial combinan sus estudios con su trabajo profesional. Y algunos de ellos no pueden asistir a clases de manera regular.

La evaluación formativa es cualquier método utilizado por un profesor para determinar lo que los estudiantes están aprendiendo en el aula. No está destinada a ser utilizada con fines de calificación, sino más bien para objetivos de enseñanza y aprendizaje [11].

La calificación obtenida por los estudiantes que eligieron la evaluación formativa se basó en ejercicios en clase, tareas, seminarios y un proyecto final en el que se llevó a cabo la certificación energética de un edificio residencial. Los seminarios fueron una de las actividades incluidas en la evaluación formativa. Permitieron al profesor ver lo que los estudiantes estaban asimilando, lo que no, y lo que necesitaba suceder a continuación. Los estudiantes que participaron en los seminarios pero que habían elegido terminar el curso a través de una prueba final en lugar de una evaluación formativa recibieron 0,5 puntos adicionales por su participación además de su calificación del examen.

4.3 Resultados

Los temas seleccionados y el material proporcionado funcionaron bien para estimular la conversación y asentar ideas importantes como la eficiencia de los sistemas HVAC, la calidad del aire interior y el confort térmico. Leer los resúmenes proporcionados por los estudiantes antes de los seminarios fue extremadamente interesante.

La participación del profesor de inglés fue más allá de lo inicialmente acordado. Como se mencionó anteriormente, su responsabilidad era presentar el tema al comienzo de cada seminario y explicar la terminología encontrada en los materiales proporcionados por el profesor responsable de la asignatura. Sin embargo, después de consultar con el profesor, sugirió material complementario para los seminarios relacionado con el uso del inglés.

Durante el transcurso de los seminarios, mientras que muchos estudiantes estaban callados, había varios estudiantes en algunos de los grupos que querían dominar la discusión. Una de las técnicas que resultó útil para gestionar esta situación fue preguntar al grupo en el que estaban qué pensaban sobre las ideas de estos estudiantes.

Otra técnica útil fue nominar a otros estudiantes antes de hacer una pregunta. Por ejemplo, "María, me gustaba qué respondieras a esta próxima pregunta". Sin embargo, al tratar con estudiantes tímidos, es mejor esperar y no nominarlos hasta que estén listos. De hecho, dividir a los estudiantes en pequeños grupos fue para alentar a los estudiantes tímidos a hablar más.

Cuando el profesor pasaba por las mesas para ayudar durante el debate, algunos estudiantes tendían a dirigir sus comentarios hacia él en lugar de hacia su grupo de seminario. En este caso, era necesario recordarles que el objetivo era que hablaran entre ellos y confrontaran los puntos de vista de los demás.

Otra tarea para los el profesorado era mantener el debate enfocado en el tema en cuestión. Cuando se desviaba del objeto del seminario, era necesario interrumpir y usar preguntas o un breve resumen para volver a centrar el debate en el tema principal.

Al final del seminario, el nivel de dificultad de los/as estudiantes para participar aumentaba cuando tenían que expresar sus opiniones frente a toda la clase.

La Tabla 1 muestra las tasas para los años académicos en los que se han llevado a cabo los seminarios, el año académico 2021/22 con evaluación sumativa, y los cursos 2022/23 y 2023/24 con evaluación formativa opcional.

Tabla 1. Tasas de Ingeniería Térmica y de Fluidos.

Año	N	TE	TR	TP
2021/22	43	80	55,8	69,8
2022/23	34	100	73,5	73,5
2023/24	25	95	76	80

Donde, N es el número de estudiantes, TE la tasa de éxito (créditos aprobados de los presentados), TR la tasa de rendimiento (créditos aprobados de los matriculados) y TP la tasa de presentados (créditos presentados de los matriculados).

Se puede ver en los resultados mostrados en la tabla 1 que, ofrecer evaluación formativa mejoró todas las tasas. Es particularmente significativo que en el año académico 2022/23 todos los estudiantes que se presentaron aprobaron el curso. Los 20 estudiantes que eligieron la evaluación

formativa y los 5 que eligieron el examen final y que también asistieron ocasionalmente a las clases presenciales y seminarios. Estos 5 estudiantes estaban al tanto de las actividades realizadas por sus compañeros, ya que todo el material y las tareas propuestas estaban disponibles en la plataforma Campus de la asignatura a la que todos tenían acceso. Algo similar ocurrió en el curso 2023/24 en el que los 16 estudiantes que eligieron evaluación formativa aprobaron, al igual que 2 de los 3 estudiantes que se presentaron al examen final. El coste de este proyecto de innovación educativa fue de 400 euros, correspondientes a la contratación del profesor de inglés para los 5 seminarios.

4.4 Conclusiones

Al satisfacer en lugar de socavar las necesidades psicológicas básicas de las personas, los entornos sociales tienen el poder de promover o prevenir la motivación intrínseca. Se ha demostrado que, la satisfacción de las demandas de competencia y autonomía tiene fuertes vínculos con la motivación intrínseca, y algunas investigaciones indican que las necesidades de relación social también pueden satisfacerse.

Es esencial tener en cuenta, no obstante, que los individuos solo estarán intrínsecamente motivados al participar en actividades que encuentren interesantes, como aquellas que presentan un desafío, novedad o valor estético. El control excesivo, los desafíos no óptimos y la falta de conectividad pueden llevar a problemas psicológicos, además de a una falta de iniciativa y responsabilidad.

El objetivo de estos seminarios era fomentar un enfoque de aprendizaje activo y el desarrollo de una habilidad (idioma) que es esencial para el empleo de los/as graduados/as. Los temas de los seminarios, relacionados con el programa de la asignatura, lograron despertar el interés de los estudiantes. Se les alentó a ser activos, independientes y a mejorar sus habilidades en el idioma inglés leyendo y preparando los materiales antes de los seminarios, expresándose en inglés en pequeños grupos durante el debate y frente a toda la clase durante las conclusiones, y siendo capaces de defender sus propias posiciones en temas controvertidos.

Los esfuerzos de la UMH para fomentar el uso del inglés en los grados, como el programa IRIS y las asignaturas optativas en inglés, pueden complementarse con este proyecto educativo, dado que los estudiantes de la UMH utilizan muy poco el programa IRIS.

La participación de los/as estudiantes se promovió mediante la evaluación formativa. A través de actividades como los seminarios descritos en este proyecto, los estudiantes adquirieron la

capacidad de ser conscientes de su propio aprendizaje, hacer preguntas perspicaces, responder positivamente a la retroalimentación de otros y dar retroalimentación útil a sus compañeros.

La tasa de éxito (créditos aprobados de los evaluados), la tasa de rendimiento (créditos aprobados de los matriculados) y la tasa de presentados mejoraron cuando se ofreció al estudiantado la alternativa de una evaluación formativa en los años académicos 2022/23 y 2023/24. La implementación de este tipo de evaluación es factible dependiendo del número de estudiantes matriculados en la asignatura.

Agradecimientos

Agradecimiento al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto (Código de subvención: PIEU_B/2021_09, PIEU_B/2022_27, PIEU_B/2023_18)).

Referencias

- [1] “Relaciones Internacionales Docencia en inglés - Relaciones Internacionales.” [Online]. Available: <https://internacional.umh.es/internacionalizacion/aiefi-internacionalizacion-de-centros/docencia-en-ingles/>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [2] “Programa IRIS | Centro de Idiomas UMH.” [Online]. Available: <https://www.idiomasumh.es/es/iris/programa-iris>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [3] “Non-English speakers are shut out of the top jobs.” [Online]. Available: <https://www.ft.com/content/a71ec568-0232-11ea-be59-e49b2a136b8d>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [4] R. M. Ryan and E. L. Deci, “Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being Self-Determination Theory,” 2000.
- [5] J. A. Moreno Murcia, M. Ruiz Quiles, and J. L. Núñez Alonso, “Enseñanza para la acción: Guía comprensiva para la búsqueda de la autonomía en educación eBook : Moreno Murcia, Juan Antonio , Ruiz Quiles, María , Núñez Alonso, Juan Luis : Amazon.es: Tienda Kindle.” [Online]. Available: <https://www.amazon.es/Enseñanza-para-acción-comprensiva-autonomía-ebook/dp/B08TDRP8JR>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [6] L. Deslauriers, L. S. McCarty, K. Miller, K. Callaghan, and G. Kestin, “Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 116, no. 39, pp. 19251–19257, Sep. 2019.

- [7] “Can an Office Temperature Be ‘Sexist’? Women, and Science, Say So - The New York Times.” [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2018/08/28/nyregion/office-temperature-sexist-nixon-cuomo.html>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [8] “Experts Urge Air Quality Standards as Safeguard Against Coronavirus - The New York Times.” [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2021/05/13/health/aerosols-covid-workplace.html>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [9] “The Secrets of a Passive House - Graphic - NYTimes.com.” [Online]. Available: <https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/interactive/2010/09/26/business/smart.html>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [10] “New York’s Real Climate Challenge: Fixing Its Aging Buildings - The New York Times.” [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/2020/12/29/business/new-york-passive-house-retrofit.html>. [Accessed: 07-Jan-2024].
- [11] C. R. Gareis, “Reclaiming an important teacher competency: The lost art of formative assessment,” *J. Pers. Eval. Educ.*, vol. 20, no. 1–2, pp. 17–20, Jun. 2007.

Capítulo 5. Creación de contenido audiovisual para difusión de los trámites a seguir para la realización y defensa del TFG/TFM en las titulaciones de la Escuela Politécnica Superior de Elche

Mónica Ballesta¹, Nuria Campillo Davó¹, Francisco Javier Aguilar¹, Manuel Lucas¹, Roberto Gutiérrez¹, Fco. Javier Gimeno-Blanes¹, Vicente Galiano¹, Antonio Peñalver¹, José María Sabater¹, Laura García Ferri²

*1 Responsables de titulación del equipo directivo de la EPSE, Curso 2022-2023,
innovación.epse@umh.es*

2 Egresada del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial por la UMH

Resumen

La Escuela Politécnica Superior de Elche (EPSE) tiene una normativa específica en relación a los procedimientos a seguir para la defensa de los Trabajos Fin de Grado (TFG) y Trabajos Fin de Máster (TFM). Se ha detectado la necesidad de difundir de una manera más clara los pasos detallados a seguir desde que un/a estudiante y su tutor/a tramitan la propuesta de TFG o TFM en el inicio de su trabajo hasta que, finalmente, realizan el proceso de solicitud de defensa. En este trabajo se presenta el material audiovisual creado para este fin, teniendo en cuenta las peculiaridades de la normativa de la EPSE. Concretamente, se ha elaborado una guía detallada dirigida al profesorado y al alumnado, así como unos vídeos descriptivos y concisos de todo el proceso. Este trabajo ha sido el resultado del proyecto de innovación docente PIEU_B/2023_35 concedido en el Programa PIEU 2023 de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Palabras clave: Gestión del TFG y TFM, material audiovisual, innovación, EPSE

5.1 Introducción

Este proyecto surge por una necesidad detectada en el equipo de dirección de la EPSE (Escuela Politécnica Superior de Elche). Concretamente se considera necesario difundir una información clara y concisa en lo referente a los pasos a seguir por el estudiantado para la elaboración del TFG/TFM y los trámites para su defensa.

Anteriormente, la EPSE participó en 2012 en un proyecto de innovación coordinado por el profesor Ramón Peral [1], en el cual se elaboró una guía didáctica para el desarrollo del PFC (Proyecto Final de Carrera) en titulaciones técnicas. Tras la aparición de los grados, la EPSE ha retomado este testigo realizando anualmente una Jornada informativa de TFG [2] (dirigida al estudiantado que está finalizando 3º y va a cursar 4º) con el fin de informarles sobre los trámites que deben seguir desde que quieren comenzar a realizar su TFG hasta que realicen su defensa. Por otro lado, también en los blogs de la EPSE (titulaciones y general [3]) se ha incluido una pestaña TFG/TFM con información sobre este proceso. Sin embargo, los y las responsables de titulación de la EPSE siguen comprobando a lo largo del tiempo y, principalmente desde la gradual informatización de este proceso, que, tanto el estudiantado, como parte del profesorado, tiene ciertas dudas a la hora de realizar los trámites. Por eso, se ha considerado necesario preparar material audiovisual donde se expliquen los pasos a seguir para llevar a cabo este proceso.

En la realización de estos trámites relacionados con el TFG/TFM, la EPSE tiene una casuística y una serie de requerimientos que difieren del resto de facultades/escuelas de la UMH [4]. Por esta razón, desde el equipo de dirección de la EPSE se considera importante contar con este material explicativo que ayude al estudiantado a resolver sus dudas en relación al TFG/TFM.

Con el fin de llevar a cabo este proyecto, se han acometido los siguientes objetivos:

Objetivo 1: Elaborar videos explicativos sobre el proceso de tramitación y gestión de TFG y TFM.

- Tareas:
 - Definir y ordenar la información sobre el proceso de TFG y TFM.
 - Realizar grabaciones de vídeos guiados para transmitir de forma clara y concisa esta información.
 - Edición y maquetación de los vídeos.

Objetivo 2: Difusión del material audiovisual.

- Tareas:
 - Ubicar de forma permanente estos videos en los blogs de la EPSE para que estén a disposición del alumnado y profesorado de la EPSE.
 - Realizar la máxima difusión de este material a través de diferentes canales (anuncios de titulación, delegación, etc).

5.2 Metodología

Los objetivos mencionados en el Apartado 1, han sido llevados a cabo mediante la elaboración, en primer lugar, de una guía detallada de todo el proceso a seguir para el desarrollo y defensa de TFG/TFM. Se ha elaborado una guía interna para los/as subdirectores responsables de las asignaturas de TFG/TFM así como otra guía dirigida al profesorado/estudiantado de la EPSE que ha sido enviada a todo el profesorado y se ha puesto a disposición en el Blog de la EPSE [3].

Además, haciendo uso de este material, se ofertó un contrato de prácticas, en el que una estudiante, que entonces se encontraba desarrollando su TFG en el Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial (GIEAI), llevó a cabo la grabación de unos videos resumen explicativos dirigidos al estudiantado de la EPSE. En estos vídeos, con apoyo de las guías creadas, se explica de forma concisa los pasos a seguir para realizar la propuesta de tema de TFG/TFM así como los pasos a seguir para solicitar la defensa en la culminación del TFG/TFM.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Guía de TFG y TFM

Se ha detallado todo el proceso a seguir para tramitar el TFG o TFM desde la aplicación Gestión del Trabajo Fin de Grado siguiendo la normativa de la EPSE. En la Figura 1 se muestra todas las fases que abarca la guía, para las cuales se indica el procedimiento detallado.

Creación de contenido audiovisual para difusión de los trámites a seguir para la realización y defensa del

TFG/TFM en las titulaciones de la Escuela Politécnica Superior de Elche

Mónica Ballesta, Nuria Campillo Davó, Francisco Javier Aguilar, Manuel Lucas, Roberto Gutiérrez, Fco. Javier Gimeno-Blanes, Vicente Galiano, Antonio Peñalver, José María Sabater, Laura García Ferri



Figura 1. Fases de tramitación del TFG/TFM comprendidas en la Guía.

En cada uno de los pasos a seguir se indica si es el/la estudiante, el/la tutor/a o el/la responsable de titulación quien debe realizar el trámite. A modo de ejemplo, la Figura 2, muestra la etapa de Solicitud del acuerdo estudiante-profesor donde se presenta la propuesta de TFG, se trata del primer trámite a realizar. En la parte superior de la diapositiva, se indica en qué fase se sitúa dentro de todo el proceso. Por otro lado, en la parte izquierda, aparecen los pasos a seguir y las opciones que se deben seleccionar en la Aplicación de Gestión TFG. Finalmente, en la parte derecha se indica de una forma más detallada las instrucciones a seguir, así como indicaciones relacionadas con la normativa particular de la EPSE. Por ejemplo, se indica que este trámite debe ser realizarse a través de la modalidad A (cuando en otras facultades/escuelas se usa la modalidad B). También se indican instrucciones particulares como la referencia a las competencias de tecnología específica que el/la estudiante debe hacer alusión en la descripción de la propuesta de TFG si éste pertenece al ámbito industrial.



Solicitud de TFG

Modalidad Acuerdo Estudiante-Profesor



1. Estudiante entra en aplicación



2. Estudiante crea propuesta de TFG



3. Estudiante cumplimenta datos de TFG, tutor...



1. Estudiante accede a la herramienta de "Gestión de Trabajo Fin de Grado" y selecciona "Gestión de propuestas TFG – Modalidad A: Acuerdo estudiante/profesor"
2. Pula el botón "Crear propuesta TFG"
3. Cumplimenta toda la información relacionada:
 1. Datos del Tutor Interno y/o Externo.
 2. Título...
 3. Breve descripción de la propuesta de TFG
 4. Competencias Orden CIN. Para los TFGs de los grados de ámbito industrial que se estudian en la EPSE (Grado en Ing. Mecánica, Grado en Ing. Eléctrica, Grado en Ing. Electrónica y Automática Industrial), en la casilla Descripción, se deberá incluir además qué competencia/s de tecnología específica se van a abordar con el TFG que se propone. Las competencias que aplican a las tecnologías específicas de los grados de ámbito industrial señalados, están recogidas en la Orden CIN/351/2009 (<https://www.boe.es/boe/dias/2009/02/20/pdfs/BOE-A-2009-2893.pdf>).

NOTAS:

- La propuesta de TFG deberá realizarse a través de la modalidad A.
- La validez del acuerdo estudiante profesor es de 18 meses, la defensa de TFG se deberá realizar en este plazo.
- Es requisito para poder realizar la solicitud de propuesta de TFG, tener superados 180 ECTS
- No es necesario estar matriculado del TFG para realizar la propuesta de TFG.

Figura 2. Pasos a seguir para solicitar el acuerdo estudiante-profesor a través de la aplicación de TFG.

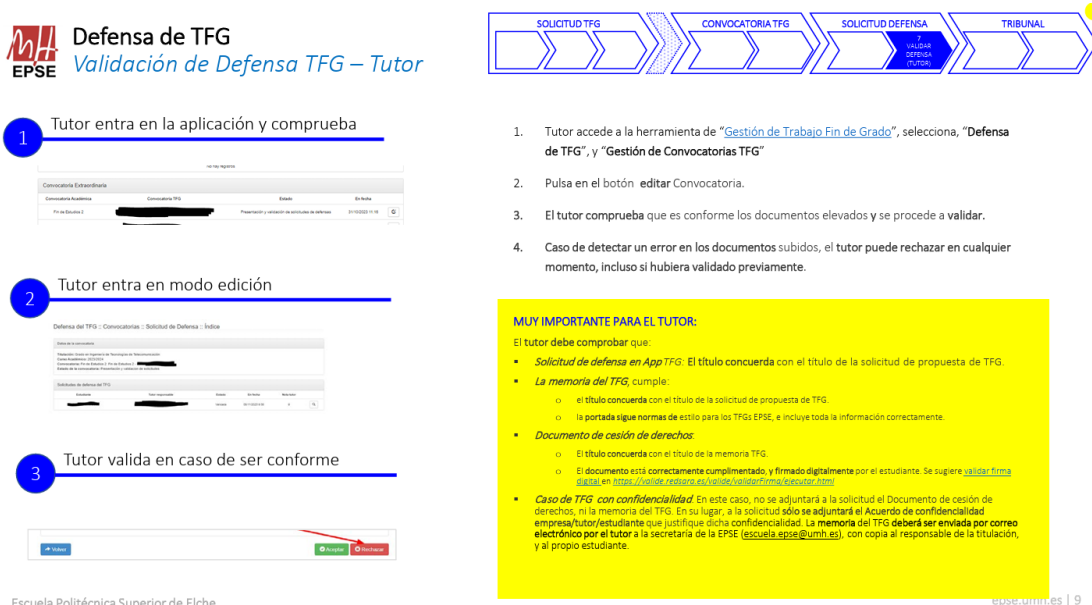


Figura 3. Validación de la defensa del TFG por parte del tutor o tutora.

La Figura 3 muestra uno de los pasos en la guía con indicaciones para el profesorado que tutoriza el TFG o TFM. En este caso se resalta qué debe comprobar principalmente el profesorado antes de validar la documentación subida por el/la estudiante para solicitar la defensa del TFG. Además, se indica cómo proceder en caso de que el TFG o TFM haya sido llevado a cabo bajo condiciones de confidencialidad.

Como se puede apreciar en los ejemplos mostrados, la guía dispone de información detallada y precisa de todos los pasos a seguir para realizar los trámites relativos al TFG y TFM desde la Aplicación de Gestión de TFG de la UMH, teniendo en cuenta las particularidades de la normativa de la EPSE.

5.3.2 Vídeos explicativos sobre el proceso de TFG y TFM

Una vez confeccionada la guía descrita en el Apartado 3.1., se realizó la grabación de dos vídeos explicativos de este proceso. Una de las premisas a la hora de confeccionar estos vídeos, dirigidos al estudiantado de la EPSE, es que fuesen breves y sintetizasen de una forma clara, los pasos a seguir en todo el proceso de trámites a través de la Aplicación de Gestión de TFG. Para ello la información se dividió en dos vídeos diferentes:

- Vídeo 1 [5]: Fase Propuesta Tema TFG/TFM. Duración 2'15''. Este vídeo se centra en el trámite a realizar en el inicio del TFG. Cuando un/a estudiante desea comenzar el TFG, debe contactar y acordar una temática con un/a profesor/a tutor/a. La formalización de

este acuerdo se realiza a través de la Aplicación de Gestión de TFG, cuyas indicaciones se dan en este vídeo.

- Vídeo 2 [6]: Fase Solicitud Defensa TFG/TFM. Duración 2'58''. Una vez el/la estudiante ha terminado su TFG o TFM, debe solicitar, a través de la Aplicación, la defensa de su TFG, incluyendo, entre otros documentos, su memoria final. Este video recoge los pasos a seguir desde que el estudiante inicia esta solicitud hasta que se nombra al tribunal que deberá evaluar al/la estudiante en la defensa de su TFG/TFM.



Figura 4. Capturas de los Videos creados para explicar los trámites a seguir en la Aplicación de Gestión de TFG.

La Figura 4 muestra dos capturas correspondientes a los vídeos 1 y 2. Los vídeos combinan pasos a seguir en la propia Aplicación de Gestión de TFG con indicaciones concretas utilizando la guía descrita en el Apartado 3.1.

5.4 Acciones de difusión

Con el fin de que la utilidad del material audiovisual creado sea efectiva, se han llevado a cabo las siguientes acciones de difusión cumpliendo con el segundo objetivo indicado en el Apartado 1.



Figura 5. Presentación en formato póster para la Jornada de Innovación docente UMH 2024.

- Ubicación de forma permanente del contenido audiovisual en los blogs de las titulaciones y en el blog general de la EPSE [4].
- Difusión de la existencia de este material a través de diferentes canales de información de las titulaciones: blogs, anuncios de titulación, información a delegados/as, Campus Virtual de la asignatura TFG de las titulaciones.
- Participación en la “Jornada de Innovación docente UMH 2024” [7] con el póster mostrado en la Figura 5. Además de la información más relevante de este proyecto, el póster incluye códigos QR de acceso directo al material audiovisual creado.

5.5 Conclusiones

Consideramos que los resultados del proyecto han sido beneficiosos para la realización del trámite de TFG/TFM ya que ha reducido sustancialmente las consultas recibidas respecto a cursos anteriores. Tanto la guía como los vídeos, disponibles en el blog de la EPSE, permiten aclarar

dudas frecuentes y agilizar los trámites que deben realizar tanto tutores como estudiantado. Además, los vídeos proporcionan la ventaja de poder ver cómo se realizan los pasos en la Aplicación de Gestión de TFG, y la guía tiene la ventaja de ser un documento “vivo” con posibilidad de actualización acorde a los cambios que pueda haber en los diferentes cursos tales como modificaciones en las diferentes convocatorias de TFG/TFM.

Agradecimientos

Agradecemos al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar este proyecto (Código de subvención: PIEU_B/2023_35).

Referencias

- [1] Guía didáctica para el desarrollo de proyectos finales de carrera en titulaciones técnicas. Responsable del proyecto: Ramón Peral Orts, Equipo de Apoyo a Acciones de Innovación Docente 2012. Enlace a la guía: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLClKgznRFYe7Z7M5mMTNVmExUfkyFd0JF>
- [2] Jornada Optatividad y TFG. Edición 2023: <https://electronicayautomatica.umh.es/2023/05/17/jornada-de-optatividad-de-4o-y-tfg/>.
- [3] Blog EPSE: epse.umh.es/.
- [4] Información TFG/TFM en el blog EPSE: <https://epse.umh.es/tfgm/>.
- [5] Video 1: https://drive.google.com/file/d/1AIZtS_l-Ep5HNI-W6La_2YYHZAK426LJ/view
- [6] Video 2: https://drive.google.com/file/d/1vJ0y_uH2cKsuVNshM0qpy9KsQlixtId3/view
- [7] Jornada Innovación Docente 2024: <https://innovacion-docente.umh.es/jornada-innovacion-docente-umh/>

Capítulo 6. Simulación de conferencia científica en el ámbito de Ingeniería de Telecomunicación

Ángel A. San Blas Oltra

*Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad Miguel Hernández,
aasanblas@umh.es*

Resumen

En este estudio de innovación educativa, se ha simulado con éxito la organización de un congreso científico mediante una plataforma online de gestión de conferencias. El congreso, de carácter investigador y denominado RADIONAV, se ha desarrollado entre los alumnos de la asignatura Diseño y Aplicaciones de Sistemas Radio de primer curso del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Con la realización de este congreso, se ha logrado motivar a los estudiantes para que se inicien en la investigación científica, se ha profundizado en los contenidos explicados en las lecciones magistrales, se ha desarrollado la autonomía y el espíritu crítico del estudiantado y se ha fomentado el aprendizaje activo mediante la asignación a los alumnos de diferentes roles (autor y revisor de trabajo científico).

Palabras clave: motivación para aprender, conferencia científica virtual, investigación científica, educación superior, estrategias de aprendizaje, aprendizaje activo, asignación de roles.

6.1 Introducción

Un parámetro que mide de forma específica la capacidad del potencial de investigación de un país es el número de estudiantes que cursan estudios de doctorado. En este contexto, el número de estudiantes que cursan el Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH) y que, posteriormente, se matriculan y finalizan con éxito el programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y de Telecomunicación de la UMH es muy reducido. Según los datos que se revelan en el “Informe de Inserción Laboral de Doctorado UMH”, elaborado por el Observatorio Ocupacional de la UMH (Observatorio Ocupacional UMH, 2022), en el curso 2018-2019 hubo solamente 5 egresados en el citado programa de Doctorado, 6 en el curso 2019-2020 y 12 en el curso 2020-2021. Aunque se aprecia una ligera tendencia ascendente, el número sigue siendo insuficiente. Además, hay que tener en cuenta que estos números engloban tanto a doctorandos procedentes del grado en ingeniería industrial como a estudiantado procedente del grado en ingeniería en telecomunicación.

En la mayoría de las ocasiones, los estudiantes que finalizan el grado en ingeniería de telecomunicación deciden no realizar estudios de doctorado y optan por buscar trabajo en el mercado laboral (sector privado), dado que el sector de las telecomunicaciones goza de una situación privilegiada, con una tendencia de perspectiva de empleo muy positiva a medio y largo plazo. De hecho, de acuerdo con un informe relativamente reciente elaborado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT 2017), la tasa de paro es de tan solo un 4,1%. Además, según el citado informe, solamente un 9,8% de los encuestados había realizado un doctorado en este ámbito, dato que refleja el escaso interés de estos titulados en las tareas de investigación del ámbito universitario. Por otro lado, los datos que arroja el Instituto Nacional de Empleo (INE) van en esta misma línea. Según los datos ofrecidos por el INE en la “Encuesta de Inserción Laboral de Titulados Universitarios” publicada en 2023 (INE, 2023), la ingeniería de telecomunicación sigue siendo uno de los estudios con mayor empleabilidad en España entre los egresados. Las tasas de empleo más elevadas se dieron entre los que cursaron Ingeniería Electrónica (97,5%), Desarrollo de Software y de Aplicaciones e Ingeniería Multimedia (97,4%), e Ingeniería de Telecomunicación (97,1 %). En el caso de la Ingeniería de Telecomunicación, en España se registraron 2.335 egresados con una tasa de actividad del 98,7%, por encima de la tasa de empleo. Además, la tasa de paro se sitúa en el 1,6%, el tercer puesto más bajo, al igual que Ingeniería Aeronáutica. Además, el 91,8% de los nuevos ingenieros de telecomunicación consideran que su título universitario es de mucha utilidad para encontrar trabajo. Estos datos reafirman el escaso interés en realizar estudios de doctorado en esta rama de conocimiento.

Por otro lado, resulta también interesante analizar estos mismos datos a nivel europeo. Según los datos que pueden encontrarse en la web oficial de Eurostat (Eurostat, 2022), en 2020 había un total de 651.000 estudiantes de doctorado en Europa, de los que un 39,6% se correspondían con estudiantes de la amplia rama de ciencia y tecnología. Si se filtran estos datos que proporciona Eurostat, y se atiende solamente a los datos relativos a los estudiantes de doctorado en el campo de las tecnologías de la información y la comunicación en España, en 2021 había 2.190 estudiantes de doctorado en este campo (9,1% del total de Europa). Estos datos contrastan con los 7.800 estudiantes de Alemania (primera en este ranking), o los casi 3.000 de Francia (segunda en el ranking). Por su parte, España ostenta la tercera posición en este ranking.

En consecuencia, se puede concluir que es necesario incrementar la motivación entre los titulados de los grados en ingeniería de telecomunicación con el fin de aumentar la capacidad de investigación nacional en este ámbito tecnológico. Es bien sabido que la motivación juega un papel fundamental en el aprendizaje y que puede definirse como una predisposición del estudiante que le permite desarrollar sus capacidades y alcanzar los retos propuestos (Brophy, 2004; Woolfolk, 2006). Sin embargo, fomentar la motivación no es una tarea sencilla, pues es importante que el estudiante mantenga una visualización permanente del objetivo que se desea lograr (García, 2011). Además, los docentes juegan un papel crítico en este proceso, pues la conducta del docente influye también en la motivación del alumnado (Frymier y Thompson, 1992; Jiang et al., 2021).

En este contexto, este estudio pretende, principalmente, incentivar la motivación por la investigación científica entre los estudiantes del Máster en Ingeniería de Telecomunicación de la UMH con el objetivo de intentar incrementar así el acceso a los estudios del Doctorado en Tecnologías Industriales y de Telecomunicación. En este sentido, con el objetivo de aumentar la motivación, se propone simular una conferencia científica entre el estudiantado empleando una herramienta online real para la gestión de congresos científicos.

6.2 Características del estudio y objetivos

El estudio se ha llevado a cabo en la titulación del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Máster Universitario, 2025). En particular, la investigación se realizó con los 6 estudiantes matriculados en la asignatura Diseño y Aplicaciones de Sistemas Radio durante el curso académico 2021-2022. Esta asignatura, ubicada en el primer curso del citado Máster, se dedica al estudio de diferentes sistemas de radionavegación y de radiocomunicación. Además, es de carácter obligatorio y consta de 6 créditos.

Este estudio intenta, principalmente, incentivar la motivación por la investigación en el campo de la radionavegación, disciplina que utiliza las señales radioeléctricas para determinar con precisión la posición de un objeto. Dado que las aplicaciones prácticas son muy variadas y guardan una estrecha relación con la tecnología más vanguardista (aplicaciones de los radares, aproximación y aterrizaje de aeronaves, seguimiento de flotas, radiolocalización mediante constelaciones de satélites, etc.), la materia resulta, a priori, muy atractiva para el alumnado. Por otra parte, el estudio propone, asimismo, una evaluación innovadora de la asignatura basada en el aprendizaje colaborativo y en la asignación de roles (Barkley 2014; Joyce, 2002).

Más específicamente, los objetivos del estudio fueron los siguientes:

- Realizar una evaluación innovadora de la asignatura mediante la simulación de una conferencia científica empleando una plataforma online real para la gestión de congresos científicos. Los alumnos matriculados prepararon trabajos de investigación que guardaban relación con los contenidos de la asignatura utilizando bibliografía y bases de datos científicas (IEEEExplore, Scopus, etc.) disponibles en la Biblioteca de la UMH. Posteriormente, el profesor responsable del estudio (que es el autor de este artículo) y los propios alumnos revisaron los trabajos enviados al congreso (de la misma manera que se hace en una revista o congreso científico), realizaron una valoración crítica de dichos trabajos y emitieron una recomendación sobre la aceptación del trabajo. Todo este proceso se llevó a cabo mediante el uso de la plataforma online EasyChair (EasyChair, 2025), dedicada a la gestión de congresos científicos.
- Incentivar la motivación por la investigación científica entre los estudiantes del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación mediante la realización del congreso científico virtual presentado anteriormente. El autor de este artículo posee 3 sexenios de investigación acreditados por ANECA, por lo que ha podido transmitir a los estudiantes toda su experiencia en el campo de la investigación desde una perspectiva profesional. En este sentido, es importante mencionar que la credibilidad profesional del docente es un factor muy significativo que afecta al proceso de enseñanza-aprendizaje y a la motivación (Finn 2009; Martin 1997).
- Fomentar el aprendizaje activo a través de la asignación de roles a los alumnos. Con la simulación de un congreso científico, a los alumnos se les asignó diferentes roles. El primer rol fue el de autor de un trabajo científico. El segundo rol fue el de miembro del Comité Científico del congreso, en concreto, el papel de revisor del congreso. Gracias a ello, se incrementó la implicación del alumno en la asignatura y se potenció la asimilación de los diferentes conceptos explicados en las sesiones teóricas.

- Fomentar el aprendizaje activo orientado a la transferencia de conocimiento. La preparación de los trabajos de investigación requirió la consulta activa por parte del estudiantado de bases de datos especializadas (como es el caso de Scopus e IEEE Xplore), de modo que los resultados de las investigaciones y tecnologías más novedosas estuvieron al alcance de los estudiantes.
- Fomentar el aprendizaje a través del estudio de casos. En particular, con la preparación y revisión de los trabajos de investigación, se estudiaron casos centrados en el análisis crítico de toma de decisiones. Con ello, se pretendía específicamente que el estudiantado emitiera un juicio crítico sobre las decisiones tomadas por sus compañeros para la solución de determinados problemas.

6.3 Desarrollo del estudio

A continuación, se describe cómo se implementó el estudio y se detalla cómo se desarrollaron las diferentes fases de esta propuesta de innovación. El primer paso que se realizó fue solicitar a EasyChair la concesión de una licencia gratuita para un uso docente de la plataforma con el objetivo de organizar un congreso científico al que se denominó RADIONAV. Se trató de un procedimiento relativamente sencillo y que requirió, básicamente, el envío de algunos correos electrónicos. La solicitud correspondiente se realizó durante el mes de septiembre (en concreto, antes del inicio de las clases presenciales) y fue inmediatamente aceptada por EasyChair. La dirección web asignada fue: <https://easychair.org/conferences/?conf=radionav2021>. En la figura 1 siguiente puede observarse una imagen con la web de acceso al congreso RADIONAV.

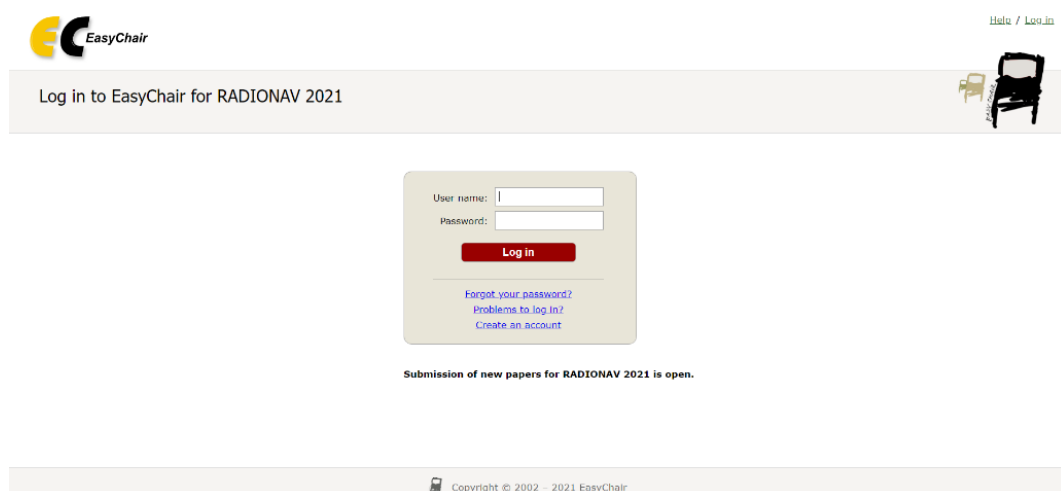


Figura 1. Web de acceso al congreso RADIONAV propuesto.

Posteriormente, se configuraron las diferentes opciones de gestión del congreso en la web de Easychair y se crearon los perfiles correspondientes, tanto para los alumnos como para el profesor responsable del estudio. En concreto, para el profesor se crearon cuentas de usuario como miembro del Comité Científico y del Comité Organizador del congreso y para los alumnos se crearon cuentas de usuario de autor y de revisor. Todo este proceso resultó ágil porque el profesor ya tenía experiencia previa en esta plataforma a raíz de organizar un congreso nacional en Elche durante el año 2012.

Por otro lado, con el fin de que todos los estudiantes utilizaran un mismo formato para la redacción del trabajo científico, se utilizó una plantilla de texto en formato Word. Para ello, se aprovechó la plantilla que se emplea en el actual Simposio Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI), congreso nacional más importante en el ámbito de la ingeniería de telecomunicación (ver figura 2).

Título del trabajo

Nombre del primer autor⁽¹⁾, Nombre del segundo autor⁽¹⁾

E-mail primer autor, E-mail segundo autor

⁽¹⁾ Dpto. de ..., Universidad de ...

Abstract- This document contains the template for the articles submitted to the XXXVI Simposio Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI). This year, the Symposium will be organized online from Vigo by the Universidade de Vigo (UVigo) at the Escuela de Ingeniería de Telecomunicación (EET). The abstract must be written in English, and must contain between 100 and 150 words. As approved in a previous URSI assembly, the authors who wish their work to be considered for the “Premio Jóvenes Científicos URSI 2021” must submit their full paper in English. As reflected in this document, the font used in the abstract must be bold, size 9, Times New Roman. Please use this format and do not modify any default option. Any question related with the submission of papers must be sent to the Organizing Committee (ursi2021@uvigo.es). Additional information about the Symposium can be found in the web <https://ursivigo2021.com/>.

Palabras clave:

I. INTRODUCCIÓN

Este documento es un ejemplo del formato de presentación de los trabajos enviados al XXXVI Simposio URSI 2021, y contiene información relativa al diseño general del documento, tamaño y tipo de letra. El cuerpo del artículo puede estar escrito en castellano o en inglés, salvo en el caso

espaciado entre columnas de 0,42 cm. Justifique las columnas tanto a izquierda como a derecha. Los párrafos deben escribirse a espacio simple. Los títulos de sección deben numerarse con números romanos (I. Introducción, II. Formato, etc.), utilizando para ello el estilo **ursi titulo 1** contenido en la presente plantilla. Los subtítulos de cada sección deben seguir el orden A, B, C, etc. utilizando el estilo **URSI Seccion** (Times New Roman, 10 pts, itálica).



Fig. 1. Logotipo del Simposio URSI 2021

A. Figuras y tablas

El tamaño para los títulos de las tablas, figuras y notas al pie de página debe ser de 8 puntos, y su numeración, árabe consecutiva (1, 2, 3...).

Todas las figuras y tablas aparecerán centradas en la columna (las figuras y tablas de gran tamaño podrán extenderse sobre ambas columnas). Evite situarlas en medio de las columnas. La descripción de las figuras y las tablas debe situarse debajo de las mismas. Utilice la abreviatura

Figura 2. Plantilla utilizada por el estudiantado para la redacción del trabajo científico.

La plantilla utilizada tenía todas las instrucciones relativas para uniformizar el formato de los trabajos en cuanto a tipo y tamaños de letra, espaciados, cómo incluir ecuaciones, tablas, figuras, referencias bibliográficas, abstract, palabras clave, etc.

Durante el primer día de clase (21 de septiembre), se presentó a los alumnos la propuesta del estudio de innovación docente y la acogida fue muy buena. Los 6 estudiantes matriculados en la asignatura se comprometieron a involucrarse en la organización y realización del congreso científico. En esa primera clase, se explicó a los alumnos cómo debían registrarse en la plataforma EasyChair y cómo se debía proceder para realizar el envío de sus trabajos mediante dicha plataforma. Asimismo, se comunicó al estudiantado que la fecha límite para el envío de trabajos a través de EasyChair sería el día 8 de noviembre, por lo que los alumnos disponían de un total de 7 semanas para preparar sus trabajos. Durante ese tiempo, asesoré a los alumnos sobre cómo enfocar sus trabajos y les indiqué cómo buscar literatura científica en bases de datos accesibles desde la UMH. Cuando faltaba una semana para la fecha límite de entrega de los trabajos, los alumnos me solicitaron extender el plazo una semana más (hasta el 15 de noviembre) y, por parte del profesorado, no hubo ningún problema para aceptar la solicitud de extensión de la fecha límite. A fecha de 15 de noviembre, todos los alumnos habían enviado ya sus trabajos científicos a través de la web del congreso (cuando los alumnos enviaban su trabajo, recibían un email de confirmación por parte de EasyChair). Los títulos de los trabajos enviados al congreso fueron los siguientes:

- A small review of the Microwave Landing System.
- Frequency modulated continuous wave radar.
- Interferometría orientada a la teledetección.
- Aplicaciones del radar: radar Doppler.
- Sistema GALILEO: futuro sistema de posicionamiento global de la Unión Europea.
- Air traffic control.

En la figura 3 siguiente, puede apreciarse el listado de los trabajos enviados a la web del congreso, tal y como se visualizaba por el Comité Organizador del simposio.

Title	information	paper	assignment	update	Time	Decisions	Keywords
CARACTERIZACIÓN MULTIMODAL COMPLETA DE CODOS CIRCULARES EN GUÍA RECTANGULAR					Sep 14, 10:18		Codos circulares, Red multimodal, Matriz de admitancias generalizada
A small review of the Microwave Landing System					Nov 05, 10:53		aterriaje de aeronaves, formato de señal, haz de exploración, multiplexación temporal, posicionamiento tridimensional, Time Referenced Scanning Beam
Frequency Modulated Continuous Wave Radar (FMCW)					Nov 11, 10:45		FMCW radar, FM modulation, chirp modulation, range resolution, Doppler frequency
Interferometría Orientada a la Teledetección					Nov 11, 19:20		Interferometría, Teledetección, SAR, DInSAR
Aplicaciones del RADAR. Radar Doppler					Nov 13, 17:38		RADAR, VOR, Doppler.
Sistema GALILEO. Futuro sistema de posicionamiento global de la Unión Europea.					Nov 15, 05:24		Satellite positioning, GALILEO, EC, ESA
Air Traffic Control					Nov 15, 21:59		ATC, Control Tráfico Aéreo, Sistemas Radar

Copyright © 2002 – 2021 EasyChair

Figura 3. Listado de trabajos enviados al congreso.

A partir del 15 de noviembre, daba comienzo la siguiente fase del estudio: el proceso de revisión científica de los trabajos enviados haciendo uso de la plataforma EasyChair. Para facilitar el proceso de revisión, en primer lugar, se proporcionó a los alumnos un tutorial en el que se explicaba con detalle cómo debían proceder para realizar las revisiones de los trabajos que se les asignaran. En dicho tutorial, se explicaba que los alumnos recibirían, en primer lugar, un email de invitación de revisión por parte de la plataforma EasyChair (ver figura 4 siguiente).

Information About the Request

Request made:	Nov 13 2021, 23:02
Request accessed by subreviewer:	Nov 14 2021, 09:40
Submission downloaded by subreviewer:	Nov 14 2021, 09:42
This status is achieved on:	Nov 15 2021, 12:49

Previous Letters

All times shown in the headers are GMT

Time:	Nov 13, 23:02	send email and quote this letter
Who:	you->Ángela Eurosia Ortega Argüello	re-send to another subreviewer
Subject:	RADIONAV 2021 submission review request	

Estimada Ángela,

Te agradecería que, por favor, revisaras el siguiente trabajo enviado al congreso virtual RADIONAV 2021:

 Paper id: 2
 Título: A small review of the Microwave Landing System

Recuerda que, por favor, la fecha límite para enviar la revisión es el próximo lunes 22 de noviembre.

En el Campus Virtual de la asignatura tienes un pequeño tutorial sobre cómo realizar la revisión mediante la plataforma EasyChair.

Muchas gracias.

Saludos,

Angel A. San Blas <aasanblas@umh.es>



Copyright © 2002 – 2021 EasyChair

Figura 4. Email de invitación de revisión de trabajo.

Cada uno de los trabajos enviados fue revisado por 2 personas siguiendo un proceso de revisión por pares de doble ciego (los trabajos enviados eran anónimos y no contenían información sobre la autoría de los mismos). En concreto, cada alumno de la asignatura revisó un trabajo. El resto de las revisiones fueron realizadas por el profesor responsable del estudio. La fecha límite para realizar la revisión fue el 22 de noviembre, por lo que los alumnos disponían de una semana para leerse el trabajo y emitir su informe de revisión.

Por otra parte, en la figura 5 siguiente puede observarse un ejemplo de revisión realizada por uno de los alumnos de la asignatura. En dicho informe de revisión, se debía indicar la recomendación de aceptación o no del trabajo, así como incluir una serie de comentarios críticos (tanto de tipo técnico como de organización y redacción del trabajo) con el objetivo de mejorar la calidad del documento. Se aprecia en la figura que los alumnos realizaron comentarios técnicos, lo que demuestra que estaban implicados en la tarea de revisión.

Overall evaluation. * Please provide a detailed review, including a justification for your scores. Both the score and the review text are required.

☐ 3: strong accept
☒ 2: accept
☐ 1: weak accept
☐ 0: borderline paper
☐ -1: weak reject
☐ -2: reject
☐ -3: strong reject

p. 1, c. 1, ll. 17-20: la razón por la que se puede recibir una frecuencia distinta es el efecto Doppler (movimiento relativo blanco-radar), no el hecho de transmitir una onda continua.
 p. 1, c. 1, ll. 23-25: el transmisor no tiene por qué emitir en todas las direcciones, es común emplear radares directivos. Si te estás refiriendo a una aplicación concreta, di cuál.
 p. 1, c. 1, ll. 28-29: depende mucho de la aplicación. Si te estás refiriendo a una aplicación concreta, di cuál.
 p. 1, c. 1, ll. 31-32: depende de la aplicación. Se puede emplear una sola antena con un circulador.
 p. 4, c. 1, ll. 24-25: no es el número de periodos, si no el propio valor del periodo. Un periodo más corto implicará mejor resolución.
 Fórmula (8): según el esquema representado en la figura 2, $f_{IF,max} = BW$.
 Fórmula (9): ¿qué ocurre con el teorema de Nyquist? $F_s > 2 \cdot BW = 2 \cdot f_{IF,max}$.
 Fórmula (10): de nuevo, según el esquema de la figura 2, R_{max} se dará cuando $f_{IF} = BW$. Por tanto, $R_{max} = T_c \cdot c / 2$.
 p. 5, c. 2, ll. 29-32: La distancia del radar viene limitada por $R_{max} = T_c \cdot c / 2$ (no depende de la digitalización posterior). Si el proceso de digitalización es más restrictivo, explicar por qué o referenciar.
 Fórmula (16): ¿puede ser que sobre el cuadrado del seno?
 Fórmula (17): Según tu referencia [5] (p. 14.23) esto es debido al efecto Doppler y el término que multiplica al seno es: $2 \cdot \Delta f / f_m (= 2 \cdot \Delta \Omega / \Omega_m)$.
 Fórmula (18): las unidades no cuadran. Sería $Range = T_c \cdot c / 2$.
 Fórmula (22): esto es igual al valor absoluto de la frecuencia Doppler según las fórmulas (19) y (20).
 Tabla 1: ¿qué significa la tercera columna (ángulos)?
 Problemas de referencias:
 Las figuras 5 y 6 no se mencionan en ningún momento.

Figura 5. Ejemplo de informe de revisión realizado por un alumno.

Una vez finalizada la ronda de revisiones de los trabajos, se inició la fase relativa a la generación de los trabajos revisados. Cada uno de los alumnos recibió, mediante un email enviado a través de la plataforma EasyChair, los informes de revisión de sus trabajos. A partir de la recepción de dicho email (que se produjo el día 22 de noviembre), los alumnos disponían de 10 días (hasta el 3 de diciembre) para generar las versiones revisadas de sus trabajos. Para generar esas versiones revisadas, los alumnos prepararon:

- 1 Un documento de respuesta a los revisores. En este documento, contestaron a todas las preguntas/sugerencias realizadas por los dos revisores.
- 2 Una nueva versión del trabajo que incluía las modificaciones/sugerencias realizadas por los revisores. En este documento, se debía resaltar los cambios introducidos en la nueva versión del trabajo con respecto a la versión inicial.

Una vez que se recibieron las nuevas versiones de los trabajos, fueron revisadas por el profesor responsable de la asignatura y todas ellas se consideraron aptas para ser aceptadas e incluirse en

el libro de resúmenes del congreso RADIONAV. Finalmente, los alumnos presentaron sus trabajos en clase de manera presencial en sesiones de 20 minutos de duración.

6.4 Resultados del estudio

Los resultados más destacables obtenidos en este estudio se enumeran a continuación:

- Se ha logrado motivar al estudiantado para que se inicie en la investigación científica, gracias a la organización de una conferencia científica simulada mediante una plataforma online real de gestión de congresos.
- Se ha conseguido profundizar en los contenidos que se explican en las lecciones magistrales, pues los alumnos han consultado bases de datos científicas para elaborar sus trabajos.
- Se ha desarrollado la autonomía y el espíritu crítico del estudiantado mediante el proceso de revisión de los trabajos.
- Se ha fomentado el aprendizaje activo entre los alumnos mediante la asignación de diferentes roles (autor y revisor de trabajos).
- Se ha desarrollado la capacidad de los alumnos relacionada con la exposición pública de los resultados de un trabajo científico.

Los resultados citados anteriormente, se han evaluado mediante los siguientes indicadores:

- Seguimiento de la preparación de los trabajos de investigación de los estudiantes. Durante el transcurso del estudio, se supervisó el índice del trabajo de cada estudiante y se aconsejó sobre los contenidos del mismo con el objetivo de lograr trabajos rigurosos.
- Calidad del trabajo preparado y cómputo del número de artículos/libros/informes científicos consultados para la generación del trabajo de investigación. Se valoró de manera significativa el uso de artículos de revistas científicas indexadas en Journal Citation Reports (JCR) de Web of Science en la preparación del trabajo. Asimismo, se valoró el uso de trabajos publicados en congresos nacionales e internacionales de prestigio con un sistema de revisión por pares.
- Calidad del informe de revisión generado por cada estudiante. En este punto, se analizaron detalladamente las revisiones generadas y se valoró la capacidad crítica del estudiantado.
- Capacidad de exposición oral del estudiantado.

En relación con los recursos generados para la difusión del estudio, es importante destacar que se preparó un libro de resúmenes del congreso RADIONAV que contenía todos los trabajos de investigación realizados por los estudiantes. Este libro de resúmenes se imprimió y encuadernó, y se proporcionó una copia del mismo a cada uno de los estudiantes matriculados en la asignatura.

6.5 Discusión y Conclusiones

El objetivo fundamental de este estudio ha sido incentivar la motivación por la investigación científica entre los estudiantes de la asignatura Diseño y Aplicaciones de Sistemas Radio del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación de la UMH, mediante la simulación de un congreso científico gestionado mediante una plataforma online dedicada a la organización y administración de congresos científicos. Asimismo, se ha implantado una evaluación innovadora de la asignatura basada en el aprendizaje colaborativo y en la asignación de roles. Así, los estudiantes, no solamente han sido autores de los trabajos desarrollados, sino que también han actuado como revisores de los trabajos realizados por su compañeros y compañeras, aportando comentarios críticos que han mejorado la calidad de los trabajos.

Además, con la realización de este congreso, se ha logrado motivar a los estudiantes para que se inicien en la investigación científica, se ha profundizado en los contenidos explicados en las lecciones magistrales, se ha desarrollado la autonomía y el espíritu crítico del estudiantado y se ha fomentado el aprendizaje activo mediante la asignación de diferentes roles a los alumnos. La implementación del estudio de innovación se ha realizado con éxito, y todas y cada una de las fases planteadas inicialmente se han desarrollado con normalidad, no habiendo surgido ninguna dificultad reseñable durante la ejecución del mismo.

Con el objetivo de valorar de manera cualitativa si se logró o no motivar a los alumnos con respecto a la investigación científica, se pasó un cuestionario de 6 preguntas a los alumnos cuando ya habían sido evaluados en la asignatura. Las preguntas del cuestionario fueron las siguientes:

- ¿Cómo valoras esta propuesta de innovación docente propuesta por el profesor?
- ¿Te has sentido motivado en la asignatura gracias a la simulación de un congreso científico?
- ¿Crees que es importante realizar estudios de doctorado para potenciar tu capacidad de investigación?
- ¿Estarías dispuesto a iniciar unos estudios de Doctorado? (Respuesta: Sí/No)

- Si has contestado que sí a la pregunta anterior, ¿cuánto crees que ha influido este estudio en tu decisión? Si has contestado que no, indica por qué.
- ¿Cuál es tu valoración global sobre la simulación de la conferencia científica?

Todas las preguntas anteriores (con excepción de la pregunta número 4) se valoraban en una escala de 1 a 4, donde 1 se correspondía con la puntuación más baja y 4 con la puntuación más alta.

El 83,3% de los estudiantes valoró con 4 puntos las preguntas 1), 2) y 3) anteriores, mientras que el 16,7% restante valoró con 3 puntos las citadas preguntas. Respecto a la pregunta 4), el 50% de los estudiantes respondió que sí estaría dispuesto a empezar estudios de Doctorado, puntuando después la pregunta 5) con 3 puntos. Los estudiantes que respondieron que no a la pregunta 4), indicaron en la pregunta 5) que querían buscar suerte en el mercado laboral tras finalizar el Máster que estaban cursando. Finalmente, el 100% de los estudiantes valoraron con un 4 la pregunta número 6. En conclusión, podemos decir que esta propuesta de innovación docente ha resultado ser motivadora para los alumnos y que, gracias a ella, parte del estudiantado se planteó realizar estudios de Doctorado. De hecho, uno de los estudiantes que respondió afirmativamente a la pregunta 4) anterior, se matriculó en un programa de Doctorado de la UMH.

Referencias

- [1] Barkley, E. F., Major, C. H. y Cross, K. P. (2014). Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty (2nd edition). Jossey-Bass.
- [2] Brophy, J. (2004). Motivating students to learn. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410610218>.
- [3] COIT (2017). El perfil del Ingeniero de Telecomunicación: mapa socioprofesional del titulado en Ingeniería de Telecomunicación. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación. <https://www.coit.es/comunicacion/publicaciones/estudios-y-trabajo> (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [4] EasyChair (2025). <https://easychair.org/> (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [5] Eurostat (2022). Tertiary education statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Tertiary_education_statistics (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [6] Finn, A. N., Schrodtt, P., Witt, P. L., Elledge, N., Jernberg, K. A. y Larson, L. M. (2009). A meta-analytical review of teacher credibility and its associations with teacher behaviors

- and student outcomes. *Communication Education*, 58(4), 516-537.
<https://doi.org/10.1080/03634520903131154>
- [7] Frymier, A. B. y Thompson, C.A. (1992). Perceived teacher affinity-seeking in relation to perceived teacher credibility. *Communication Education*, 41(4), 388-399.
<https://doi.org/10.1080/03634529209378900>
- [8] García, R. (2011). Estudio sobre la motivación y los problemas de convivencia escolar (Trabajo Final de Máster). Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Almería.
- [9] INE (2023). Encuesta de inserción laboral de titulados universitarios. Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.es> (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [10] Jiang, Y., Lee, C. K. J., Wan, Z. H. y Chen, J. (2021). Stricter teacher, more motivated students? Comparing the associations between teacher behaviors and motivational beliefs of Western and East Asian learners. *Frontiers in Psychology*, 11, 1-10.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.564327>
- [11] Joyce, B., Weil, M. y Calhoun, E. (2002). Modelos de enseñanza. Gedisa: Barcelona
- [12] Martin, M. M., Chesebro, J. L. y Mottet, T. P. (1997). Students' perceptions of instructors' socio-communicative style and the influence on instructor credibility and situational motivation. *Communication Research Reports*, 14(4), 431-440.
<https://doi.org/10.1080/08824099709388686>
- [13] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (2025). Universidad Miguel Hernández. https://www.umh.es/contenido/Estudios/tit_m_184/datos_es.html (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [14] Observatorio Ocupacional UMH (2022). Informe de inserción laboral de doctorado UMH. <https://sgq.umh.es/f/comun-doctor/estudio-insercion-laboral-doctorado-umh-2022.pdf> (fecha de acceso: 14/01/2025)
- [15] Woolfolk, A. (2006). Psicología educativa (9.a ed.). México: Pearson.

Capítulo 7. Análisis de la percepción del estudiantado de ingeniería mecánica sobre el uso de la inteligencia artificial para abordar casos en Tecnología Mecánica.

D. Abellán¹, A. Navarro-Arcas¹, M. Fabra-Rodríguez¹, H. Campello-Vicente¹

*¹ Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche,
dabellan@umh.es*

Resumen

La irrupción de las inteligencias artificiales (IA) impactará la educación, especialmente en cómo el estudiantado busca información para estudiar y hacer tareas. Las formas tradicionales, como libros, revistas o fuentes confiables en internet, podrían verse desplazadas por la facilidad de usar IA generativa como ChatGPT. Aunque investigaciones indican que estas herramientas pueden responder preguntas cortas e incluso aprobar exámenes universitarios, sus respuestas pueden contener errores, ser inexactas o poco especializadas. Si se reemplazan las notas de clase y libros por IA, los docentes pierden control sobre el contenido que el alumnado estudia.

Este artículo analiza la percepción del estudiantado sobre la validez y precisión de las respuestas de ChatGPT a preguntas típicas del curso de Tecnología de Manufactura. Tras abordar los temas del curso, se pidió al grupo generar respuestas con ChatGPT 3.5 a preguntas de examen, evaluarlas usando notas, libros y otras fuentes, redactar una nueva respuesta e identificar debilidades de la original. Los resultados se comparan con la percepción del estudiantado antes y después de la actividad.

Se concluye que esta actividad ayudó a los estudiantes a comprender las limitaciones del uso de IA generativa en temas de Tecnología de Manufactura, mejorar su razonamiento crítico y reforzar el conocimiento adquirido.

Palabras clave: ChatGPT, IA, inteligencia artificial, razonamiento crítico.

7.1 Introducción

La inteligencia artificial está cada vez más presente en diversos aspectos de la vida, incluida la educación. La representación de estas herramientas en los medios es generalmente positiva [1]. Sin embargo, su uso en la educación implicará cambios metodológicos, éticos y de calidad que vale la pena considerar [2]. Específicamente, en las instituciones de educación superior, existe un debate sobre si permitir o prohibir el uso de IA.

La inteligencia artificial surgió hace varias décadas, ganando terreno progresivamente en aplicaciones cotidianas con el desarrollo del procesamiento de lenguaje natural (NLP) [3]. Sin embargo, en los últimos tres años, ha habido un aumento espectacular con la aparición de chatbots como ChatGPT. Varios autores han enfatizado que ChatGPT y otras IA pueden generar respuestas a preguntas de exámenes universitarios [4].

Según estudios realizados en facultades de medicina, ChatGPT es capaz de aprobar exámenes de respuestas cortas con una tasa de éxito entre el 50 y el 70%, situando su puntuación en el cuartil más alto [5]. Gilson et al. (2022) [6] demuestran en su estudio cómo ChatGPT puede aprobar el examen de licencia médica de EE.UU. y el estudio de Choi (2023) [7] muestra su capacidad para aprobar exámenes de derecho. Esto podría animar al estudiantado a usar estas IA como una herramienta infalible de estudio. Sin embargo, el análisis experto de las respuestas revela que, como ya se sabe, son imprecisas e incompletas. Por ejemplo, un estudio de artículos científicos generados con ChatGPT revela que 4 de cada 5 contenían inexactitudes [8]. En el campo de la educación en ingeniería mecánica, experiencias como la de Puig-Ortiz et al. (2023) [9] en el curso de Teoría de Máquinas y Mecanismos encontraron ciertas limitaciones en el manejo de ecuaciones complejas.

Otros estudios que aplican ChatGPT en la educación han advertido sobre las limitaciones en la calidad de los datos proporcionados por las IA [10, 11]. En el área de matemáticas, también se ha identificado una capacidad pobre para los estudios universitarios [12]. Además, existen ciertas limitaciones para controlar si las fuentes utilizadas son confiables o están actualizadas [4].

A partir de estudios previos, se concluye que, si se va a utilizar inteligencia artificial generativa como ChatGPT como herramienta en la educación superior, se debe fomentar el pensamiento crítico del estudiantado y educarlo sobre las limitaciones e implicaciones de estas herramientas. Cabe destacar que prohibir o evitar el uso de IA para estudiar es imposible y posiblemente contraproducente, por lo que es esencial educar al estudiantado para identificar las deficiencias y carencias de estas herramientas. Además, estas herramientas tienen ciertas fortalezas que los

educadores deben apreciar. Por ejemplo, ChatGPT permite la entrega de experiencias de aprendizaje personalizadas y altamente efectivas [13].

7.2 Metodología

El artículo debería contener la descripción del estudio y debe estar estructurado en diferentes secciones, tales como: Resumen, Introducción, Metodología, Resultados, Conclusiones, Agradecimientos (si corresponde) y Referencias.

La actividad se llevó a cabo entre octubre y diciembre de 2023 con estudiantes del curso de Tecnología de Manufactura. El curso forma parte del tercer año del grado en Ingeniería Mecánica. La metodología de enseñanza para este curso incluye clases teóricas y una serie de sesiones prácticas en el laboratorio donde se exploran ciertos aspectos de los temas tratados en clase. La bibliografía básica del curso consiste en notas proporcionadas por el profesorado y lecturas recomendadas [14].

La actividad se realizó en 5 sesiones de 30 minutos cada una, distribuidas a lo largo del semestre. La participación en la actividad fue voluntaria y se recompensó con hasta 0,5 puntos en la nota final para las personas participantes. Dado que asistir a la actividad requería presencia física en clase, de los 67 estudiantes matriculados en el curso, 44 estudiantes comenzaron la actividad, de los cuales solo 31 la completaron en su totalidad. Estos números se alinean con la asistencia tradicional a clase para este curso.

La evaluación tradicional del curso consta de un componente teórico y uno práctico. La teoría se evalúa mediante un examen teórico con preguntas de respuesta corta. En estas preguntas, el alumnado debe responder a cuestiones teóricas o teórico-aplicadas en menos de una página.

En la actividad de enseñanza descrita en este trabajo, las personas participantes se dividieron en grupos de hasta 4 personas. En cada una de las sesiones de 30 minutos, se les presentaron preguntas de exámenes anteriores relacionadas con temas que ya se habían explicado. El estudiantado debía introducir la pregunta en ChatGPT 3.5, copiar la respuesta generada por la IA y luego evaluar si la respuesta era correcta, identificar errores e intentar mejorar la respuesta si era posible. Al final de la sesión, cada grupo debía enviar a un formulario la respuesta generada por la IA, su respuesta mejorada y un resumen de los errores o deficiencias detectados.

Entre los temas cubiertos en el curso de tecnología de manufactura, los temas abordados en las sesiones con ChatGPT fueron:

- Sesión 1: aceros y fundición de metales.

- Sesión 2: fabricación por arranque de virutas.
- Sesión 3: soldadura.
- Sesión 4: fabricación de plásticos.
- Sesión 5: prototipado rápido.

Para evaluar la corrección de las respuestas generadas por la IA, los participantes podían consultar las notas del curso, el libro de referencia o cualquier página de internet confiable. Después de las 5 sesiones, se realizó una encuesta a las personas participantes sobre su percepción de la fiabilidad de las respuestas de ChatGPT a preguntas de tecnología de manufactura y la fiabilidad de la IA en general. También se les preguntó sobre su uso previo de estas herramientas y sus expectativas para su uso futuro.

7.3 Resultados

Al comienzo de la experiencia, se preguntó sobre sus creencias respecto al funcionamiento de las IA generativas. El 23% creía que las IA como ChatGPT eran capaces de comprender información y generar respuestas como lo haría un humano, mientras que el 19% pensaba que la respuesta de ChatGPT es correcta si la información que consulta es precisa. Por otro lado, el 55% creía que la IA no comprende la información en un sentido humano, y su respuesta se basa en un modelo probabilístico; por lo tanto, la respuesta puede no ser correcta (ver Figura 1). Cuando se preguntó al grupo si utilizaban IA para abordar preguntas relacionadas con el estudio, el 32% no lo había intentado antes, el 55% lo había hecho ocasionalmente, y el 13% consultaba IA regularmente para preguntas.

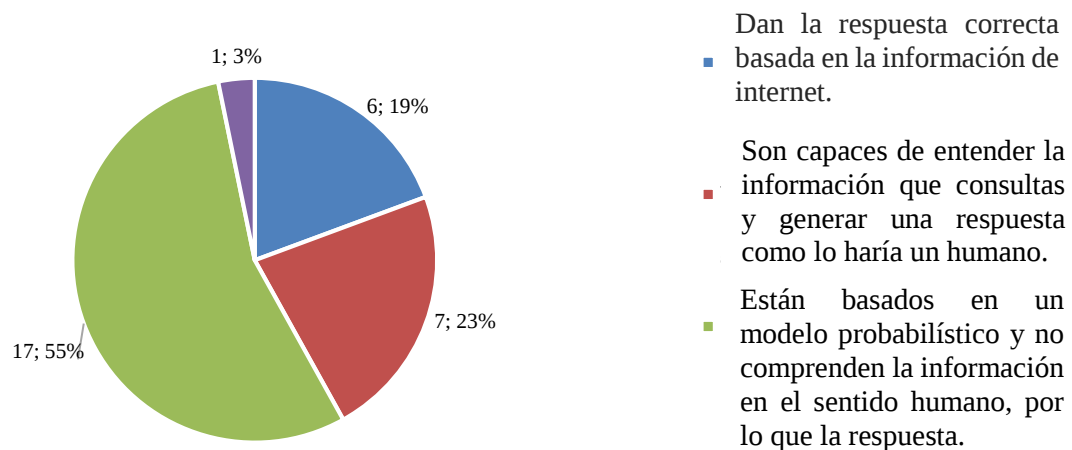


Figura 1. Respuesta del estudiantado sobre cómo pensaban que funcionaban las IA generativas antes del ejercicio.

En cuanto a su uso previo de IA generativas para abordar preguntas relacionadas con el estudio (ver Figura 2), el 32% de los encuestados nunca las había utilizado, el 55% las había utilizado ocasionalmente y solo el 13% utilizaba IA generativas regularmente para resolver preguntas relacionadas con el estudio de ingeniería. Entre el estudiantado que creían que la IA no comprendía la información y, por lo tanto, la respuesta podría ser incorrecta, el 35% nunca había utilizado estas herramientas antes para abordar preguntas en su campo académico. Mientras tanto, el 59% las había utilizado ocasionalmente y el 6% las utilizaba regularmente. El uso de IA por parte del estudiantado que creían que la IA comprende la información o proporciona información correcta fue ligeramente mayor: el 23% no la había utilizado, el 54% la había utilizado ocasionalmente y el 23% la utilizaba regularmente. El porcentaje de uso ocasional de IA para abordar preguntas académicas es similar para aquellos que creían que la respuesta podría ser correcta y aquellos que creían que podría ser incorrecta.

Al correlacionar la percepción del estudiantado sobre la fiabilidad de las respuestas de ChatGPT con su uso previo, surgen los resultados presentados en la Figura 2. La persona que consideraba la IA como no fiable no la había utilizado. El ochenta por ciento del estudiantado que no la habían utilizado consideraban que la respuesta de la IA era fiable o bastante fiable, lo que indica que la razón para no utilizarla no era la falta de confianza. En una encuesta similar realizada con estudiantes de ingeniería mecánica, se observó un porcentaje similar de uso previo de ChatGPT (Puig, 2023).

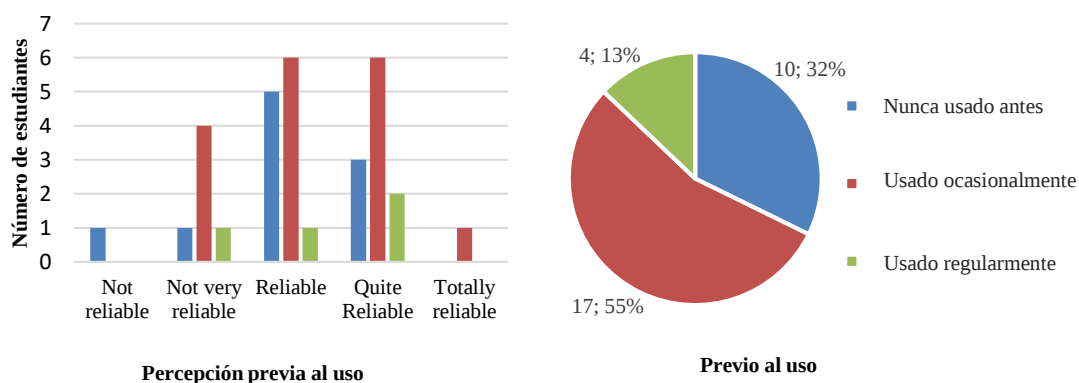


Figura 2. Uso de IA generativas para abordar preguntas relacionadas con la carrera antes de la experiencia de enseñanza. Izquierda: uso basado en la fiabilidad percibida; derecha: uso general.

Durante la experiencia, se pidió al alumnado que evaluaran la calidad de la respuesta proporcionada por ChatGPT. Para ello, el estudiantado consultó predominantemente las notas del curso (84%) y otras fuentes de internet (58%). Solo uno de los encuestados (3%) consultó el libro de referencia recomendado por el profesado para el curso [Groover]. El uso limitado del libro puede atribuirse al poco tiempo dedicado a resolver cada pregunta.

Entre las principales deficiencias en las respuestas generadas por ChatGPT que identificó el alumnado, destacaron el uso de frases redundantes o repetitivas (detectado por el 71% del estudiantado) y la falta de especificidad en las respuestas (detectado por el 74,2%). En menor medida, el alumnado encontró que la IA proporcionaba datos o información incorrecta (el 45,2% del estudiantado detectó este fallo en algún momento) y que, en ocasiones, la respuesta no estaba relacionada con la pregunta formulada (32,3%) (ver Figura 3). El estudiantado que realizó la encuesta identificó alguna deficiencia.

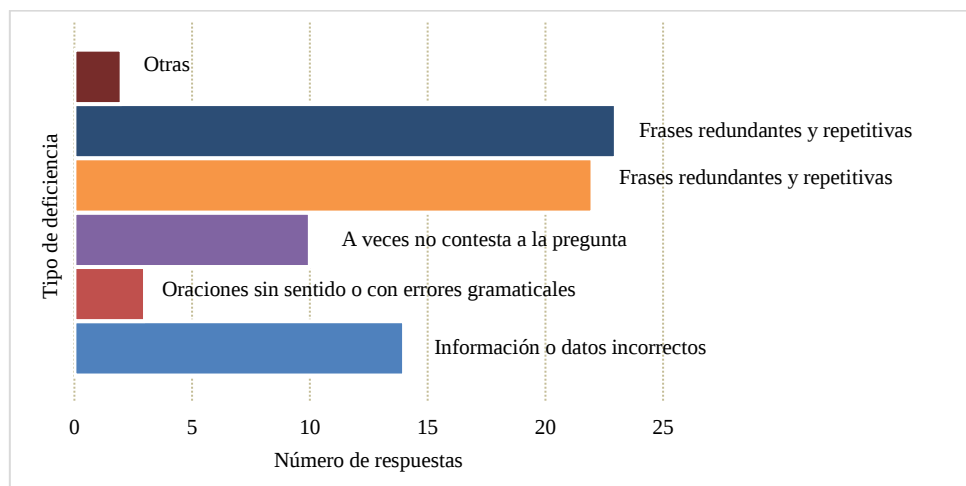


Figura 3. Número de veces que cada tipo de deficiencia ha sido identificado por el estudiantado.

Después de las cinco sesiones realizando esta actividad, se volvió a preguntar al grupo sobre la fiabilidad que percibían en las respuestas generadas por la IA. En general, la percepción de la fiabilidad de ChatGPT para abordar preguntas relacionadas con sus estudios disminuyó después de la actividad. Después de la actividad, ningún estudiante consideró que ChatGPT fuera completamente fiable. El porcentaje de personas que lo consideraban bastante fiable disminuyó del 35,5% al 12,9%. El porcentaje de personas que lo consideraban similar se mantuvo en el 38,7%, y aquellos que lo consideraban poco fiable aumentaron aproximadamente al doble (del 19,4% al 41,9%).

Por el contrario, el 16,2% de los encuestados percibieron las IA como más fiables después de completar el ejercicio. Estas personas percibían la IA como no fiable (3,2%), poco fiable (6,5%) y fiable (6,5%) antes de realizar el ejercicio (ver Figura 4).

Análisis de la percepción del estudiantado de ingeniería mecánica sobre el uso de la inteligencia artificial para abordar casos en Tecnología Mecánica.

D. Abellán, A. Navarro-Arcas, M. Fabra-Rodríguez, H. Campello-Vicente

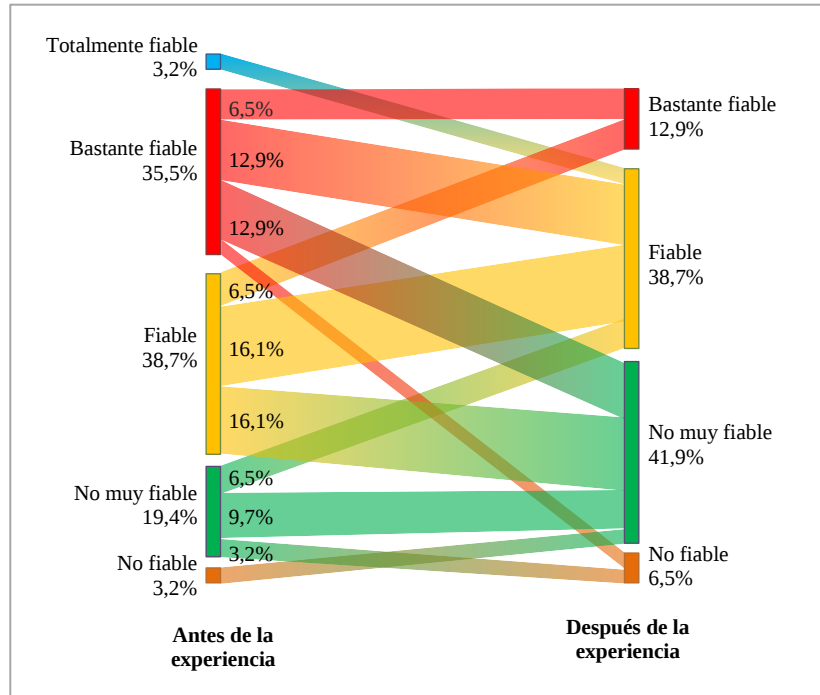


Figura 4. Evolución de la percepción del estudiantado después de completar el ejercicio

Cuando se les preguntó sobre sus expectativas futuras respecto al uso de IA generativas, el 13% expresó que no espera utilizar estas herramientas para consultas relacionadas con la materia, mientras que una mayoría del 81% cree que las utilizará ocasionalmente (Figura 5 izquierda). Entre aquellos que anticipan usarla, aproximadamente el 50% la considera fiable y el 35% la considera poco fiable. Las personas que no esperan usar la IA la perciben como no fiable o poco fiable. Hay una persona que cree que la usará esporádicamente a pesar de considerarla no fiable. Entre aquellos que la consideran bastante fiable, la mayoría espera un uso ocasional. Solo una persona declaró que utilizará estas herramientas regularmente (Figura 5 derecha).

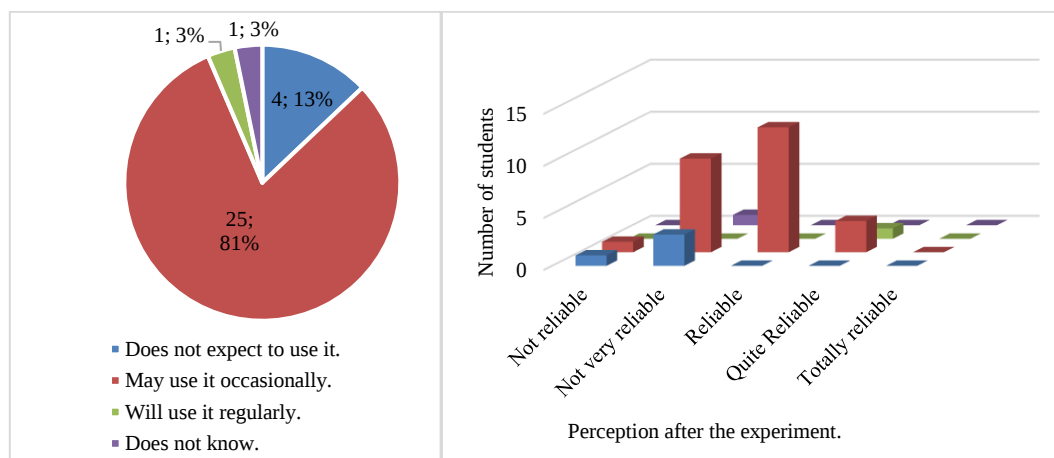


Figura 5. Expectation of AI usage to address subject-related questions in the academic program. Left: overall. Right: expectation based on the current perception of AI reliability.

Cuando se les preguntó después de la actividad si creen que en el futuro las IA reemplazarán fuentes tradicionales como bibliotecas o bases de datos académicas en el entorno educativo, el 32% piensa que no sucederá, el 52% cree que las reemplazará en ciertos temas y solo el 3% piensa que sucederá completamente. El trece por ciento declara que no sabe (ver Figura 6). En la encuesta realizada por Puig-Ortiz et al., el estudiantado mostró un mayor optimismo respecto a la idea de que la IA reemplazará las fuentes tradicionales de información utilizadas para estudiar.

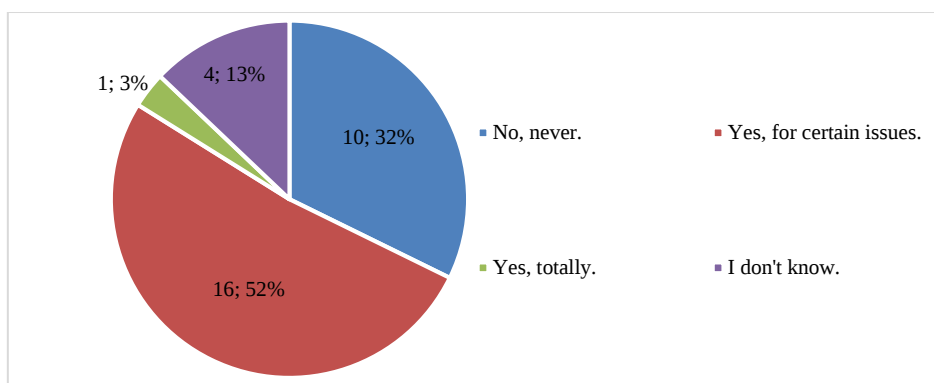


Figura 6. Opinión del estudiantado, según la encuesta, sobre si creen que las IA reemplazarán las fuentes tradicionales en el entorno académico.

También se preguntó al estudiantado sobre su nivel de satisfacción con la actividad realizada y si consideraban que les había ayudado a mejorar ciertas competencias generales y específicas. Los resultados se resumen en la Figura 7. El ochenta y siete por ciento de los participantes está de acuerdo o muy de acuerdo en que la actividad ha ayudado a consolidar su conocimiento sobre la materia de tecnología de manufactura (Figura 7a). Un porcentaje ligeramente menor, el 81% del alumnado, está de acuerdo o muy de acuerdo en que la actividad también ha ayudado a mejorar su conocimiento básico de la tecnología de manufactura relacionado con las preguntas abordadas en la actividad (Figura 7b). Ningún o ninguna estudiante está en desacuerdo en que la actividad ha contribuido a la mejora del conocimiento de la tecnología de manufactura.

El ochenta y siete por ciento del alumnado encuestado está de acuerdo o muy de acuerdo en que la actividad ha ayudado a mejorar su razonamiento crítico al evaluar un texto en el campo de la ingeniería industrial, incluidos los generados por IA. El trece por ciento es indiferente al grado de mejora en el pensamiento crítico (Figura 7c).

El nivel de aceptación/satisfacción con la actividad es positivo, ya que el 42% de los encuestados está de acuerdo y el 52% está muy de acuerdo en que estas iniciativas innovadoras son interesantes y las valoran positivamente (Figura 7d).

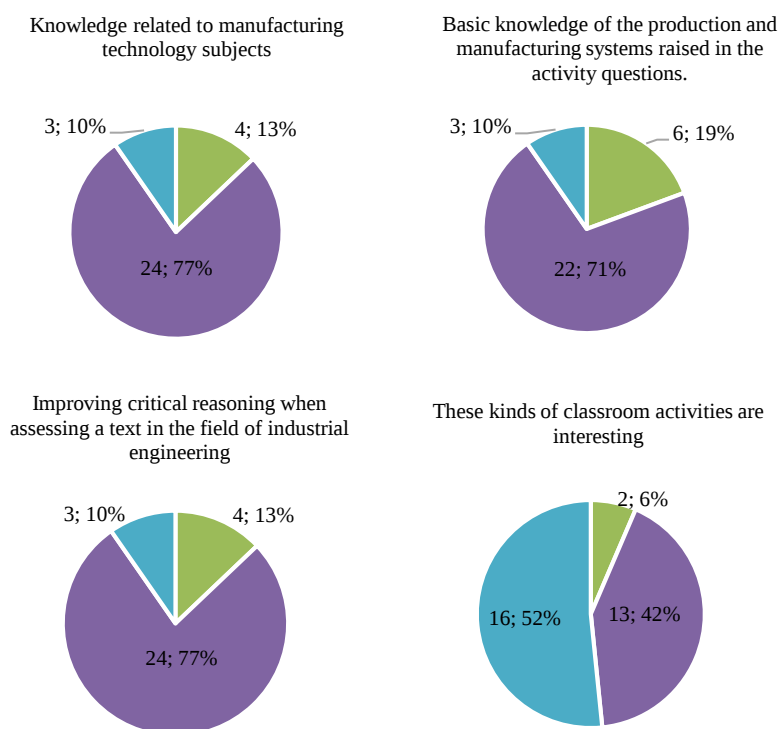


Figura 7. Degree of satisfaction with the activity and level of competency acquisition.

7.4 Conclusiones

Utilizando herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT se pueden generar respuestas a preguntas de examen de la asignatura de Tecnología de fabricación. Sin embargo, las respuestas obtenidas tienen en general ciertas carencias que los propios alumnos son capaces de detectar. Las carencias más habituales son falta de precisión, redundancias, datos incorrectos y en ocasiones no llegan al nivel necesario para un examen de posgrado.

La percepción general del estudiantado acerca de la fiabilidad de las respuestas generadas con IA ha bajado después de que estos utilizaran la herramienta para resolver preguntas de examen. No obstante, y aunque mayoritariamente no consideran que la IA vaya a sustituir completamente a las fuentes tradicionales de información, el alumnado espera hacer uso de estas herramientas para resolver dudas relacionados con sus estudios en el futuro.

En opinión del estudiantado, la actividad aquí presentada ha ayudado a aumentar el espíritu crítico e indirectamente a afianzar los conocimientos de la asignatura de Tecnología de fabricación ya trabajados en clase.

Es innegable que las herramientas como ChatGPT van a cambiar la forma de estudiar. En vista de los resultados obtenidos, los autores consideramos que los docentes debemos tener la mente abierta hacia los cambios. Formando a los alumnos para desarrollar su espíritu crítico y a saber identificar las debilidades y limitaciones de las IA generativas, estas pueden ser una herramienta de valor.

No hemos entrado en este trabajo en consideraciones éticas como es el posible uso deshonesto de estas herramientas, problemas con los derechos de autor, o como afectaría el desarrollo de otras competencias si el uso de las IA sustituyese completamente a otras fuentes.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto (Código de subvención: PIEU_B/2023_73).

Referencias

- [1] A. Tlili et al., “What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education,” *Smart Learn. Environ.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–24, Dec. 2023.
- [2] M. R. King, “A Conversation on Artificial Intelligence, Chatbots, and Plagiarism in Higher Education,” *Cell. Mol. Bioeng.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–2, Feb. 2023.
- [3] S. Nikolic et al., “ChatGPT versus engineering education assessment: a multidisciplinary and multi-institutional benchmarking and analysis of this generative artificial intelligence tool to investigate assessment integrity,” *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 48, no. 4, pp. 559–614, 2023.
- [4] J. P. Carvallo and L. Erazo-Garzón, *On the Use of ChatGPT to Support Requirements Engineering Teaching and Learning Process*. Springer Nature Singapore, 2023.
- [5] A. D. Oztermeli and A. Oztermeli, “ChatGPT performance in the medical specialty exam: An observational study,” *Medicine (Baltimore)*, vol. 102, no. 32, p. e34673, Aug. 2023.
- [6] A. Gilson et al., “How Does ChatGPT Perform on the United States Medical Licensing Examination? The Implications of Large Language Models for Medical Education and Knowledge Assessment,” *JMIR Med. Educ.*, vol. 9, p. e45312, Feb. 2023.

- [7] J. H. Choi, K. E. Hickman, A. Monahan, and D. B. Schwarcz, "ChatGPT Goes to Law School," SSRN Electron. J., pp. 1–16, 2023.
- [8] S. Ariyaratne, K. P. Iyengar, N. Nischal, N. Chitti Babu, and R. Botchu, "A comparison of ChatGPT-generated articles with human-written articles," Skeletal Radiol., Sep. 2023.
- [9] J. Puig-Ortiz, R. Pàmies-Vilà, and L. J. Nebot, "Exploring the Application of Chatgpt in Mechanical Engineering Education," SEFI 2023 - 51st Annu. Conf. Eur. Soc. Eng. Educ. Eng. Educ. Sustain. Proc., pp. 2751–2760, 2023.
- [10] J. Su and W. Yang, "Unlocking the Power of ChatGPT: A Framework for Applying Generative AI in Education," ECNU Rev. Educ., Aug. 2023.
- [11] J. Rudolph, S. Tan, and S. Tan, "ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education?," J. Appl. Learn. Teach., vol. 6, no. 1, pp. 342–363, Jan. 2023.
- [12] S. Frieder et al., "Mathematical Capabilities of ChatGPT," pp. 1–37, 2023.
- [13] J. Qadir, "Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education," IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON, vol. 2023-May, pp. 1–9, 2023.
- [14] M. Groover, Fundamentos de manufactura moderna. Tercera edición. Ed, 3rd ed. 2007.

Capítulo 8. Desarrollo de material didáctico de simulación para estudiar la planificación de trayectorias en robots redundantes

Adrián Peidró¹, Óscar Reinoso¹, Arturo Gil¹, José María Marín²

*1 Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Miguel Hernández de Elche, *apeidro@umh.es (autor de correspondencia)*

2 Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Miguel Hernández de Elche

Resumen

Los manipuladores robóticos se consideran cinemáticamente redundantes cuando poseen más grados de libertad que los estrictamente necesarios para completar su tarea. Por ejemplo, un manipulador plano con tres grados de libertad se vuelve redundante si su tarea principal es controlar la posición de su efector final en el plano, omitiendo la orientación de dicho efector. La redundancia cinemática se puede aprovechar para lograr objetivos secundarios además de la tarea principal, por ejemplo: evitar obstáculos o singularidades, maximizar la manipulabilidad, minimizar energía, etc. Esto confiere a los manipuladores redundantes una mayor flexibilidad, ya que, para los manipuladores redundantes, una tarea dada se puede resolver mediante un número infinito de configuraciones articulares diferentes. Esto contrasta con los manipuladores no redundantes, para los cuales una tarea dada se puede lograr solo mediante un número finito de configuraciones articulares.

El problema de la resolución de la redundancia consiste en decidir un criterio para elegir una de estas infinitas posibles soluciones articulares que logren la tarea principal deseada. Por lo general, cuando se enseña la resolución de redundancia cinemática en los estudios de grado y máster, este problema se aborda a nivel de velocidades, es decir, se pseudoinvierte la ecuación de velocidades del manipulador para resolver las velocidades articulares como funciones de las velocidades de la tarea (es decir, las velocidades de las coordenadas de interés del efector final), y luego se integran numéricamente estas velocidades articulares para obtener las configuraciones articulares que debe adoptar el manipulador para completar su tarea. Este enfoque basado en velocidades es muy popular principalmente debido a su simplicidad; sin embargo, presenta deficiencias que se pueden abordar mediante enfoques alternativos a nivel de variables de posición (y no de velocidades), como los mapas de factibilidad o las variedades de auto-movimiento.

Independientemente del enfoque que se siga, enseñar y aprender la cinemática de los manipuladores redundantes no es fácil debido a la infinitud de configuraciones articulares que resuelven una tarea determinada. Cuando se siguen métodos tradicionales basados en velocidades, toca lidiar con la pseudoinversión de matrices Jacobianas y la proyección de gradientes (de los objetivos secundarios) en el espacio nulo de dichas matrices. Cuando se utilizan métodos a nivel de variables de posición, es necesario generar y explorar las variedades que contienen las infinitas soluciones. En ambos casos, el problema se puede entender mucho más fácilmente si se dispone de representaciones gráficas de los cálculos y objetos matemáticos involucrados. Por esta razón, en este capítulo presentamos un simulador interactivo y gráfico dirigido a facilitar la enseñanza y el aprendizaje del problema de resolución de redundancia cinemática en manipuladores robóticos redundantes.

El simulador presentado en este capítulo consiste en un robot paralelo plano con tres grados de libertad, cuya tarea principal es controlar únicamente la posición (y no la orientación) de su efector final en el plano, lo que hace que este robot sea redundante. Para una posición deseada para el efector final especificada por el estudiante, el simulador representa gráficamente las variedades de auto-movimiento formadas por todas las configuraciones articulares que permiten al robot alcanzar dicha posición. Para una trayectoria deseada definida por el estudiante, el simulador representa los mapas de factibilidad e ilustra las transformaciones sufridas por las variedades de auto-movimiento a lo largo de la trayectoria. Además, el estudiantado puede probar también soluciones basadas en el enfoque tradicional de velocidades, y analizar cómo se relaciona éste con enfoques a nivel de posición, lo que facilita la comprensión de la resolución de la redundancia desde diferentes perspectivas.

Palabras clave: simulación, interactiva, manipulador robótico, resolución de la redundancia, variedad.

8.1 Introducción

Los manipuladores robóticos son sistemas mecánicos formados por varios cuerpos conectados mediante articulaciones de distinto tipo, formando cadenas cinemáticas abiertas (robots seriales) y cerradas (robots paralelos). Su enseñanza y aprendizaje en asignaturas de robótica y control es complejo porque, tanto desde el punto de vista cinemático como dinámico, su análisis involucra sistemas de ecuaciones no-lineales que no son fáciles de abordar a mano por el estudiantado de grado o incluso máster. Esta dificultad es aún mayor cuando se estudian manipuladores redundantes, que tienen más grados de libertad que el número de variables operacionales que son de interés para la tarea que debe completar el robot, pues en ese caso existen infinitas soluciones para satisfacer dicha tarea.

Dada la alta complejidad matemática de los manipuladores robóticos, su enseñanza y aprendizaje suele apoyarse en el uso de herramientas didácticas de simulación, que permiten al estudiantado experimentar con la cinemática, dinámica, programación y control de estos robots, utilizando interfaces gráficas de usuario que permiten visualizar al robot en movimiento sin necesidad de resolver e implementar manualmente sus ecuaciones. Algunas de estas herramientas de simulación son diversas bibliotecas para Matlab (ARTE [1], Robotics Toolbox [2] y Robolab [3]), Labview [4], RoboAnalyzer [5], 4MDS [6], ADAMS [7] o SimMechanics [8]. Aunque estas herramientas permiten al estudiantado simular la cinemática y/o dinámica de robots seriales y algunos robots paralelos, están principalmente dirigidas a robots no redundantes. Por esta razón, en este artículo presentamos una herramienta didáctica que hemos desarrollado en el presente proyecto de innovación docente, tratándose dicha herramienta de una interfaz gráfica de usuario con la que el estudiantado pueden simular un robot paralelo redundante, permitiéndoles probar, comparar y comprender diferentes enfoques para la resolución de la redundancia, que se define como el problema de elegir una entre las infinitas soluciones que permiten a un robot redundante completar una tarea dada.

8.2 Cinemática inversa y resolución de la redundancia cinemática

En esta sección revisamos algunos enfoques para resolver la cinemática inversa y la redundancia de manipuladores robóticos redundantes. Comenzamos con el enfoque más popular, el método basado en velocidades (o método a nivel diferencial), y luego describimos un par de métodos que operan a nivel de posición o configuración. Para ilustrar todos los métodos, utilizaremos el robot

paralelo 3RRR con un grado de redundancia como caso de estudio, que es el robot que se puede simular con la herramienta de simulación desarrollada en el presente proyecto. Sin embargo, estos métodos se pueden aplicar a otros robots redundantes, tanto seriales como paralelos, y con mayores grados de redundancia.

Consideremos el robot paralelo planar 3RRR ilustrado en la Fig. 1, que tiene tres grados de libertad (GDL). Consiste en un efector final, que es el triángulo equilátero ABC con lado h , conectado al suelo en los puntos O, Q y R a través de tres patas articuladas ODA, QEB y RFC, respectivamente. Para cada pata, la barra o eslabón que está más cercano al suelo tiene una longitud a_i , mientras que el eslabón que está conectado al efector final tiene una longitud b_i ($i = 1, 2, 3$). Todas las articulaciones de este robot son de tipo rotativo o de revolución, donde las articulaciones O, Q y R son actuadas, mientras que las articulaciones restantes son pasivas.

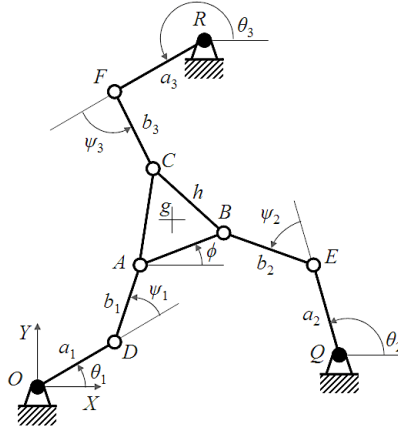


Figura 1. Esquema del robot 3RRR.

La posición del efector final ABC en el sistema OXY está dada por las coordenadas cartesianas (x_g, y_g) de su centro geométrico g , mientras que su orientación está dada por el ángulo ϕ entre el segmento AB y el eje X. Los ángulos θ_i rotados por los eslabones a_i con respecto al eje X son las coordenadas articulares actuadas, es decir, ángulos controlados directamente por motores conectados a las articulaciones O, Q y R, mientras que los ángulos ψ_i rotados por los eslabones b_i con respecto a los eslabones a_i son pasivos. Las siguientes relaciones geométricas entre todas estas variables cinemáticas se pueden deducir fácilmente de la Fig. 1:

$$x_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \cos\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - a_1 \cos(\theta_1) - b_1 \cos(\theta_1 + \psi_1) = 0 \quad (1)$$

$$y_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \sin\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - a_1 \sin(\theta_1) - b_1 \sin(\theta_1 + \psi_1) = 0 \quad (2)$$

$$x_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \cos\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - x_Q - a_2 \cos(\theta_2) - b_2 \cos(\theta_2 + \psi_2) + h \cos(\phi) = 0 \quad (3)$$

$$y_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \sin\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - y_Q - a_2 \sin(\theta_2) - b_2 \sin(\theta_2 + \psi_2) + h \sin(\phi) = 0 \quad (4)$$

$$x_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \cos\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - x_R - a_3 \cos(\theta_3) - b_3 \cos(\theta_3 + \psi_3) + h \cos\left(\phi + \frac{\pi}{3}\right) = 0 \quad (5)$$

$$y_g - \frac{h}{\sqrt{3}} \sin\left(\phi + \frac{\pi}{6}\right) - y_R - a_3 \sin(\theta_3) - b_3 \sin(\theta_3 + \psi_3) + h \sin\left(\phi + \frac{\pi}{3}\right) = 0 \quad (6)$$

donde (x_Q, y_Q) y (x_R, y_R) son las coordenadas cartesianas de los puntos Q y R en el sistema OXY.

Las ecuaciones (1)-(6) constituyen un sistema de seis ecuaciones. Cuando se conocen los giros θ_i de las articulaciones actuadas, el Problema Cinemático Directo (PCD) consiste en resolver las seis incógnitas restantes $(x_g, y_g, \phi$ y ψ_i , para $i = 1,2,3$) a partir de estas ecuaciones. Se trata de un problema con igual número de ecuaciones que de incógnitas, y genéricamente (es decir, para valores arbitrarios de todos los parámetros y variables involucradas) tiene hasta seis soluciones reales diferentes.

El problema opuesto, es decir, el Problema Cinemático Inverso (PCI), requiere definir primero las variables operacionales que son de interés para la tarea o misión del robot. Supongamos primero que la tarea requiere que tanto la posición como la orientación del efector final estén controladas, de modo que las variables operacionales de interés sean (x_g, y_g) y ϕ . Cuando se conocen los valores deseados de estas tres variables operacionales, el PCI consiste en resolver las seis incógnitas θ_i y ψ_i ($i = 1,2,3$) de las ecuaciones (1)-(6). Nuevamente, este es un problema con el mismo número de ecuaciones que de incógnitas. De hecho, para este robot, el PCI se puede resolver de manera desacoplada e independiente para cada pata del robot: se obtienen dos soluciones para (θ_1, ψ_1) de las ecuaciones (1)-(2), se obtienen dos soluciones para (θ_2, ψ_2) de las ecuaciones (3)-(4), y se obtienen dos soluciones más para (θ_3, ψ_3) de las ecuaciones (5)-(6). Combinando estos tres pares de soluciones, obtenemos un total de $2^3=8$ combinaciones diferentes, es decir, ocho soluciones o configuraciones diferentes que colocan al efector final en la posición deseada (x_g, y_g) y con la orientación deseada ϕ . Este es el caso no redundante, donde el número de grados de libertad del robot coincide con el número de variables operacionales de interés.

En este artículo, sin embargo, nos interesa abordar el PCI cuando los robots son cinemáticamente redundantes. La redundancia cinemática ocurre cuando un robot tiene más grados de libertad que variables operacionales, en cuyo caso el número de grados de libertad menos el número de variables operacionales se define como el grado de redundancia r . Para el robot 3RRR, supongamos ahora que la orientación ϕ del efector final carece de interés, y las variables operacionales de interés para la tarea son únicamente las coordenadas de posición (x_g, y_g) de su efector final. En otras palabras: el objetivo es que el efector final siga trayectorias Cartesianas

únicamente en términos de posición, sin importarnos su orientación. En ese caso, el grado de redundancia es $r = 1$ y la solución del PCI cambia de forma drástica con respecto al caso no redundante: para una posición deseada (x_g, y_g) del efector final, el sistema de ecuaciones (1)-(6) tiene ahora, en general, infinitas soluciones diferentes, porque es un sistema sub-restringido de seis ecuaciones con siete incógnitas (ϕ , θ_i y ψ_i , para $i = 1, 2, 3$). En esta situación, la resolución de la redundancia consiste en decidir o escoger, de entre esa infinitud de soluciones, una solución concreta para alcanzar la posición deseada (x_g, y_g) . En las siguientes secciones revisaremos algunos enfoques para la resolución de la redundancia, comenzando por el más popular.

8.2.1 Enfoque basado en velocidades para la resolución de la redundancia

Sea $\mathbf{X} = [x_g, y_g]^T$ el vector de variables operacionales, y sea $\mathbf{Q} = [\theta_1, \theta_2, \theta_3, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \phi]^T$ el que contiene todas las demás variables cinemáticas (coordenadas articulares activas y pasivas, además de la orientación del efector final). Sea $\mathbf{F} = [f_1, \dots, f_6]^T$ el vector columna formado por los lados izquierdos de las ecuaciones (1)-(6), donde $f_i = f_i(\mathbf{X}, \mathbf{Q})$ es el lado izquierdo de la ecuación (i) (para $i = 1, \dots, 6$), que es una función de $\mathbf{X}$ y $\mathbf{Q}$. Al derivar las ecuaciones (1)-(6) con respecto al tiempo, obtenemos:

$$\mathbf{A} \dot{\mathbf{X}} + \mathbf{B} \dot{\mathbf{Q}} = \mathbf{0} \quad (7)$$

donde $\mathbf{A} = \partial \mathbf{F} / \partial \mathbf{X}$ y $\mathbf{B} = \partial \mathbf{F} / \partial \mathbf{Q}$ son las matrices Jacobianas de la función vectorial $\mathbf{F}$ con respecto a $\mathbf{X}$ y $\mathbf{Q}$, respectivamente. Para el robot estudiado, $\mathbf{A}$ es de tamaño 6×2 , mientras que $\mathbf{B}$ es 6×7 .

Supongamos que se desea que las variables operacionales describan una trayectoria conocida $\mathbf{X}_d(t)$, donde t es el tiempo ($0 < t < t_{fin}$). Sustituyendo $\mathbf{X} = \mathbf{X}_d(t)$ en (7) y resolviendo $\dot{\mathbf{Q}}$, obtenemos:

$$\dot{\mathbf{Q}} = -\mathbf{B}^\dagger \mathbf{A} \dot{\mathbf{X}}_d(t) + (\mathbf{I} - \mathbf{B}^\dagger \mathbf{B}) \dot{\mathbf{Q}}_f \quad (8)$$

donde $\mathbf{I}$ es la matriz identidad de tamaño 7, y $\mathbf{B}^\dagger = \mathbf{B}^T (\mathbf{B} \mathbf{B}^T)^{-1}$ es la pseudoinversa de Moore-Penrose de $\mathbf{B}$, que proporciona la solución de mínima norma $\dot{\mathbf{Q}}$ de la ecuación lineal $\mathbf{B} \dot{\mathbf{Q}} = -\mathbf{A} \dot{\mathbf{X}}$, que admite infinitas soluciones porque consta de 6 ecuaciones escalares y 7 incógnitas. El segundo término del lado derecho de (8) es un vector libre $\dot{\mathbf{Q}}_f$ que se proyecta sobre el espacio nulo de $\mathbf{B}$ mediante el proyector $(\mathbf{I} - \mathbf{B}^\dagger \mathbf{B})$, y por lo tanto no afecta a la velocidad de tarea deseada $\dot{\mathbf{X}}$ porque se anula al insertarlo en (7). El vector libre $\dot{\mathbf{Q}}_f$ tiene en cuenta la redundancia cinemática, es decir,

los grados de libertad redundantes que exceden el número de variables operacionales, y puede aprovecharse para que el robot atienda a objetivos secundarios o restricciones adicionales mientras sigue la trayectoria operacional deseada $\mathbf{X}_d(t)$, que es considerada como el objetivo principal. Para ello, el vector $\dot{\mathbf{Q}}_f$ se elige normalmente de la siguiente manera:

$$\dot{\mathbf{Q}}_f = k \nabla_{\mathbf{Q}} H \quad (9)$$

donde $H = H(\mathbf{Q})$ es una función de coste escalar y $\nabla_{\mathbf{Q}} H$ es el gradiente (dispuesto como un vector columna) de H con respecto a $\mathbf{Q}$. Al elegir $\dot{\mathbf{Q}}_f$ según (9), las variables cinemáticas $\mathbf{Q}$ evolucionarán en la dirección que maximice H mientras que las variables operacionales $\mathbf{X}$ seguirán la trayectoria deseada $\mathbf{X}_d$. Normalmente, H se elige de forma que se eviten límites articulares, singularidades u obstáculos [9]. El coeficiente k es una ganancia escalar que modula la intensidad con la que se debe maximizar H .

La ecuación (8) es el enfoque de velocidades para la resolución de la redundancia. En la literatura, se ha utilizado abundantemente para resolver la redundancia de robots de tipo serie, pero también se puede utilizar para robots paralelos redundantes como ilustra el presente capítulo. En la literatura, este es el enfoque preferido para abordar la resolución de la redundancia en robots cinemáticamente redundantes debido a su extrema simplicidad, ya que la ecuación diferencial (8) puede considerarse como un sistema dinámico no-lineal donde $\mathbf{Q}(t)$ es la salida y $\mathbf{X}_d(t)$ es la entrada. Si la configuración inicial $\mathbf{Q}(0)$ del robot satisface las ecuaciones (1)-(6) para $\mathbf{X} = \mathbf{X}_d(0)$, entonces únicamente hay que integrar numéricamente la ecuación (8) para $0 < t < t_{fin}$ para obtener una trayectoria $\mathbf{Q}(t)$ que hará que el robot siga la trayectoria operacional deseada $\mathbf{X}_d(t)$.

Aunque este es un enfoque simple, no está exento de diversas desventajas, como se detalla en [9] y las referencias allí citadas. Para empezar, la ecuación (8) es no-holonómica, lo que significa que, en general, trayectorias operacionales cíclicas $\mathbf{X}_d(t)$ no generarán trayectorias periódicas $\mathbf{Q}(t)$, dificultando la repetibilidad de movimientos del robot. Además, al ser ésta una formulación basada en velocidades presenta dificultades para incorporar con precisión restricciones que se definen de forma más natural en términos de variables posicionales o de configuración ($\mathbf{Q}$) que en términos de velocidades ($\dot{\mathbf{Q}}$), como la evasión de obstáculos.

8.2.2 Variedades de auto-movimiento

Un enfoque diferente para la resolución de la redundancia consiste en intentar resolver directamente $\mathbf{Q}$ de las ecuaciones (1)-(6), en lugar de integrar numéricamente su velocidad $\dot{\mathbf{Q}}$ tras

resolverla de la versión linealizada (7) de dichas ecuaciones. Para un valor deseado dado de las variables operacionales (x_g, y_g) , las ecuaciones (1)-(6) constituyen un sistema de seis ecuaciones con siete incógnitas, que son las coordenadas del vector $\mathbf{Q} = [\theta_1, \theta_2, \theta_3, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \phi]^T$. Por lo tanto, el sistema está sub-restringido y admite infinitas soluciones. Para valores genéricos de (x_g, y_g) y de todos los demás parámetros de diseño constantes (es decir, longitudes a_i y b_i de los eslabones, posiciones de los apoyos Q y R, tamaño h del efector final), estas infinitas soluciones descansan sobre un número finito de variedades unidimensionales disjuntas, es decir, curvas diferenciables en el espacio heptadimensional de $\mathbf{Q}$. Éstas se conocen como variedades de automovimiento [10], cuyo nombre proviene del hecho de que, cuando el vector $\mathbf{Q}$ se mueve a lo largo de estas variedades, las variables operacionales (x_g, y_g) no cambian. Cuando las variables operacionales (x_g, y_g) cambian de forma continua, las variedades de automovimiento también se deforman de forma continua, y tanto su forma como su tamaño cambian. Al alcanzar algunas posiciones críticas (x_g^*, y_g^*) , estas variedades pueden sufrir cambios topológicos como la fusión de variedades disjuntas (o, por el contrario, la subdivisión de una variedad en dos variedades disjuntas), la apertura de una curva cerrada (o el cierre de una curva abierta) y la desaparición de variedades existentes (o la creación de otras nuevas). En [11], la desaparición de variedades se asoció a la aparición de barreras de movimiento para las variables operacionales (x_g, y_g) , lo que significa que las variables operacionales no pueden moverse en ciertas direcciones sin forzar un cambio discontinuo de la configuración del robot, lo cual no es físicamente posible.

Las variedades de auto-movimiento pueden considerarse como la solución más completa al PCI de un manipulador redundante, porque estas variedades almacenan todas las configuraciones $\mathbf{Q}$ que sitúan a las variables operacionales en la posición deseada (x_g, y_g) . Si se conocen las variedades de auto-movimiento, éstas pueden rastrearse de manera exhaustiva para encontrar la configuración globalmente óptima que cumpla con cualquier objetivo secundario, mientras que el enfoque basado en velocidades explicado en la Sección 2.1 normalmente solo encuentra soluciones localmente óptimas. Además, las restricciones cinemáticas que se definen de manera más natural y rigurosa a nivel de variables de posición, como la evasión de obstáculos o los límites articulares, se pueden incorporar muy fácilmente en el enfoque basado en variedades de auto-movimiento, ya que solo se precisa descartar todos los puntos de dichas variedades que produzcan colisiones o excedan los límites articulares.

8.2.3 Mapas de factibilidad

La noción de variedad de auto-movimiento explicada en la sección anterior se define para un único valor de las variables operacionales. Si se requiere que el centro g del efector final se

coloque en alguna posición deseada (x_g, y_g) , entonces las configuraciones que logren esto pertenecerán a un conjunto de variedades de auto-movimiento disjuntas. Si la posición deseada (x_g, y_g) cambia, las variedades de auto-movimiento cambiarán en consecuencia, pero cada posición (x_g, y_g) llevará asociado su propio conjunto de variedades de auto-movimiento.

Si no estamos interesados en el problema de la resolución de redundancia en una única posición (x_g, y_g) , sino que estamos interesados en abordar este problema cuando las variables operacionales necesitan seguir una trayectoria deseada $\mathbf{X}_d(t)$ (para $0 < t < t_{fin}$), la noción de mapa de factibilidad [12] se vuelve útil. Un mapa de factibilidad puede definirse como un conjunto de puntos $(t, \mathbf{x}_r)$ que generan configuraciones reales (es decir, soluciones matemáticas no imaginarias) factibles del robot mientras satisfacen restricciones tales como límites articulares o evasión de obstáculos, donde t es el tiempo y $\mathbf{x}_r$ es un conjunto de r coordenadas redundantes, donde r es el grado de redundancia del robot. Para el robot 3RRR estudiado en este artículo, $r = 1$ y solo necesitamos elegir una coordenada redundante. Para simplificar, elegiremos $\phi \in [-\pi, +\pi]$ rad como la coordenada redundante para ilustrar los mapas de factibilidad, como en [13]. Por lo tanto, los mapas de factibilidad del robot 3RRR serán regiones del plano (t, ϕ) para las que el robot adopta configuraciones reales mientras evita auto-colisiones entre sus barras b_i , que se modelarán como rectángulos en la Sección 3.

Un posible método para construir mapas de factibilidad es el siguiente. En primer lugar, varíese t en un mallado discreto de 0 a t_{fin} , utilizando un paso de tiempo deseado Δt . Para cada valor de t en este mallado, ϕ ha de variarse también en su propio mallado discreto de $-\pi$ a $+\pi$, utilizando un paso angular deseado $\Delta \phi$. Evidentemente, cuanto más pequeños sean estos pasos, más preciso será el mapa de factibilidad, pero el tiempo de cálculo también aumentará. Estos mallados anidados generan una cuadrícula bidimensional de puntos discretos (t_k, ϕ_k) . Para cada punto (t_k, ϕ_k) , la coordenada de tiempo t_k proporciona la posición deseada para el efector final: $[x_g^k, y_g^k] = \mathbf{X}_d^T(t_k)$. Esto, junto con el valor correspondiente de la coordenada redundante ϕ_k , nos permite resolver las ecuaciones (1)-(6) para obtener los valores de las incógnitas cinemáticas restantes $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \psi_1, \psi_2, \psi_3)$ (nótese que, para valores dados de x_g , y_g y ϕ , existen ocho soluciones diferentes para estas incógnitas, por lo tanto, habrá ocho mapas de factibilidad, uno para cada solución). Si todas las incógnitas cinemáticas calculadas están dentro de sus respectivos límites articulares y no producen auto-colisiones entre los eslabones b_i , entonces el punto (t_k, ϕ_k) se almacena en el mapa de factibilidad, de lo contrario se descarta. El conjunto de todos los puntos (t_k, ϕ_k) no descartados constituye el mapa de factibilidad. Los mapas de factibilidad son útiles para planificar trayectorias de robots redundantes porque reducen la dimensionalidad del problema: en un mapa de factibilidad, es necesario buscar trayectorias que se muevan desde la

configuración inicial en $t = 0$ hasta cualquier configuración factible final en $t = t_{fin}$, con la restricción de que t aumente de forma monótona (el tiempo no puede detenerse ni ir hacia atrás mientras se ejecuta la trayectoria), y la coordenada redundante ϕ se puede variar de forma continua y libremente para satisfacer objetivos y restricciones secundarias, como la evasión de obstáculos.

8.3 Simulador didáctico desarrollado

En esta sección se describe la herramienta didáctica de simulación que se ha desarrollado para facilitar al estudiantado la comprensión de los conceptos sobre resolución de redundancia cinemática explicados en la Sección 2, ofreciendo diversas representaciones gráficas de dichos conceptos. El simulador, mostrado en la Fig. 2, se puede descargar desde <https://arvc.umh.es/parola/inted24> (se requiere Java) y consta de cuatro ventanas que se explican a continuación:

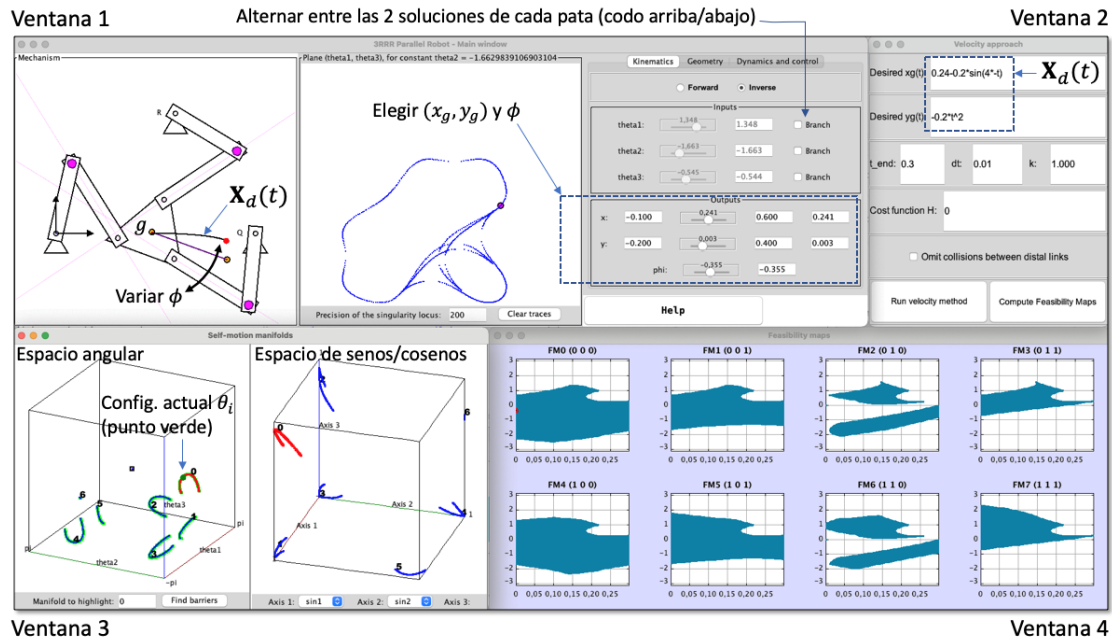


Figura 2. Simulador para analizar la resolución de redundancia de un robot paralelo redundante 3RRR.

Ventana 1: es la ventana principal y muestra una representación del robot 3RRR, donde todos los eslabones tienen forma rectangular. Posee un panel de control donde el usuario puede introducir la posición deseada (x_g, y_g) y la orientación ϕ . La posición también se puede modificar arrastrando el centro g del efector final, y la orientación también se puede cambiar girando la barra auxiliar conectada al efector, tal y como indica la Fig. 2. El panel de control muestra los valores actuales de los ángulos θ_i , junto con un botón que permite al usuario cambiar entre las

dos soluciones (llamadas “branches” en dicho panel) del PCI de cada pata del robot (con un total de 8 soluciones diferentes para el robot completo, como se explicó en la Sección 2).

Ventana 2: esta es una ventana de control donde el usuario puede definir una trayectoria deseada $\mathbf{X}_d(t)$ para las variables operacionales (x_g, y_g) . La trayectoria se ha de introducir como una cadena de caracteres que la defina en función del tiempo t . Además, en esta ventana el usuario especifica el tiempo final t_{fin} (t_end) de la trayectoria, el paso de tiempo dt utilizado para integrar numéricamente la ecuación (8), la función de coste H utilizada en (8) (que también se ingresa como una cadena de caracteres que es una función explícita de $\mathbf{Q}$) y la ganancia k que ajusta la intensidad con la que debe maximizarse la función de coste H . Al presionar el botón “Run velocity method” se simula el seguimiento de $\mathbf{X}_d(t)$, resolviendo la redundancia cinemática mediante el enfoque de velocidades explicado en la Sección 2.1. Al presionar el botón “Compute feasibility maps” se calculan los mapas de factibilidad para la trayectoria deseada $\mathbf{X}_d(t)$ y se representan en la Ventana 4, que se explicará más adelante. La Ventana 2 también incluye una casilla (“Omit collisions between distal links”) que permite al usuario omitir o tener en cuenta las colisiones mutuas entre las tres barras b_i . Si esta casilla no está marcada, se suprimirán las porciones de las variedades de auto-movimiento (mostradas en la Ventana 3) y de los mapas de factibilidad (mostrados en la Ventana 4) que produzcan interferencias entre las tres barras mencionadas, ya que dichas porciones contienen configuraciones prohibidas que producen interferencias.

Ventana 3: esta ventana representa las variedades de auto-movimiento correspondientes a la posición actual (x_g, y_g) del efector final, que son una colección de curvas diferenciables disjuntas representadas en azul. Si el usuario varía la posición manualmente, o al simular la ejecución de una trayectoria, estas variedades de auto-movimiento se deforman de forma continua. Las variedades de auto-movimiento se representan en la Ventana 3 de dos maneras. La representación en el lado izquierdo de esta ventana muestra una proyección de estas variedades en el subespacio tridimensional de ángulos actuados $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$, donde cada ángulo se representa de $-\pi$ a $+\pi$ radianes. La representación en el lado derecho de esta ventana proyecta estas variedades en un subespacio de senos o cosenos de $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$, donde el usuario puede elegir qué seno o coseno se ha de representar en cada eje. La razón para representar las variedades de auto-movimiento en el espacio de senos/cosenos es evitar el fenómeno de *wrapping* angular, que puede ser engañoso. En el gráfico del lado izquierdo, donde las variedades se proyectan en el espacio de ángulos $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$, si una de estas variedades cruza los límites $\pm\pi$ a lo largo de cualquiera de los ejes θ_i , entonces la variedad reaparecerá como si viniera de $\mp\pi$ a lo largo del mismo eje θ_i , debido a la periodicidad de las funciones trigonométricas cada 2π radianes (*wrapping* angular). Esto puede llevar a la interpretación errónea de que una variedad se divide en dos partes disjuntas, lo que no es cierto, ya que estas dos partes aparentemente disjuntas en realidad están conectadas debido al

wrapping. Este fenómeno de *wrapping* no ocurre cuando las variedades se representan en el espacio de senos/cosenos, y es por esto que las variedades también se representan en el espacio trigonométrico en el lado derecho de la Ventana 3.

Ventana 4: la última ventana representa los mapas de factibilidad (t, ϕ) calculados para la trayectoria operacional deseada $\mathbf{X}_d(t)$ introducida en la Ventana 2. Recordemos que, para una trayectoria dada, el robot redundante 3RRR estudiado en este artículo tiene ocho mapas de factibilidad diferentes que corresponden a las ocho soluciones diferentes del PCI de la versión no-redundante del mismo robot. Cada mapa de factibilidad se identifica en la Ventana 4 mediante un código binario (000 para el primer mapa, 001 para el segundo, etc.), donde cada bit binario se refiere a la rama actualmente seleccionada para cada pata del robot (y la rama seleccionada para cada pata se puede modificar en las casillas tituladas como “Branch” en el panel de control, como se indica en la Ventana 1 de la Figura 2). Por ejemplo, si las tres casillas están desmarcadas como en la Figura 2, entonces el primer mapa de factibilidad FM0 (0 0 0) está activo. Para el mapa de factibilidad activo, la configuración actual del robot está representada por un punto rojo que el usuario puede mover a lo largo de las regiones azules del mapa, que representan configuraciones factibles que producen configuraciones reales (es decir, no imaginarias) que evitan colisiones mutuas entre las tres barras b_i , siempre que la casilla de omisión de colisiones de la Ventana 2 no esté marcada.

8.4 Ejemplos

Para ilustrar las funcionalidades explicadas en la sección anterior, a continuación, utilizaremos el simulador didáctico desarrollado para simular el seguimiento de la siguiente trayectoria operacional: $\mathbf{X}_d(t) = [0.24 - 0.2 \sin(-4t), -0.2t^2]^T$, para $0 < t < 0.3$, teniendo en cuenta las colisiones entre las barras b_i . Esta trayectoria deseada se representa en la Fig. 3a, junto con la configuración inicial del robot, cuyo efector final está posicionado en $(x_g = 0.24, y_g = 0)$ con una orientación de $\phi = 0.647$ radianes. Para la configuración inicial del robot, cada pata adopta la configuración “0” (de las dos configuraciones posibles codificadas con un bit binario para cada extremidad: 0 o 1), de modo que el robot se moverá en el mapa de factibilidad etiquetado como “FM0 (0 0 0)” en la Ventana 4 de la Fig. 2, que se muestra en la Fig. 3c para la trayectoria deseada. Nótese que la configuración inicial del robot es el punto rojo mostrado en la Fig. 3c, que está al límite de la región factible azul del mapa de factibilidad, lo que coincide con el hecho de que, para esta configuración inicial, las barras b_1 y b_3 están tocándose, es decir, si intentamos incrementar ligeramente ϕ , produciríamos la penetración de b_3 y b_1 , lo que resultaría en una configuración infactible ubicada fuera del mapa de factibilidad FM0.

Utilizando el simulador desarrollado, simulamos la ejecución de esta trayectoria deseada utilizando el método basado en velocidades descrito en la Sección 2.1, utilizando una función de costo nula ($H = 0$) en la Ecuación (9). Tras clicar “Run velocity method”, el simulador integra numéricamente la Ecuación (8) y genera la trayectoria mostrada en la Fig. 3d, que no consigue completarse hasta $t_{fin} = 0.3$, sino que queda bloqueada en $t = 0.22$. Esto es porque el robot se ha quedado bloqueado en un “pico” donde se termina el mapa de factibilidad, señalado claramente en la Fig. 3c. La configuración adoptada por el

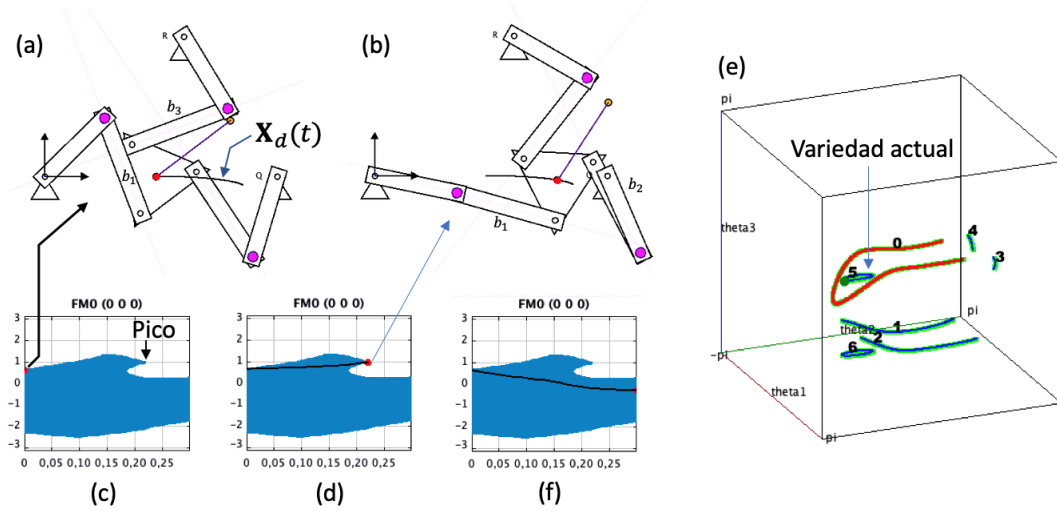


Figura 3. (a-e) Ejemplo de simulación fallida de una trayectoria. (f) Simulación exitosa.

robot en dicho pico es una singularidad en la que la barra b_1 está totalmente extendida a continuación de la barra a_1 , mientras que b_2 está totalmente plegada sobre a_2 , como ilustra la Fig. 3b, explicando el bloqueo del robot. Finalmente, al observar las variedades de automovimiento para esta situación, se revela que la configuración actual del robot (punto verde) pertenece a la variedad etiquetada con el número 5 en la Fig. 3e, que es una pequeña curva cerrada que está a punto de encogerse en un punto y luego desaparecer, lo que denota un impedimento al movimiento como se argumenta en [11].

El ejemplo anterior demuestra la utilidad del simulador didáctico desarrollado para visualizar la resolución de la redundancia desde diferentes perspectivas y enfoques al mismo tiempo. Por un lado, tenemos la trayectoria mostrada en la Fig. 3d obtenida por integración numérica de la Ecuación (8) según el enfoque basado en velocidades. Esta trayectoria no pudo ser completada, y la razón de esto se hace evidente al visualizar los mapas de factibilidad y las variedades de automovimiento.

En el ejemplo anterior, podemos lograr fácilmente la consecución exitosa de la trayectoria si la función de coste H utilizada en la Ecuación (9) se elige como: $H = -\phi^2$, con ganancia $k = 10$

(tecleando la cadena de caracteres “ $-\phi^2$ ” en la Ventana 2 de la Fig. 2). Con esta elección para H , el vector de velocidad libre $\dot{\mathbf{Q}}_f$ modificará la configuración del robot para intentar maximizar H , es decir, minimizar ϕ^2 , lo que dará como resultado que el robot intente rotar la orientación de su efector final hasta $\phi = 0$. La simulación de la trayectoria para esta elección se representa en la Fig. 3f, que es exitosa porque la línea horizontal $\phi = 0$ (a la que se dirige el gradiente de la función de coste) es factible para todo t . Otras elecciones para la función de coste H podrían explorarse, por ejemplo, definiéndola como la suma de las distancias al cuadrado entre los centros de cada par de barras b_i , para tratar de evitar su colisión.

8.5 Conclusiones

En este capítulo hemos presentado una herramienta de simulación didáctica para visualizar y facilitar la comprensión de diferentes conceptos complejos relacionados con la resolución de la redundancia cinemática en manipuladores robóticos redundantes. La herramienta presentada calcula las variedades de auto-movimiento, muestra los mapas de factibilidad, y simula la solución pseudoinversa de la ecuación de velocidades (8), permitiendo comparar diferentes enfoques para la resolución de la redundancia y ayudando a comprender cómo estos enfoques se interrelacionan y complementan.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández de Elche, mediante el proyecto de innovación docente con código PIEU_B/2023_67.

Referencias

- [1] A. Gil, O. Reinoso, J.M. Marín, L. Payá and J. Ruiz, “Development and deployment of a new robotics toolbox for education,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 23, no. 3, pp. 443–454, 2015.
- [2] P. Corke, “MATLAB toolboxes: robotics and vision for students and teachers,” *IEEE Robotics & automation magazine*, vol. 14, no. 4, pp. 16–17, 2007.
- [3] M. Toz and S. Kucuk, “Dynamics simulation toolbox for industrial robot manipulators,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 18, no. 2, pp. 319–330, 2010.

- [4] T.J. Mateo Sanguino and J.M. Andújar Márquez, "Simulation tool for teaching and learning 3D kinematics workspaces of serial robotic arms with up to 5-DOF," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 20, no. 4, pp. 750–761, 2012.
- [5] S.S. Sinha, R.G. Chittawadigi and S.K. Saha, "Inverse kinematics for general 6R manipulators in RoboAnalyzer," *5th Joint Intl. Conf. on Multibody System Dynamics (IMSD 2018)*, pp. 1–9, 2018.
- [6] A. Purwar, A. Toravi and Q.J. Ge, "4MDS: a geometric constraint based motion design software for synthesis and simulation of planar four-bar linkages," *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, Vol. 46377, p. V05BT08A091, 2014.
- [7] D. Sosa-Méndez, E. Lugo-González, M. Arias-Montiel and R.A. Garcia-Garcia, "ADAMS-MATLAB co-simulation for kinematics, dynamics, and control of the Stewart–Gough platform," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 14, no. 4, pp. 1729881417719824, 2017.
- [8] V. Pizarro-Céspedes and M. Fernández-Fernández, "Use of SimMechanics for the workspace analysis and mechanical design of a 6 RSS Stewart platform," *XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control*, pp. 1-7, 2018.
- [9] A. Peidro and E.J. Haug, "Obstacle Avoidance in Operational Configuration Space Kinematic Control of Redundant Serial Manipulators," *Machines*, vol. 12, no. 1, pp. 10, 2023.
- [10] J.W. Burdick, "On the inverse kinematics of redundant manipulators: characterization of the self-motion manifolds," *1989 Intl. Conf. on Robotics and Automation*, vol. 1, pp. 264-270, 1989.
- [11] A. Peidro, O. Reinoso, A. Gil, J.M. Marín and L. Paya, "A method based on the vanishing of self-motion manifolds to determine the collision-free workspace of redundant robots," *Mechanism and Machine Theory*, vol. 128, pp. 84-109, 2018.
- [12] P. Wenger, P. Chedmail and F. Reynier, "A global analysis of following trajectories by redundant manipulators in the presence of obstacles," *IEEE 1993 International Conference on Robotics and Automation*, vol. 3, pp. 901–906, 1993.
- [13] D. Reveles, J. Pamanes and P. Wenger, "Trajectory planning of kinematically redundant parallel manipulators by using multiple working modes," *Mechanism and Machine Theory*, vol. 98, pp. 216-230, 2016.

Capítulo 9. Integración de cuadernos Jupyter en la asignatura Teoría de Máquinas con enfoque de aula invertida

Héctor Campello Vicente^{1*}, Emilio Velasco Sánchez¹, Miguel Fabra Rodríguez¹, Nuria Campillo Davó¹, Ramón Peral Orts¹, Óscar Cuadrado Sempere¹, David Valiente García²

1 Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández de Elche

** hcampello@umh.es (autor de correspondencia)*

2 Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad Miguel Hernández de Elche

Resumen

La asignatura "Teoría de Máquinas" en la Universidad Miguel Hernández ha implementado una metodología innovadora que combina la docencia tradicional con el aula invertida, utilizando Cuadernos Jupyter como herramienta principal. Este enfoque busca involucrar activamente al estudiantado en la generación de su propio material docente, promoviendo un aprendizaje más profundo y colaborativo. El estudio de caso, realizado con 120 estudiantes, demuestra una mejora significativa en el seguimiento de la asignatura, el rendimiento académico y la motivación del estudiantado. Los resultados indican que el estudiantado que participó más activamente en la elaboración de materiales obtuvo mejores resultados académicos. Esta iniciativa ha sido bien recibida por el estudiantado, mostrando un incremento del 16% en el seguimiento de las tareas y una mejora en la tasa de éxito de la asignatura. En conclusión, la metodología propuesta ha tenido un impacto positivo en el aprendizaje y la motivación, destacando la importancia de la colaboración y el uso de tecnologías innovadoras en la educación.

Palabras clave: Aula invertida, Cuadernos Jupyter, Teoría de Máquinas, aprendizaje colaborativo, innovación docente.

9.1 Introducción

En la asignatura "Teoría de Máquinas" del Grado en Ingeniería Eléctrica y del Grado en Ingeniería Electrónica y Automática Industrial, impartidos en la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, se implementó una metodología que combinaba la docencia tradicional con el enfoque de aula invertida, utilizando Cuadernos Jupyter como herramienta tecnológica principal. Esta iniciativa respondió a los desafíos de la educación superior en ingeniería, donde existe una creciente demanda de metodologías que fomenten el aprendizaje activo y colaborativo [1]. En esta línea, autores como Bergmann y Sams [1], precursores del modelo de aula invertida, señalan que este enfoque permite transformar el tiempo presencial en una oportunidad de aprendizaje más profundo y significativo.

El aula invertida o "flipped classroom" representa un cambio paradigmático en la enseñanza tradicional, ganando relevancia en los últimos años ante la necesidad de cambiar el sistema tradicional de aprendizaje para adaptarlo a las nuevas generaciones. Su característica fundamental radica en que el estudiantado prepara el contenido teórico autónomamente antes de las clases, dedicando el tiempo presencial a resolver problemas y discutir conceptos con la guía del profesor Fulton [2]. Este modelo, surgido en Estados Unidos en 2007, se ha consolidado como una metodología con identidad propia, especialmente efectiva en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Con todo esto, el aula invertida constituye un método de aprendizaje semipresencial donde el estudiante accede a contenidos conceptuales fuera del horario de clase mediante diversos recursos digitales. Según un estudio publicado por la Universidad ORT de Uruguay [3], "la diferencia con el método tradicional es que con flipped classroom el estudiante se prepara antes de clase: estudia los temas a partir de materiales como videos explicativos o ejercicios que el docente elabora y deja disponibles en internet". Esta preparación previa permite transformar las sesiones presenciales en espacios dinámicos de aplicación y resolución de problemas.

En cuanto a la efectividad de esta metodología, ha sido objeto de numerosas investigaciones como por ejemplo un estudio experimental realizado en West Point que demostró "ganancias a corto plazo en matemáticas y ningún efecto en economía" (MIT, 2021) [4], lo que sugiere que la efectividad del modelo puede variar según la disciplina académica.

En cuanto a la actividad principal propuesta en la UMH, ésta tuvo como objetivo principal incentivar la participación del estudiantado en la creación de material docente, revisados mediante Cuadernos Jupyter [5] como herramienta principal. La incorporación de Cuadernos Jupyter en

este proceso representa un valor añadido significativo. Como describe la plataforma oficial de Proyecto Jupyter [5], se trata de "entornos interactivos web que permiten crear y compartir documentos que contienen código en vivo, ecuaciones, visualizaciones y texto narrativo". Esta herramienta ha revolucionado la forma de trabajar con datos científicos y educativos, permitiendo combinar explicaciones teóricas con implementaciones prácticas en un mismo documento, lo que resulta especialmente adecuado para asignaturas técnicas como Teoría de Máquinas.

9.2 Metodología

Los Cuadernos Jupyter representan una innovación significativa en el campo educativo. Según Kluyver et al. [6], estos entornos interactivos permiten la "creación de documentos reproducibles que combinan código, resultados computacionales y texto explicativo", facilitando así la comprensión de conceptos complejos.

La aplicación de esta herramienta en contextos educativos ha demostrado beneficios sustanciales y su versatilidad los convierte en instrumento ideal para la enseñanza de asignaturas técnicas, donde la visualización de conceptos y la experimentación práctica resultan fundamentales. Como señalan Pantazatou y Pieber [7], "los notebooks son una gran manera de explorar datos y compartir ideas computacionales... son extremadamente valiosos para obtener mediciones en ubicaciones específicas y permiten acceder a simulaciones".

Con todo ello, las actividades desarrolladas dentro de la asignatura de Teoría de Máquinas de la Universidad Miguel Hernández de Elche se siguieron de forma activa por un total de 120 estudiantes matriculados, pertenecientes a los grados en Ingeniería Eléctrica, e Ingeniería Electrónica y Automática Industrial de la UMH. La metodología implementada siguió un enfoque mixto que incorporó elementos del aula invertida manteniendo aspectos valiosos de la enseñanza tradicional. Esta aproximación híbrida ha demostrado ser especialmente efectiva en contextos de ingeniería, como señala un estudio realizado por Salcines-Talledo et al. [8], quienes afirman que "el modelo favorece el rol activo por parte de los estudiantes, y les exige un mayor esfuerzo y seguimiento diario".

La implementación se estructuró en tres fases principales:

- Clase magistral tradicional: El estudiantado recibía clases magistrales, así como materiales didácticos digitales para el seguimiento de estas lecciones y el curso. Este material incluía lecturas, vídeos explicativos y ejemplos prácticos desarrollados específicamente para la asignatura.

- Desarrollo de ejercicios personalizados: Cada estudiante debía inventar y resolver problemas específicos relacionados con la unidad didáctica correspondiente a la temática impartida en las clases presenciales, explicando paso a paso el desarrollo de la resolución de éstos. Para la invención de estos ejercicios los estudiantes tenían unas directrices marcadas como temática, extensión o dificultad, obteniendo, así como resultado ejercicios resueltos “tipo examen”.
- Corrección mediante cuadernos de Jupyter: Tras la entrega a los docentes de los ejercicios resueltos, éstos revisaban todos los ejercicios mediante solvers programados en Jupyter, generando con aquellos ejercicios bien resueltos un repositorio de ejercicios correctos los cuales era facilitado a todo el estudiantado como material de estudio de la asignatura.

Estos cuadernos de Jupyter desempeñaron el papel central en esta metodología, sirviendo tanto como herramienta de evaluación, como plataforma para la creación de material didáctico, facilitándose en ocasiones dichos cuadernos al estudiantado siempre y cuando éstos lo demandaran.

9.3 Resultados

Como resultado y cómputo global del desarrollo de Cuadernos de Jupyter se obtuvo un solver semiautomático en Python capaz de evaluar aproximadamente el 70% del temario de la asignatura de Teoría de Máquinas. Este desarrollo dotó a los docentes para cursos sucesivos de una herramienta de generación de ejercicios con la que facilitar la evaluación continua y proporcionar retroalimentación inmediata, la cual es una demanda continua por parte del estudiantado.

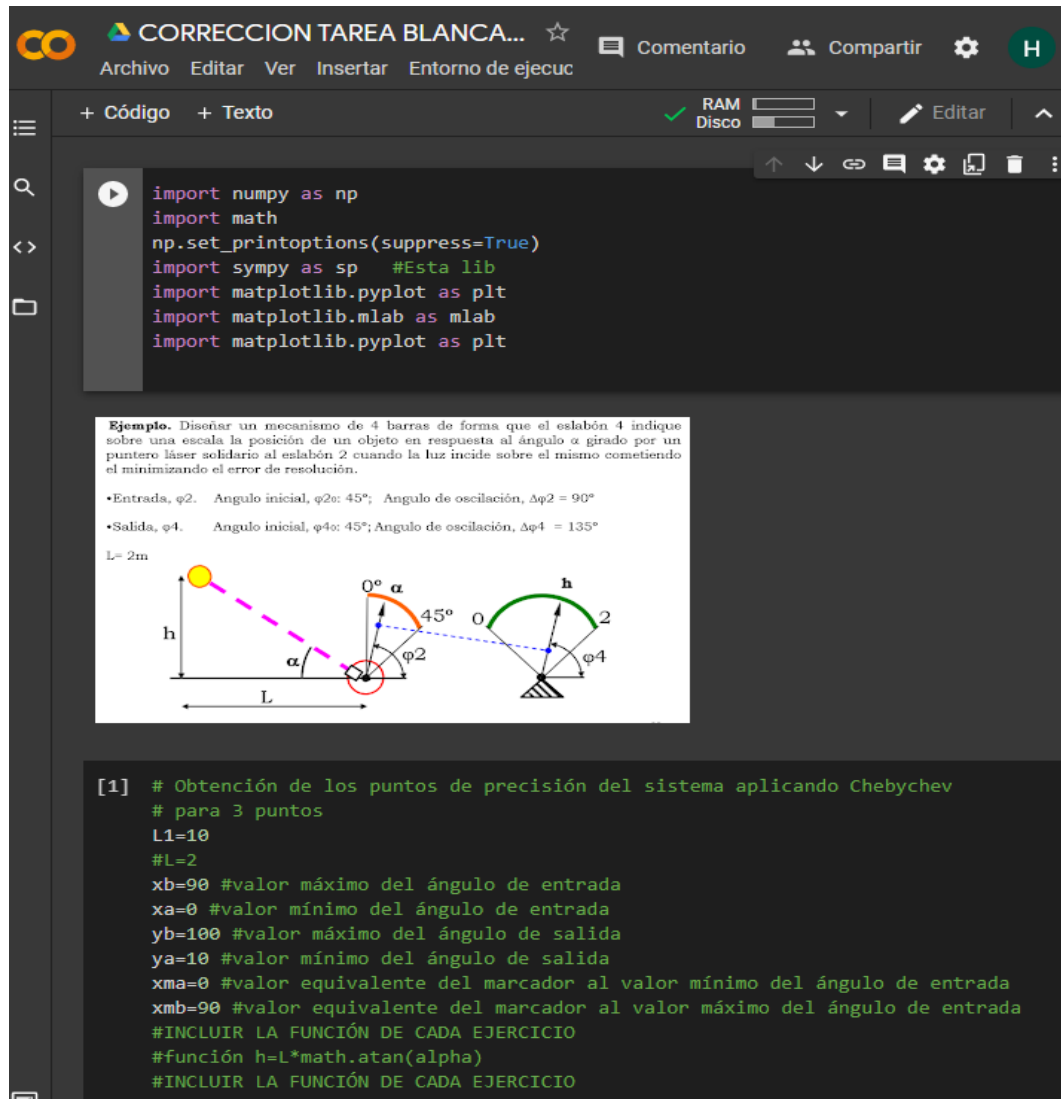


Figura 1. Ejemplo de revisión de ejercicios de evaluación automática.

9.3.1 Análisis de Participación y Rendimiento

Los resultados obtenidos revelan una mejora significativa en varios indicadores educativos clave:

- Participación estudiantil: Se registró una participación global del 56% del estudiantado matriculado, con un 71% de tareas consideradas aptas para publicación en el repositorio colaborativo.
- Incremento en seguimiento: Se observó un aumento del 16% en el seguimiento regular de la asignatura respecto a cursos anteriores, evidenciado por la entrega sistemática de actividades.

- Mejora en rendimiento académico: La tasa de éxito académico aumentó del 44% al 57% respecto al curso anterior, alcanzando un 63% entre estudiantes que participaron consistentemente en el repositorio colaborativo sin ser parte del estudiantado “repetidor”.

Estos resultados son consistentes con otros estudios sobre aula invertida en educación superior. Por ejemplo, en la investigación realizada por Fulton en Byron High School [2] mostró un incremento en los puntajes de competencia matemática estatal del 29,9% al 65,6% tras implementar esta metodología. Sin embargo, es importante contextualizar estos datos, ya que algunos estudios apuntan a efectos diferenciales según características demográficas y nivel previo del estudiantado, como señala la investigación de MIT [4] que encontró que "el modelo ampliaba la brecha de rendimiento, con efectos impulsados principalmente por estudiantes blancos, masculinos y de alto rendimiento".

9.3.2 Análisis Cualitativo: Motivación y Percepción Estudiantil

Más allá de los indicadores cuantitativos, se observó un impacto positivo en la motivación del estudiantado. La creación del repositorio con aproximadamente 190 ejercicios resueltos y desarrollados paso a paso generó un recurso de gran valor percibido por el estudiantado, fomentando la autonomía en el aprendizaje.

La implementación de esta metodología supuso una redefinición del rol del profesorado, pasando de ser transmisor de conocimientos a facilitador del aprendizaje. Como señala la Universidad ORT [3], en el aula invertida "el rol del docente cambia y no solo expone y explica los temas. En clase se repasa lo visto en el video o en los ejercicios previos, lo que permite que el estudiante tenga una participación más activa". Esta transformación representa un cambio paradigmático que requiere formación específica y adaptación por parte del profesorado.

Las experiencias positivas obtenidas sugieren la posibilidad de expandir este modelo a otras asignaturas de ingeniería. Como indica la Facultad de Ingeniería de la Universidad ORT Uruguay, que ha implementado flipped classroom en varias materias como "Programación 1, Programación 2 y Matemática", asignaturas que "presentan cierta dificultad al estudiantado", la metodología resulta especialmente adecuada para materias técnicas con alto componente práctico.

9.3.3 Propuestas de Actividades Futuras

A partir de los resultados obtenidos y la literatura científica analizada, se podrían proponer las siguientes actividades futuras para optimizar la implementación de este modelo de enseñanza:

- Desarrollo de un sistema de análisis de aprendizaje (learning analytics): Implementar herramientas que permitan monitorizar en tiempo real patrones de interacción con los materiales educativos, identificando áreas problemáticas para intervenciones tempranas.
- Creación de comunidades de práctica docente: Establecer grupos de trabajo interdepartamentales para compartir experiencias y recursos sobre aula invertida y uso de Jupyter, fomentando la innovación colaborativa.
- Incorporación de elementos de gamificación: Integrar técnicas de gamificación en los Cuadernos Jupyter para aumentar la motivación y participación estudiantil, como sistemas de puntos, insignias y clasificaciones.
- Desarrollo de módulos adaptativos: Crear materiales educativos que se adapten automáticamente al nivel y progreso de cada estudiante, personalizando así la experiencia de aprendizaje.
- Investigación longitudinal: Diseñar un estudio a largo plazo para evaluar la retención de conocimientos y el desarrollo de competencias profesionales en graduados que experimentaron esta metodología durante su formación.

9.4 Conclusiones

La implementación del modelo de aula invertida apoyado por Cuadernos Jupyter en la asignatura Teoría de Máquinas ha demostrado ser una estrategia pedagógica efectiva para mejorar diversos aspectos del proceso enseñanza-aprendizaje. Los resultados evidencian mejoras significativas en participación, rendimiento académico y motivación estudiantil, confirmando las potencialidades de este enfoque en la educación superior en ingeniería.

El éxito de esta iniciativa radica en su capacidad para transformar el espacio educativo, convirtiendo las clases presenciales en entornos dinámicos de aplicación práctica y discusión colaborativa. La integración de Cuadernos Jupyter ha aportado un valor adicional significativo, facilitando la creación de documentos interactivos que combinan teoría y práctica en formatos accesibles y atractivos.

Por último, esta experiencia subraya la importancia de adoptar enfoques pedagógicos innovadores y tecnológicamente avanzados que respondan a las necesidades y características de las nuevas generaciones de estudiantes. La combinación de aula invertida y herramientas interactivas como Jupyter representa una dirección prometedora para la evolución de la educación superior en

ingeniería, estableciendo bases sólidas para el desarrollo de competencias profesionales relevantes en un entorno tecnológico en constante cambio.

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a todo el estudiantado que participó activamente en esta iniciativa pedagógica, así como al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández de Elche por su apoyo financiero para la difusión de resultados (Código PIEU/2020/10). También agradecemos al Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía y al Departamento de Ingeniería de Comunicaciones por su respaldo institucional y recursos aportados.

Referencias

- [1] Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education.
- [2] Fulton, K. (2012). The flipped classroom: Transforming education at Byron High School. T.H.E. Journal, 39(3), 18-20.
- [3] Universidad ORT Uruguay. (2019, 20 de agosto). Flipped classroom, otra forma de aprender. <http://www.ort.edu.uy/novedades/flipped-classroom-otra-forma-de-aprender-83114>
- [4] MIT. (2021). Effects of flipped classroom instruction: Evidence from a randomized trial. Education Finance and Policy, 16(3), 363-387. https://doi.org/10.1162/edfp_a_00314
- [5] Proyecto Jupyter. (2025). Jupyter Notebook. <https://jupyter.org>
- [6] Kluyver, T., Ragan-Kelley, B., Pérez, F., Granger, B. E., Bussonnier, M., Frederic, J., Kelley, K., Hamrick, J., Grout, J., Corlay, S., Ivanov, P., Avila, D., Abdalla, S., Willing, C., & Jupyter Development Team. (2016). Jupyter Notebooks—a publishing format for reproducible computational workflows. En F. Loizides & B. Schmidt (Eds.), Positioning and Power in Academic Publishing: Players, Agents and Agendas (pp. 87-90). IOS Press.
- [7] Pantazatou, K., & Pieber, S. (2024, 1 de enero). A key to open science: How Jupyter Notebooks bring ICOS data to life. ICOS Carbon Portal. <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/science-contribution/success-stories/jupyter-notebooks>

- [8] Salcines-Talledo, I., Cifrián, E., González-Fernández, N., & Viguri, J. R. (2020). Estudio de caso sobre las percepciones de los estudiantes respecto al modelo Flipped Classroom en asignaturas de ingeniería. Diseño e implementación de un cuestionario. Revista Complutense de Educación, 31(1), 25-34.

Capítulo 10. Refuerzo del aprendizaje competencial y activo en Electrónica con metodología de aula invertida y soporte de herramientas TIC y recursos digitales

D. Valiente^{1,2}, F. Rodríguez-Mas², M. Flores^{1,2}, A. Ortega², A. Hortal², A. Ruiz²

1 Instituto de Investigación en Ingeniería de Elche I3E, Universidad Miguel Hernández

2 Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad Miguel Hernández

Resumen

En los últimos años las asignaturas de grado en electrónica han aumentado debido a los avances tecnológicos y las demandas de la industria. Las metodologías tradicionales, centradas en conceptos teóricos desde un enfoque físico, han mostrado limitaciones para el desarrollo de habilidades prácticas esenciales en los futuros ingenieros/as. Nuestro objetivo fue implementar una intervención innovadora que fomentara el aprendizaje activo y autónomo mediante la incorporación de recursos digitales, especialmente de tipo TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Estudios previos han validado estrategias como la simulación integrada en clases presenciales y el uso de laboratorios portátiles para facilitar la conexión entre la teoría y la práctica.

El programa de aprendizaje desarrollado en el segundo semestre del curso 2020-2021 en la Universidad Miguel Hernández contó con más de 300 estudiantes de tres grados de ingeniería. Se llevó a cabo un estudio con dos grupos: uno de control con metodología tradicional y uno de test que utilizó una plataforma en línea (Google Colab - Jupyter Notebook) con ejercicios interactivos, simulaciones (Tinkercad y Falstad), videos de apoyo, libros electrónicos y laboratorios portátiles.

Los resultados validaron que el grupo de test superó al grupo de control en calificaciones, con una mejora significativa en el aprendizaje activo. Además, las encuestas de autovaloración reflejaron una percepción positiva del programa por parte del estudiantado participantes. La comparación de ambos grupos en términos de rendimiento, tasas de abandono y calificaciones confirma la importancia de estos recursos digitales para mejorar el aprendizaje, en contraste con la metodología tradicional basada únicamente en clases magistrales.

Palabras clave: electrónica, TIC, simulación.

10.1 Introducción

Las tendencias actuales en educación superior han evolucionado hacia programas innovadores que fomentan la autonomía del estudiante, permitiéndole estructurar su propio aprendizaje y comprensión de los conceptos. En este contexto, han surgido múltiples enfoques que renuevan la metodología tradicional de las clases magistrales. En las ingenierías y disciplinas técnicas, la combinación de recursos digitales con métodos convencionales ha demostrado ser efectiva. Entre las herramientas más utilizadas destacan las de simulación, que en el campo de la electrónica facilitan la verificación de las leyes fundamentales del análisis de circuitos [1-3]. Además, los entornos virtuales y laboratorios digitales han ampliado sus aplicaciones en este campo [4,5], al igual que los cursos en línea con contenidos interactivos y adaptados al perfil del estudiante [6,7]. También se ha propuesto el uso de aplicaciones móviles y plataformas LMS como herramientas de apoyo en el aprendizaje [8, 9].

Independientemente de los recursos utilizados, el aspecto clave radica en la metodología: presencial, en línea o híbrida, combinando trabajo autónomo y clases en vivo. Sin embargo, las metodologías más avanzadas, basadas en TIC y recursos digitales, presentan desafíos para abordar ciertos procedimientos prácticos, viéndose comprometidas en cuanto a la enseñanza a través de plataformas en línea. En este sentido, resulta más productivo fusionar la clase magistral tradicional con el uso simultáneo de recursos digitales que refuercen la explicación teórica.

La experiencia del equipo docente en el área de Electrónica ha evidenciado la dificultad del estudiantado para adquirir habilidades prácticas y transferir conocimientos teóricos a la aplicación real, lo que afecta a su preparación como futuros ingenieros e ingenieras. Esta problemática se agudizó con la crisis del COVID-19, donde la enseñanza remota complicó aún más la realización de actividades prácticas significativas. En programas de innovación previos, nuestro equipo de trabajo analizó estos desafíos y aplicó estrategias que mejoraron los resultados de aprendizaje y el desarrollo de habilidades prácticas.

Basándonos en esta experiencia, diseñamos un programa de aprendizaje en electrónica que integró recursos digitales en la enseñanza presencial. Durante el curso 2020-2021, más de 300 estudiantes de tres grados de ingeniería en la Universidad Miguel Hernández participaron en esta iniciativa. Evaluamos el aprendizaje activo, la adquisición de habilidades prácticas y la actitud hacia el programa mediante el uso de TICs y recursos digitales, incluyendo simulaciones, video-clases, libros electrónicos, laboratorios portátiles y ejercicios interactivos, todos gestionados a través de un cuaderno de actividades con formato Jupyter Notebook de Google Colab.

10.2 Metodología

10.2.1 Objetivos

Este programa tuvo como objetivo general fomentar el aprendizaje activo y autónomo mediante una metodología que combinó clases magistrales presenciales con el uso de recursos digitales, aplicados de forma simultánea durante las sesiones presenciales. Para ello, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Mejorar la comprensión de conceptos electrónicos vinculados a magnitudes físicas como voltaje, intensidad y potencia, tradicionalmente abordados en pocas sesiones de laboratorio.
- Favorecer la transferencia y asimilación de conocimientos teóricos y prácticos.
- Potenciar la resolución de ejercicios de diseño con el apoyo de herramientas en línea para tareas relacionadas con los contenidos prácticos.
- Facilitar actividades complementarias para un aprendizaje activo y basado en competencias, respaldadas por:
 - Herramientas en línea.
 - Recursos digitales accesibles en la web.
 - Software sin necesidad de instalación.
 - Equipos de medición portátiles de bajo coste (laboratorios portátiles).

10.2.2 Método

La implementación de este programa se llevó a cabo en cinco fases a lo largo del semestre académico:

- Fase 1 (octubre-noviembre): Adaptación de los problemas tradicionalmente abordados durante las clases magistrales a casos prácticos relacionados con la ingeniería, para resolución por parte del estudiantado mediante los recursos facilitados en el proyecto (dentro del cuaderno de actividades).
- Fase 2 (enero): Edición del cuaderno de actividades y publicación en línea mediante la plataforma de Google Colab (Jupyter Notebooks).

- Fase 3 (febrero-mayo): Aplicación en el aula de los materiales desarrollados, complementados con video-clases y libros de problemas resueltos elaborados por el equipo docente como apoyo conceptual.
- Fase 4 (junio): Análisis de datos y resultados mediante cuestionarios para evaluar el rendimiento, la motivación y la satisfacción del estudiantado. Se realizaron reuniones entre el equipo docente para extraer conclusiones conjuntas.
- Fase 5 (junio): Elaboración de un informe final con los resultados obtenidos para su difusión.

10.2.3 Materiales

Para implementar la metodología planificada, se requirieron diversos materiales, incluidos recursos digitales y TIC. Aunque estos se alojaron en el cuaderno de actividades en línea (Jupyter Notebook), también se proporcionó acceso a través del Campus Virtual (Moodle). Los recursos utilizados fueron:

- Cuaderno de actividades en Google Colab (Jupyter Notebook) (*Figura 1a*).
- Libros de problemas resueltos (*Figura 1b*):
 - Electrónica General:
<http://editorial.umh.es/2018/09/20/electronica-general/>
 - Apuntes de Cuadripolos:
<http://editorial.umh.es/2019/12/12/apuntes-de-cuadripolos-conceptos-basicos-y-ejercicios-resueltos/>
 - Amplificadores con Transistores:
<https://editorial.umh.es/2021/01/11/electronica-general-amplificadores-con-transistores-de-union-bipolar-conceptos-basicos-y-examenes-resueltos/>
- Videos en YouTube (*Figura 1c*):
 - Electrónica General-1793:
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLClKgZRFYe5hQtJyr9Syst4e6La8mI>
 - Electrónica Analógica-1778:

Refuerzo del aprendizaje competencial y activo en Electrónica con metodología de aula invertida y soporte de herramientas TIC y recursos digitales

D. Valiente, F. Rodríguez-Mas, M. Flores, A. Ortega², A. Hortal, A. Ruiz

https://www.youtube.com/results?search_query=umh+1778)

- Fundamentos del Análisis de Circuitos-1219:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLClKgNZRFYe4mgAytF7QrtsWQaa08Emdc>)

- Herramientas de simulación en línea para análisis de circuitos, sin instalación (Figura 1d):

- Falstad:

<https://www.falstad.com/circuit/>

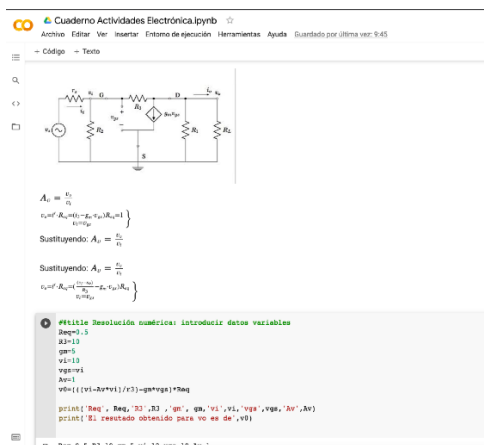
- Tinkercad:

<https://www.tinkercad.com/dashboard>

- Equipos de medición portátiles con conexión USB (Figura 1e):

- Electronics Explorer:

<https://reference.digilentinc.com/test-and-measurement/electronics-explorer/start>)



(a)



(b)



(c)

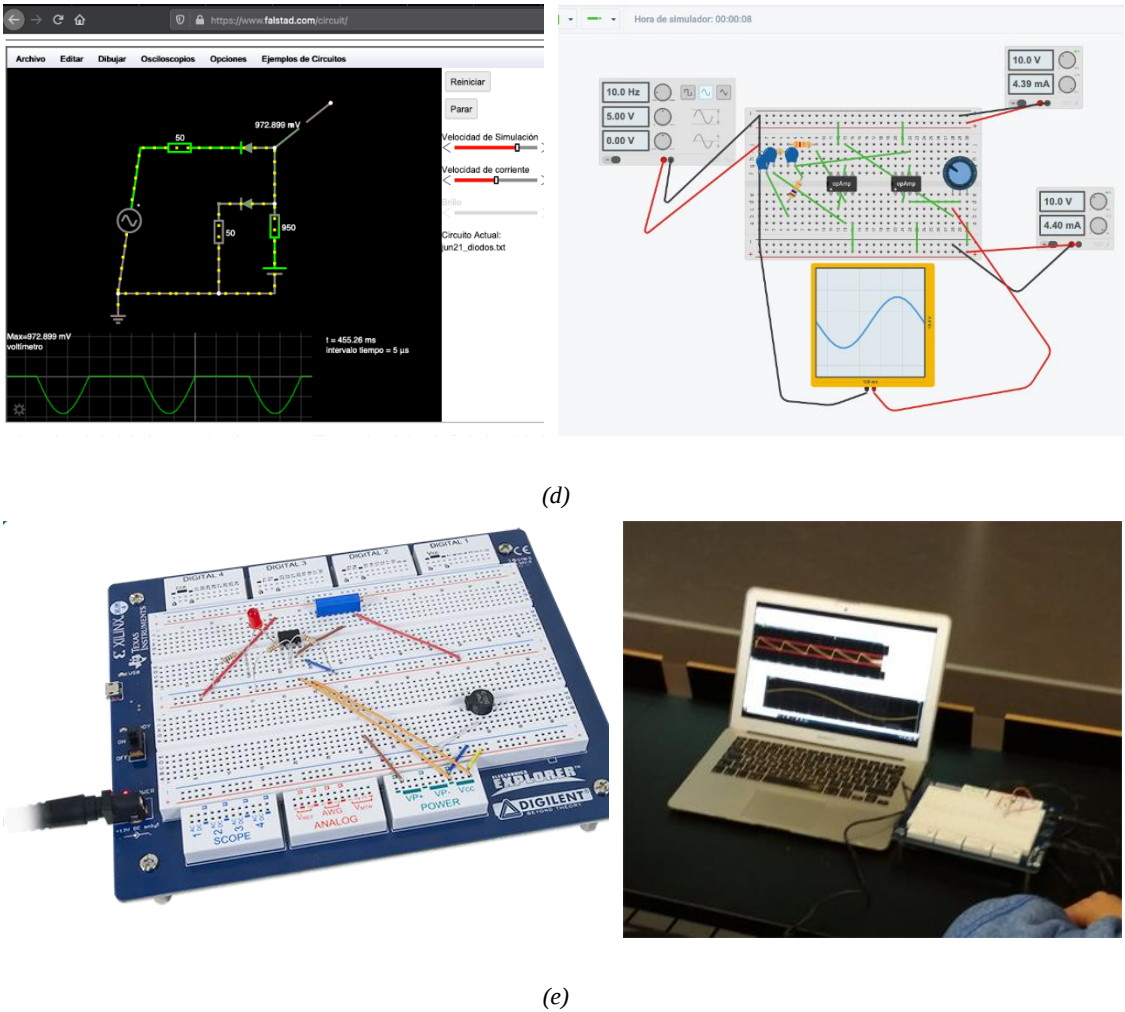


Figura 1. Lista de recursos TIC utilizados en este trabajo.

10.2.4 Estudiantes

Como se ha mencionado, el número total de estudiantes inscritos en este curso superó los 300, como se indica en la Tabla 1. El curso se impartió simultáneamente en tres grados de ingeniería: Ingeniería Mecánica (ME), Ingeniería Eléctrica (EE) e Ingeniería en Electrónica y Automática (EAE). Se dividió a los participantes aproximadamente en un grupo de control (50%) y un grupo de test (50%). Dicha asignación se llevó a cabo de manera aleatoria.

Tabla 1. Estudiantes participantes.

Titulación	Mecánica (ME)	Eléctrica (EE)	Electrónica y Automática (EAE)
Estudiantes	156	48	99

10.2.5 Evaluación

Además del análisis del rendimiento del estudiantado en términos de calificaciones, se diseñó un formulario de Google para evaluar su desempeño, así como aspectos relacionados con la satisfacción y motivación respecto al proyecto. Cabe destacar que el grupo de control no completó esta encuesta, ya que no participó en el programa.

Las afirmaciones evaluadas por los estudiantes fueron las siguientes:

- Puedo predecir la dirección de una corriente en un circuito antes de resolverlo analíticamente.
- Puedo diferenciar las principales características de una señal de CC y una señal de CA.
- Entiendo que la componente de CC de una señal de CA corresponde a su valor medio.
- Comprendo cómo funciona un diodo ideal.
- Puedo predecir el estado de varios diodos dentro de un circuito antes de resolverlo analíticamente.
- Puedo resolver un circuito analíticamente y estar seguro de que el resultado es correcto.
- Puedo graficar el voltaje de salida y hacerlo correctamente.
- En general, el funcionamiento de la herramienta Falstad es sencillo.
- En general, el funcionamiento de la herramienta Tinkercad es sencillo.
- El uso de estas herramientas es más simple que el de otros simuladores que ya conocía.
- Seguiré utilizando estas herramientas en el futuro.
- En general, el uso de equipos de medición portátiles es sencillo.
- El manejo de estos equipos es más fácil que el de los equipos de laboratorio.
- En general, el uso de Falstad ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.
- En general, el uso de Tinkercad ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.
- En general, el uso de equipos de medición portátiles ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.

- En general, el uso de videos ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.
- En general, el uso de libros con problemas resueltos ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.
- En general, completar el cuaderno de actividades ha sido positivo para comprender mejor los aspectos teóricos y prácticos de la materia.
- En términos generales, mi satisfacción con el proyecto ha sido positiva.

10.3 Resultados

Los resultados alcanzados fueron satisfactorios, especialmente entre el estudiantado del grupo de test (50% del total), quienes utilizaron Jupyter Notebook y trabajaron con los distintos recursos TIC, tanto durante como después de la clase teórica presencial.

Las calificaciones obtenidas por este grupo superan las del grupo no participante, así como el rendimiento promedio de cursos anteriores. La Figura 2 ilustra estos resultados. Específicamente, su calificación media es más de dos puntos superior a la del grupo no participante y más de un punto entre aquellos que aprobaron la asignatura.

Las columnas en azul representan el promedio de todos los estudiantes del grupo, incluyendo tanto aprobados como suspensos. A la derecha, las columnas en amarillo reflejan únicamente el promedio de aquellos que lograron aprobar.

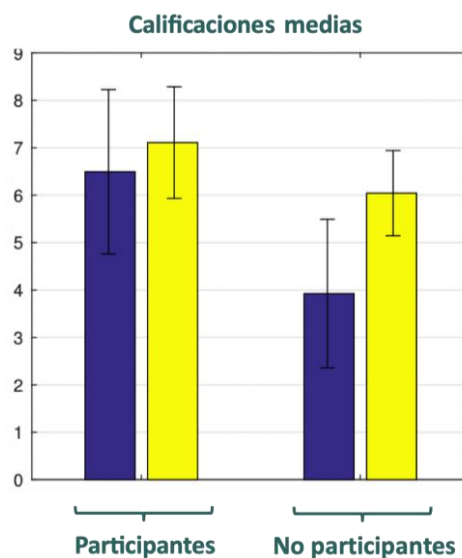


Figura 2. Comparación del rendimiento (calificaciones) entre los estudiantes participantes (grupo de test) y los no participantes (grupo de control).

En la misma línea, casi el 90% de los estudiantes del grupo de test logró aprobar la asignatura, mientras que en el grupo de control los resultados fueron menos favorables: solo el 10% superó/aprobó la asignatura, el 38% no superó/no aprobó y cerca del 62% abandonó, como se muestra en la Figura 3.

En el grupo participante, los porcentajes de estudiantes que no aprobaron o abandonaron fueron cercanos al 4% en ambos casos.

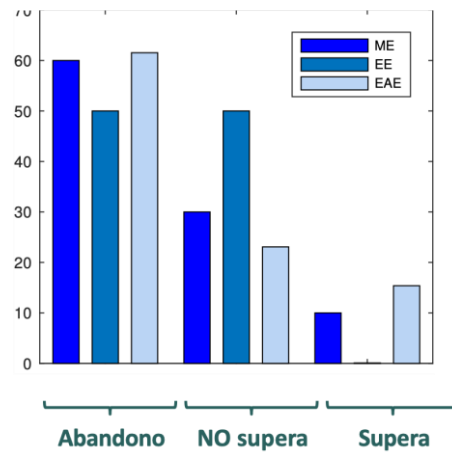


Figura 3. Porcentaje de estudiantes dentro del grupo de control clasificados en “Abandono”, “NO supera” y “Supera”.

A la luz de estos resultados, se confirma que la participación en el proyecto es exitosa para el estudiantado que formó parte de él. Sin embargo, para futuras ediciones, se deberán implementar estrategias para fomentar una mayor participación.

En cuanto a la autovaloración de los estudiantes participantes, estos otorgaron una puntuación cercana al máximo de 5 sobre 5 a los resultados generales del proyecto, reflejando un alto grado de satisfacción con los logros obtenidos (Figura 4). Asimismo, todos los recursos digitales y TIC utilizados en el curso fueron calificados con más de 4 puntos sobre 5. No obstante, como se muestra en la Figura 5, los recursos más valorados fueron aquellos con contenido multimedia y visual, como videos o herramientas interactivas con interfaces gráficas.

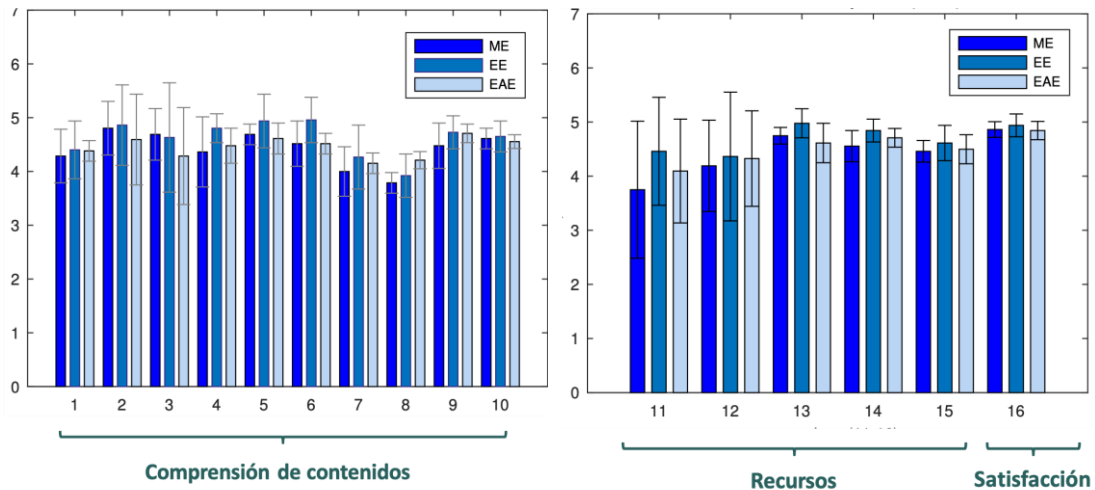


Figura 4. Autovaloración de los estudiantes participantes.

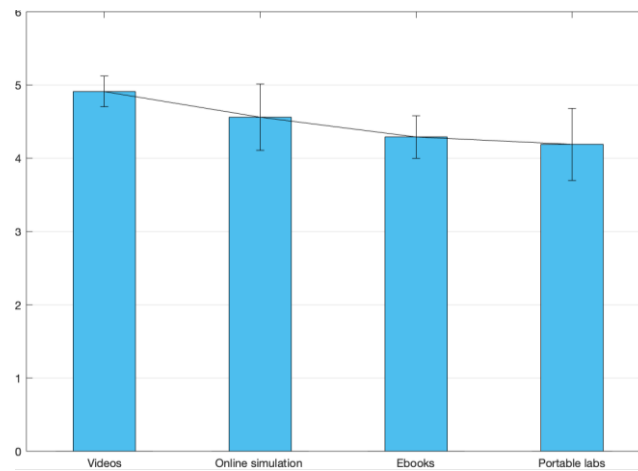


Figura 5. Percepción de los estudiantes sobre el uso de los recursos TIC.

10.4 Conclusiones

Los resultados demostraron el logro del objetivo principal, enfocado en la promoción del aprendizaje activo y la mejora de las habilidades prácticas en el ámbito de la electrónica en diversos grados de ingeniería en la Universidad Miguel Hernández. Para alcanzar dicho objetivo, la implementación del programa contempló la provisión de una gran variedad de recursos TIC al estudiantado participante. Este logro se evidenció tanto en la mejora del rendimiento académico (calificaciones) del grupo de prueba en comparación con el grupo de control, con diferencias de hasta dos puntos sobre diez, como en la reducción de la tasa de abandono y el incremento del porcentaje de aprobados.

Los estudiantes participantes valoraron positivamente el uso de videos y herramientas accesibles en línea. Con una valoración similar, aunque algo menor, destacan los libros electrónicos y los equipos portátiles de medición. Para futuras ediciones del curso, será necesario fomentar el uso de estos últimos recursos, como los e-books y los laboratorios portátiles.

Por último, también se puso de manifiesto que el estudiantado en el grupo de control que no siguió el programa obtuvieron altas tasas de fracaso académico y abandono. Por ello, un objetivo clave para los próximos cursos será incentivar la participación en estos programas de aprendizaje innovador.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente apoyado por la Universidad Miguel Hernández a través de los proyectos de innovación docente PIEU2020/07 y PIEU-A/2021/05 del Vicerrectorado de Estudios.

Referencias

- [1] S. J. Dickerson and R. M. Clark, “A classroom-based simulation- centric approach to microelectronics education,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, no. 4, pp. 768–781, 2018.
- [2] D. Valiente, L. Paya, S. F. de Avila, J. Ferrer, S. Cebollada, and O. Reinoso, “Active learning program supported by online simulation applet in engineering education,” in *9th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, vol. 1, pp. 121–128, 2019.
- [3] D. Valiente, Y. Berenguer, L. Paya, A. Peidro, and O. Reinoso, “Development of a platform to simulate virtual environments for robot localization,” in *INTED 2018, the 12th annual International Technology, Education and Development Conference*, pp. 1232–1241, 2018.
- [4] M. Flores, L. Paya, D. Valiente, J. Gallego, and O. Reinoso, “Deployment of a software to simulate control systems in the state-space,” *Electronics*, vol. 8, no. 11, 2019.
- [5] X. Pei, “Virtual instrument based on electronic and electrician’s experiment teaching laboratory design”, *Procedia Computer Science*, vol. 183, pp. 120-125, 2021.

- [6] Y. Birbir and V. Kanburoglu, “A web aided education model that can be used in power electronics course”, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 21, pp. 17-23, 2018.
- [7] S. Saravanan, V. Mahesh, D. G. Kumar, S. S. Kshatri, “Improving student’s learning with efficient learning techniques: A case study of first year basic electrical engineering course”, *Materials Today: Proceedings*, 2021.
- [8] H. Al-Samarraie, N. Saeed, “A systematic review of cloud computing tools for collaborative learning: Opportunities and challenges to the blended-learning environment”, *Computers & Education*, vol. 124, pp. 77-91, 2018.
- [9] L. Rakhmawati and A. Firdha, “The use of mobile learning application to the fundament of digital electronics course,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 296, no. 1, pp. 012–015, 2018.

Capítulo 11. Creación de herramienta de tareas y ejercicios guiados de autoevaluación continua integrados en el Campus Virtual

Damián Crespi Llorens, Beatriz Ivars Sánchez, Francisco Javier Aguilar Valero, Jesús Maldonado García

Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, dcrespi@umh.es

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo e implementación de una herramienta de tareas y ejercicios guiados de autoevaluación continua integrada en el Campus Virtual de la UMH. El objetivo principal del proyecto fue crear una base de datos de tareas/ejercicios autocorregibles para mejorar el aprendizaje y el seguimiento del estudiantado. La metodología incluyó la identificación de puntos críticos de conocimiento, la creación de estructuras interactivas de retroalimentación y la generación de material audiovisual. Los resultados muestran una alta tasa de respuesta a los cuestionarios y una mejora en las calificaciones del estudiantado. La herramienta ha permitido al profesorado realizar un seguimiento individualizado del alumnado y proporcionar una realimentación periódica, lo que ha sido valorado positivamente por el estudiantado.

Palabras clave: autoevaluación continua, tareas guiadas, ejercicios guiados, Campus Virtual, Moodle

11.1 Introducción

La enseñanza de materias extensas y complejas, como Transmisión de Calor (3º del Grado de Ingeniería Mecánica), presenta desafíos significativos, incluyendo altas tasas de abandono y bajas tasas de aprobación. La imposibilidad de realizar una corrección manual frecuente de las actividades del estudiantado dificulta el seguimiento de su progreso y la identificación de áreas de mejora. En este contexto, se desarrolló un proyecto de innovación educativa con el objetivo de crear una herramienta de autoevaluación continua que permitiera integrar tareas y ejercicios guiados en el Campus Virtual de la UMH. Esta herramienta trataba de proporcionar una retroalimentación inmediata a los estudiantes, facilitar el seguimiento de su aprendizaje por parte del profesorado y, en última instancia, mejorar los resultados académicos.

11.2 Metodología

El desarrollo del proyecto se estructuró en las siguientes etapas:

- Identificación de tareas y problemas relevantes: El profesorado de la asignatura identificó los puntos críticos de los conocimientos asociados a los objetivos de aprendizaje de cada lección.
- Creación de estructuras interactivas de retroalimentación: Se utilizaron las herramientas de cuestionarios de Moodle para crear preguntas con retroalimentación específica o general, proporcionando a los/as estudiantes información adicional sobre sus aciertos y fallos.
- Generación del material audiovisual necesario: Se optó preferentemente por exposiciones de tipo gráfico para la elaboración de las cuestiones, con el fin de evitar el uso sencillo de asistentes de IA para la obtención de respuestas.
- Integración en el Campus Virtual: La herramienta se integró en el Campus Virtual de la UMH, permitiendo al estudiantado acceder a las tareas y ejercicios de autoevaluación de forma sencilla y cómoda.
- Seguimiento del desempeño del estudiantado: Se realizó un seguimiento de la realización de los cuestionarios para recopilar información continua sobre el desempeño de los/as estudiantes.

La implantación de los cuestionarios se realizó en dos fases en sendos cursos consecutivos.

- Fase A (curso 23-24): contempló todas las etapas descritas anteriormente. En ella se crearon y pusieron a disposición de los/as estudiantes los cuestionarios en fase de test; así los cuestionarios tuvieron carácter voluntario y fueron excluidos de la evaluación de la asignatura. En esta primera fase, se obtuvo un amplio feedback del estudiantado, que sirvió tanto para la corrección de errores, reformulación y reorientación de las preguntas, como para la identificación de puntos de difícil comprensión por parte de los/as estudiantes.
- Fase B (curso 24-25): a consecuencia de la realimentación obtenida en la fase anterior, se reformularon numerosas cuestiones y se crearon otras nuevas, resultando así en la primera versión definitiva del cuestionario. En este segundo curso, el cuestionario tuvo carácter evaluable con un peso del 10% en la calificación de la asignatura, para aquellos estudiantes que decidían optar por la evaluación continua donde las prácticas tuvieron un peso del 10% y el examen final del 80%.

11.3 Resultados

La herramienta final consiste en una base de datos de 87 cuestiones y ejercicios en distintos formatos: ubicación de letreros a una imagen, opción múltiple, opción única, verdadero/falso, preguntas calculadas, unir con flechas, etc.

Los resultados del proyecto muestran una alta tasa de respuesta a los cuestionarios, inicialmente superior al 100% de la media de asistentes a clase, y finalizando en un 80% aproximadamente. La nota media obtenida por el estudiantado en los cuestionarios del curso 2023-2024 (de carácter voluntario) fue de 6,12 sobre 10. Al tener un carácter meramente de preparación, en general, el estudiantado realizó los cuestionarios con una preparación menor.

En el curso 2024-2025, donde los cuestionarios eran un ítem de evaluación, la calificación promedio de los cuestionarios fue de 7,5. Tal y como muestra la Figura 1, de las 87 personas matriculadas, 50 realizaron los cuestionarios, de los cuales 21 se presentaron al examen. El estudiantado que realizó el cuestionario y se presentó al examen obtuvo una calificación en los cuestionarios de 8,1, mientras que la nota de los cuestionarios del estudiantado aprobado fue de 8,4. Estas calificaciones muestran que los cuestionarios pueden ser un indicador de la evolución del estudiantado en la asignatura.

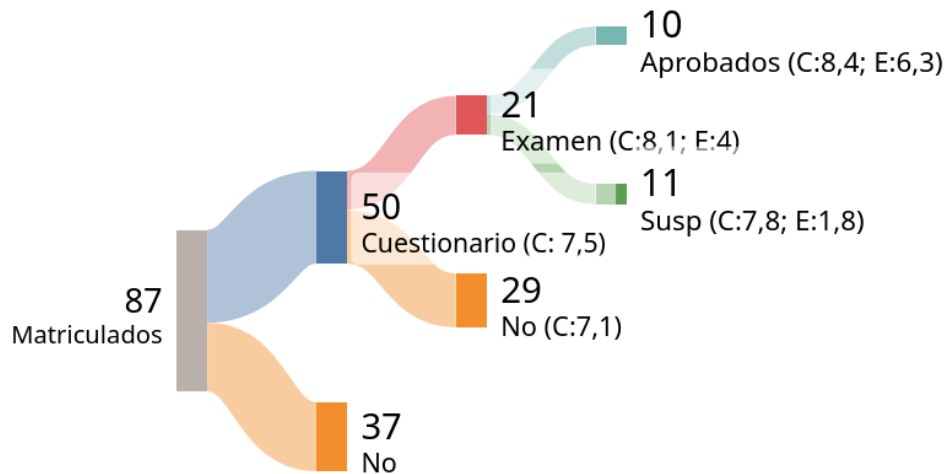


Figura 1. Calificación del estudiantado del curso 24-25 en los cuestionarios (C) o en el examen ordinario (E).

En cuanto a la valoración de la herramienta generada como medio de repaso de los conceptos más importantes y de preparación del examen, la retroalimentación del estudiantado fue positiva. Se destacó especialmente la utilidad de ésta para repasar conceptos e identificar puntos críticos de cara al examen. No obstante, sugirieron realizar los cuestionarios en torno a una semana después de ver los contenidos teóricos y solicitaron mayor tiempo para la realización de alguno de ellos.

11.4 Conclusiones

El proyecto ha logrado crear una herramienta de autoevaluación continua que ha sido valorada positivamente por el profesorado y el estudiantado de la asignatura. La herramienta ha permitido mejorar el seguimiento del aprendizaje de los/as estudiantes, proporcionar una retroalimentación efectiva y, en última instancia, mejorar los resultados académicos.

Los principales beneficios del proyecto son:

- Seguimiento autónomo e individualizado del estudiantado.
- Realimentación periódica y refuerzo de conceptos.
- Motivación adicional para el estudiantado.

Como trabajos futuros, se plantea ampliar el número de preguntas y tipos de preguntas, modificar las condiciones de los cuestionarios y continuar con la coordinación entre la herramienta y la impartición de la asignatura.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Iván Núñez Domínguez en la implementación de los cuestionarios.

El presente proyecto ha sido financiado mediante las ayudas PIEU del Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández (Código de subvención: PIEU_B/2023_34).

Capítulo 12. De la tiza a la Inteligencia Artificial: ChatGPT como catalizador del nuevo paradigma universitario.

M. A. Vicente¹, C. Fernández¹, R. Carmona², I. Carrillo¹, M. Guilabert¹ y M. O. Martínez-Rach³

*1 Departamento de Psicología de la Salud, 2 Departamento de Ciencia Jurídica, 3 Departamento de Ingeniería de Computadores, Universidad Miguel Hernández de Elche.
suni@umh.es*

Resumen

En los últimos años, hemos asistido a una auténtica revolución silenciosa en las aulas universitarias. Herramientas como ChatGPT, basadas en inteligencia artificial generativa (IAG), están empezando a transformar no sólo la manera en que enseñamos, sino también cómo aprendemos, nos relacionamos con el conocimiento y concebimos el papel de quién enseña y de quién aprende. Este capítulo nace precisamente de esa transformación en marcha. A partir de experiencias reales llevadas a cabo en distintas titulaciones universitarias, bajo el marco del proyecto PIEU A/2023_3 subvencionado por la Universidad Miguel Hernández, se propone una forma estructurada y flexible de integrar ChatGPT en la docencia, tanto en asignaturas teóricas como prácticas. La propuesta se apoya en un protocolo que equilibra la autonomía del estudiantado con el acompañamiento del profesorado, y que pone el foco en la creación de contenidos adaptados y significativos. A lo largo del texto, se exploran los beneficios que ya se han observado, pero también se abordan los retos que implica el uso de estas tecnologías, como la necesidad de supervisión crítica y ética. Más que una amenaza, ChatGPT puede ser un gran aliado si se incorpora con responsabilidad: una herramienta que, lejos de sustituir, enriquece la labor docente y nos acerca a una universidad más inclusiva, personalizada y conectada con los desafíos del mundo actual.

Palabras clave: artificial intelligence, teaching, university, ChatGPT.

12.1 Introducción

12.1.1 Contexto del proyecto

La universidad ha sido, durante siglos, un espacio privilegiado para la transmisión y construcción del conocimiento. Desde la tiza en la pizarra hasta las plataformas virtuales de aprendizaje, la evolución de los medios didácticos ha acompañado e impulsado los cambios sociales, tecnológicos y culturales de cada época. Hoy, nos encontramos ante una nueva disrupción: la irrupción de la inteligencia artificial generativa en el ámbito educativo.

Entre todas las herramientas emergentes, ChatGPT [1] ha captado una atención especial por su facilidad de uso, su capacidad para generar texto de forma coherente y contextual, y su sorprendente versatilidad en escenarios académicos. Lejos de ser una simple moda, este tipo de tecnologías está modificando profundamente las dinámicas del aula, desdibujando las fronteras tradicionales entre enseñanza y aprendizaje, entre saber y saber hacer.

En este capítulo, presentamos un proyecto educativo innovador implementado en la Universidad Miguel Hernández durante el curso académico 2023-2024, titulado *"CHATGPT en el aula universitaria: un nuevo paradigma educativo - PIEU A/2023_3"*. Este proyecto se centró en la integración de la plataforma ChatGPT como una herramienta pedagógica avanzada en la educación superior, con el objetivo de maximizar sus capacidades para enriquecer el proceso de aprendizaje y la interacción educativa. La iniciativa se puso en práctica en siete asignaturas distintas, abarcando un amplio espectro de disciplinas y grados universitarios, con el propósito de evaluar la versatilidad y eficacia de ChatGPT en diversos contextos académicos. Las asignaturas y grados en los que se implementó son: “Calidad Asistencial” en el Grado en Terapia Ocupacional (80 estudiantes), “Psicología del Trabajo y de las Organizaciones” en el Grado en Administración y Dirección de Empresas (55 estudiantes), “Psicología 2” en el Grado en Podología (91 estudiantes), “Sistemas Operativos” en el Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información (65 estudiantes), “Técnicas de Negociación” en el Grado en Relaciones Laborales y Recursos Humanos (33 estudiantes), y “Teoría de Circuitos” tanto en el Grado en Ingeniería Mecánica (81 estudiantes) como en el Grado en Ingeniería Eléctrica (30 estudiantes).

Este capítulo se enmarca en esa transformación y propone, desde una mirada crítica pero constructiva, una reflexión sobre qué significa realmente integrar ChatGPT en la docencia universitaria. ¿Qué oportunidades abre? ¿Qué miedos despierta? ¿Qué condiciones hacen falta para que su uso sea verdaderamente enriquecedor?

A través de esta reflexión, proponemos un protocolo de uso que busca equilibrio: entre lo nuevo y lo tradicional, entre la autonomía y la guía, entre el potencial creativo de la IA y la responsabilidad ética que debe guiar cualquier innovación educativa. Porque quizá estemos asistiendo no sólo a un cambio de herramientas, sino a un cambio de paradigma.

12.1.2 De la inteligencia artificial al a IA generativa en la educación

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser una promesa del futuro para convertirse en una realidad cotidiana que está transformando sectores tan diversos como la salud, la economía, el arte o la educación. En el ámbito educativo, la IA generativa, basada en modelos de aprendizaje profundo como las redes neuronales artificiales [2], representa una evolución especialmente significativa [3,4,5]. A diferencia de otras formas de IA centradas en la clasificación o la predicción, la IA generativa es capaz de crear contenido nuevo y contextualizado —ya sea texto, imágenes, música o código— a partir de grandes volúmenes de datos con los que ha sido entrenada [2].

En este contexto educativo o de aprendizaje, esta capacidad creativa abre un abanico de posibilidades sin precedentes: desde la generación automática de ejercicios hasta la simulación de debates, pasando por la tutoría personalizada o la asistencia en la escritura académica. No obstante, este potencial conlleva también importantes interrogantes sobre el control, la fiabilidad y el sentido crítico en el uso de estas herramientas.

12.1.3 ChatGPT como herramienta pedagógica

ChatGPT es uno de los ejemplos más paradigmáticos de IA generativa aplicada al texto. Su diseño se basa en la arquitectura de los transformers (*Generative Pretrained Transformers*) [6], que permiten generar respuestas coherentes, contextualizadas y adaptadas a una gran variedad de situaciones conversacionales. Su interfaz accesible y su capacidad para generar texto en múltiples registros han favorecido una rápida adopción por parte de docentes, estudiantes e instituciones educativas [4,7]

Desde una perspectiva pedagógica, ChatGPT puede actuar como tutor virtual, generador de recursos didácticos, simulador de escenarios, facilitador del aprendizaje autónomo y herramienta de reflexión crítica. Su uso en el aula permite pasar de un modelo de transmisión unidireccional del conocimiento a un entorno más participativo, en el que el estudiante se convierte en agente activo del aprendizaje. Sin embargo, este cambio exige repensar el rol del profesorado, no como

transmisor de contenidos, sino como mediador, curador y garante de calidad y sentido en la interacción con la tecnología.

12.1.4 Oportunidades y límites: hacia una integración crítica

Numerosos estudios recientes [5,8] coinciden en señalar que, la incorporación de IA generativa en educación superior debe estar guiada por principios éticos y pedagógicos claros. Entre los beneficios destacan la personalización del aprendizaje, el desarrollo de habilidades metacognitivas, el fomento del pensamiento crítico y la democratización del acceso a recursos educativos.

No obstante, también se identifican riesgos: información inexacta o inventada ("alucinaciones"), sesgos en los datos de entrenamiento, dependencia excesiva o falta de desarrollo del juicio crítico, si no se acompaña adecuadamente su uso. Por ello, integrar ChatGPT en la educación superior no debe consistir únicamente en poner la herramienta a disposición del alumnado, sino en crear un ecosistema educativo reflexivo, donde la IA sea un medio y no un fin.

En este marco, el presente capítulo propone una forma de integración de ChatGPT en el aula que no reemplace, sino que complemente y enriquezca las prácticas docentes, fomentando una actitud crítica, activa y responsable tanto en docentes como en estudiantes.

12.2 Metodología

El proyecto *PIEU A/2023_3* tuvo como objetivo principal diseñar y evaluar un protocolo para el uso pedagógico de ChatGPT en la educación universitaria, orientado a dos líneas complementarias: por un lado, facilitar al estudiantado la generación de pruebas de autoevaluación; por otro, proporcionar al profesorado una herramienta eficaz para la elaboración de material de evaluación, como casos prácticos contextualizados.

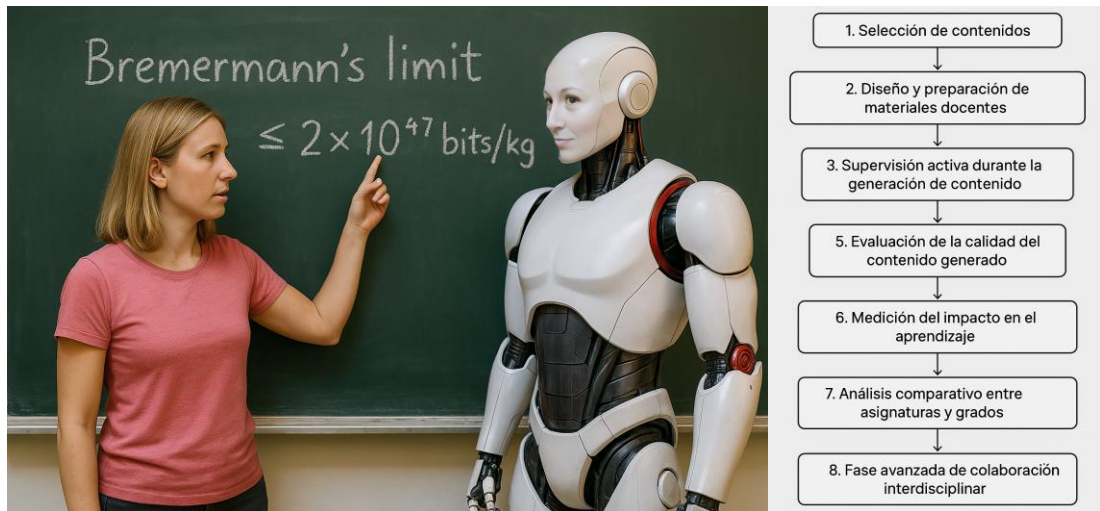


Figura 1. Representación visual del cambio de paradigma educativo asociado al uso de inteligencia artificial generativa en la universidad. A la izquierda, una escena simbólica muestra a una docente y un humanoide dialogando frente a una pizarra con la fórmula del límite de Bremermann [8], en alusión a las fronteras teóricas del procesamiento de la información. A la derecha, diagrama de flujo con las ocho fases metodológicas del proyecto de integración de ChatGPT en asignaturas universitarias, desde la selección de contenidos hasta la colaboración interdisciplinar.

Los objetivos específicos del proyecto fueron los siguientes:

- Desarrollar un protocolo estructurado que permitiese al alumnado crear ejercicios de autoevaluación bajo la supervisión docente.
- Evaluar el impacto del protocolo en la motivación y el aprendizaje del estudiantado mediante experiencias piloto en distintas asignaturas y grados.
- Explorar la capacidad de ChatGPT para generar casos prácticos y ejercicios contextualizados que respondan a las competencias específicas de asignaturas teóricas y prácticas.
- Validar la utilidad pedagógica de los materiales generados, tanto para la enseñanza como para la evaluación formativa y sumativa.
- Analizar la percepción de estudiantes y docentes sobre el uso de ChatGPT como generador de contenido educativo, centrándose en su valor añadido, limitaciones y condiciones de uso óptimas.
- Proponer recomendaciones y directrices que orienten la implementación responsable y eficaz de ChatGPT, en el diseño de actividades de evaluación y autoevaluación en el contexto universitario.

La experiencia se desarrolló durante el curso 23/24 en varias fases secuenciales y complementarias que se listan a continuación y se muestran en el diagrama de flujo de la figura 1:

- **Selección de contenidos:** El profesorado de cada asignatura identificó los temas y competencias más adecuadas para la creación de ejercicios mediante IA, priorizando aquellas que se beneficiaran de la reflexión crítica o el razonamiento aplicado.
- **Diseño y preparación de materiales docentes:** Se elaboraron materiales base (temarios, guías de evaluación, rúbricas) que sirvieron de referencia para orientar la generación de casos prácticos y autoevaluaciones.
- **Formación inicial del estudiantado:** Se impartió una breve formación sobre el uso de ChatGPT, sus capacidades, limitaciones y criterios éticos de uso responsable. Se introdujeron conceptos básicos de prompting y de validación de la información generada.
- **Supervisión activa durante la generación de contenido:** El profesorado acompañó al alumnado en el proceso de creación de los ejercicios, ofreciendo retroalimentación inmediata, detectando errores conceptuales y ajustando el enfoque pedagógico cuando fue necesario.
- **Evaluación de la calidad del contenido generado:** Se analizaron los ejercicios y casos prácticos generados por el estudiantado, valorando su coherencia, claridad, adecuación al nivel académico y alineación con los objetivos de aprendizaje.
- **Medición del impacto en el aprendizaje:** Se aplicaron encuestas y cuestionarios de percepción al estudiantado para valorar la usabilidad del protocolo, la comprensión de los contenidos y el grado de motivación generado por el uso de la IA.
- **Análisis comparativo entre asignaturas y grados:** Se exploraron posibles diferencias en la adopción y efectividad del protocolo según el perfil del estudiantado, la naturaleza de la asignatura (teórica/práctica) y la titulación correspondiente.
- **Fase avanzada de colaboración interdisciplinar:** En colaboración con estudiantes del grado en Ingeniería Informática, se desarrolló una serie de prompts programados y adaptativos orientados a la generación autónoma de contenidos de autoevaluación, con el fin de ampliar las posibilidades del protocolo y avanzar hacia una implementación semiautomatizada.

12.3 Resultados

El protocolo de uso de ChatGPT se implementó en siete asignaturas de distintos grados universitarios durante el curso 2023-2024: “Calidad Asistencial” en el Grado en Terapia Ocupacional (80 estudiantes), “Psicología del Trabajo y de las Organizaciones” en el Grado en Administración y Dirección de Empresas (55 estudiantes), “Psicología 2” en el Grado en Podología (91 estudiantes), “Sistemas Operativos” en el Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información (65 estudiantes), “Técnicas de Negociación” en el Grado en Relaciones Laborales y Recursos Humanos (33 estudiantes), y “Teoría de Circuitos” tanto en el Grado en Ingeniería Mecánica (81 estudiantes) como en el Grado en Ingeniería Eléctrica (30 estudiantes).

Esta intervención didáctica multidisciplinar generó resultados relevantes, tanto desde el punto de vista pedagógico como en términos de percepción del estudiantado y del profesorado. Uno de los resultados más destacables fue el alto nivel de participación del estudiantado en las actividades que implicaban el uso de ChatGPT. En todas las asignaturas, más del 85% del alumnado completó las tareas propuestas vinculadas a la generación de ejercicios de autoevaluación o resolución de casos prácticos con ayuda de la IA. Además, los resultados de las encuestas muestran que un 78% del alumnado percibió un aumento en su motivación al trabajar con esta herramienta, destacando su carácter novedoso, interactivo y adaptativo.

El análisis cualitativo de los ejercicios y casos prácticos creados con apoyo de ChatGPT reveló que el 82% de los productos generados fueron evaluados por el profesorado como "adecuados" o "muy adecuados" en cuanto a su coherencia, claridad y alineación con los objetivos de aprendizaje de la asignatura. En particular, en las materias de corte técnico y procedimental —como “Teoría de Circuitos” y “Sistemas Operativos”—, los casos generados fueron valorados como especialmente útiles para reforzar la comprensión de conceptos complejos mediante explicaciones accesibles.

El protocolo favoreció el desarrollo de habilidades metacognitivas, especialmente la capacidad del alumnado para identificar sus propios errores y generar mecanismos de autoevaluación más personalizados. Un 71% de los estudiantes encuestados indicaron que utilizar ChatGPT les ayudó a identificar mejor sus lagunas de conocimiento y a preparar con mayor eficacia las pruebas académicas. Asimismo, algunos docentes señalaron una mejora en la participación en clase y en el razonamiento crítico de las respuestas generadas.

La mayoría del profesorado implicado valoró de forma positiva la experiencia, aunque con ciertos matices. Se identificaron beneficios claros en términos de ahorro de tiempo en la generación de materiales, mayor variedad de actividades y estímulo de la creatividad docente. Sin embargo,

también se señalaron preocupaciones en torno a la necesidad de supervisión constante, la posibilidad de errores en los contenidos generados y la carga inicial de aprendizaje asociada al dominio del prompting pedagógico. Aun así, un 100% de los docentes participantes expresaron su voluntad de repetir o ampliar el uso de ChatGPT en cursos posteriores.

El análisis comparativo entre asignaturas mostró variaciones en la apropiación de la herramienta según el perfil del estudiantado. Mientras que en los grados del ámbito sanitario y social se valoró más su utilidad para estructurar contenidos y repasar conceptos clave, en los grados de ingeniería se destacó su potencial como asistente técnico capaz de generar esquemas, explicaciones paso a paso o pseudocódigo útil para la resolución de problemas. Esta flexibilidad refuerza la hipótesis de que el protocolo es escalable y adaptable a múltiples contextos curriculares.

Para un análisis más detallado de las experiencias desarrolladas en cada asignatura y de los resultados de satisfacción del estudiantado, puede consultarse el artículo [7], en el que se presentan los datos obtenidos mediante un diseño pre-post. En dicho trabajo se profundiza en las variaciones observadas entre titulaciones, así como en la evolución de las percepciones del alumnado respecto al uso de ChatGPT como herramienta de apoyo en su proceso formativo.

12.4 Discusión

Los resultados obtenidos apuntan a un impacto positivo y transversal del uso de ChatGPT en el entorno universitario, con niveles altos de participación y motivación por parte del alumnado. Esta receptividad inicial, acompañada de una mejora percibida en la capacidad de autoevaluación y preparación académica, sugiere que los modelos de IA generativa pueden actuar como catalizadores de una docencia más activa y personalizada.

No obstante, la implementación también ha puesto de relieve ciertos desafíos. La calidad del contenido generado, si bien generalmente adecuada, requiere de una supervisión docente constante para garantizar su fiabilidad y relevancia. Además, la carga cognitiva asociada al dominio de nuevas estrategias de prompting por parte del profesorado, señala la necesidad de incluir formación y acompañamiento específico en procesos de innovación educativa.

Por otro lado, la variabilidad observada entre grados sugiere que la integración efectiva de ChatGPT depende en buena medida del perfil competencial de cada titulación y de la naturaleza de sus contenidos. Esta flexibilidad, sin embargo, constituye una fortaleza del protocolo, al permitir su adaptación a diversos contextos disciplinares.

En conjunto, los datos avalan la viabilidad y el potencial de esta experiencia piloto, abriendo la puerta a futuras iteraciones más amplias, sostenibles y pedagógicamente sólidas.

12.5 Conclusiones y Recomendaciones

12.5.1 Conclusiones

Esta experiencia ha demostrado que abrir las puertas del aula universitaria a herramientas como ChatGPT no solo es posible, sino valioso. Lejos de restar protagonismo al profesorado, su uso bien guiado ha enriquecido la docencia, aportando nuevas formas de enseñar y aprender, más activas, participativas y ajustadas a las necesidades del estudiantado actual.

El alumnado no solo respondió con entusiasmo, sino que asumió un rol más autónomo y reflexivo en su aprendizaje. El profesorado, por su parte, descubrió un aliado con potencial para diversificar recursos, aunque también quedó claro que su uso requiere formación, supervisión y una integración pedagógica consciente.

Más allá de los resultados concretos, este capítulo lanza una invitación a mirar hacia el futuro de la universidad con curiosidad, responsabilidad y espíritu innovador. La inteligencia artificial no es el fin, sino un medio para repensar lo que hacemos, cómo lo hacemos y, sobre todo, para quién lo hacemos.

12.5.2 Recomendaciones para la implementación

A continuación, se proponen una serie de recomendaciones orientadas a facilitar una integración efectiva, ética y pedagógicamente sólida de ChatGPT en el ámbito universitario:

- Diseñar un protocolo guiado, claro y adaptable

Es fundamental contar con una estructura metodológica que oriente el uso de ChatGPT en el aula. Este protocolo debe ser flexible para adaptarse a distintas asignaturas, pero lo suficientemente detallado como para evitar un uso superficial o improductivo de la herramienta.

- Formar al profesorado en prompting pedagógico

El aprovechamiento real de ChatGPT requiere que el profesorado conozca no solo el funcionamiento básico de la herramienta, sino también las estrategias de formulación de prompts y la forma de evaluar críticamente las respuestas generadas. Invertir en formación docente es clave para una integración de calidad.

- Acompañar y supervisar al estudiantado

Aunque ChatGPT favorece la autonomía, el aprendizaje asistido por IA no puede ni debe ser completamente autónomo. La presencia del profesorado como guía, evaluador y referente crítico es esencial para garantizar el valor educativo de la experiencia.

- Fomentar el desarrollo de competencias metacognitivas

La generación de pruebas de autoevaluación o resolución de casos mediante ChatGPT, ofrece una oportunidad excelente para trabajar habilidades como la autorregulación, la reflexión y la evaluación de la propia comprensión, competencias clave en la educación superior.

- Contextualizar el uso según la naturaleza de la asignatura

No todas las disciplinas requieren el mismo tipo de actividades ni obtienen el mismo beneficio del uso de IA. Es recomendable adaptar el uso de ChatGPT a las características específicas de cada materia, aprovechando su versatilidad para reforzar contenidos complejos, elaborar casos, o generar feedback inmediato.

- Promover una cultura de uso ético y crítico

Desde el primer contacto con la herramienta, es importante transmitir al estudiantado los límites, sesgos y responsabilidades asociados al uso de la inteligencia artificial generativa. Incluir aspectos éticos en el diseño de las actividades ayuda a prevenir malos usos y fomenta una actitud reflexiva.

- Evaluar y revisar periódicamente el impacto

La implementación debe ir acompañada de mecanismos de evaluación continua, recogida de datos e identificación de buenas prácticas. Esta retroalimentación permite ajustar el protocolo y garantizar una mejora progresiva del modelo de integración.

Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el proyecto "*CHATGPT en el aula universitaria: un nuevo paradigma educativo*", financiado por el Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández dentro del Programa de Innovación Educativa Universitaria (PIEU_A/2023_3), cuyo objetivo es fomentar el uso pedagógico de tecnologías emergentes en la docencia universitaria.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todo el estudiantado de los distintos grados que participaron activamente en esta experiencia. Su entusiasmo, implicación y agradecimiento explícito por haber encontrado en el aula un espacio de acogida para la inteligencia artificial — en lugar de un entorno de prohibición— han sido fuente de inspiración para el desarrollo del proyecto.

Asimismo, reconocemos el apoyo y la colaboración constante de la dirección del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández, cuya disposición y confianza han facilitado en gran medida la ejecución y coordinación del proyecto en el marco académico.

Referencias

- [1] OpenAI, "ChatGPT: Optimizing Language Models for Dialogue," 2022. [Online]. Available: <https://openai.com/blog/chatgpt/>
- [2] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep Learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436-444, 2015
- [3] UNESCO, "Guidance for generative AI in education and research," 2023. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai>
- [4] L. Eysenbach, "Generative AI and ChatGPT in Higher Education: Opportunities, Pitfalls and Ethical Implications," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 26, no. 1, pp. 1-12, 2023.
- [5] A. Adiguzel, T. Başar, and H. Türel, "Exploring ChatGPT's potential in classroom assessment," in *Proceedings of the 17th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN)*, Palma, Spain, 2023, pp. 1204-1212.
- [6] A. Radford, J. Wu, R. Child, D. Luan, D. Amodei, and I. Sutskever, "Language Models are Few-Shot Learners," OpenAI, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- [7] Ray, P. P. ChatGPT: A comprehensive review on background, applications, key challenges, bias, ethics, limitations and future scope. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 2023.
- [8] A. Sabzalieva and G. Valentini, "Artificial Intelligence and Higher Education: Promises and Perils," *UNESCO Policy Briefs*, no. 57, pp. 1-6, 2023.
- [9] M.A. Vicente, C. Fernández, R. Carmona, I. Carrillo, M. Guilabert, M.O. Martínez (2024). ChatGPT en la Universidad Miguel Hernández: innovación y eficacia en el aula. F.M. Sirignano, R. Martínez-Roig, A. López Padrón (Eds.), *Enseñanza y aprendizaje en la era digital desde la investigación y la innovación*. Barcelona: Ediciones Octaedro. ISBN: 978-84-1079-000-1.
- [10] H.J. Bremermann, Quantum noise and information, *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*. Biology and Problems of Health, 1967. p. 15-20.

Capítulo 13. Herramienta eficiente de versionado de exámenes para TEORÍA DE CIRCUITOS y otras asignaturas basadas en problemas

M.A. Vicente Ripoll¹, C. Fernández Peris¹, M.O. Martínez Rach²

1 Departamento de Psicología Aplicada, UMH, suni@umh.es, c.fernandez@umh.es

2 Departamento de Ingeniería de Computadores, UMH, mmrach@umh.es

Resumen

La creación de múltiples versiones de un examen permite reducir las copias entre alumnos y, si se realiza de modo automático, no supone un aumento excesivo de carga para el profesorado.

Este artículo presenta nuestra plataforma de versionado automático de exámenes, centrada en la asignatura de Teoría de Circuitos, aunque aplicable a otros ámbitos de la ingeniería. En el caso de Teoría de Circuitos, facilita la creación de versiones de exámenes con alta variabilidad, incluyendo distintos esquemas de circuitos, distintos valores de componentes y diferentes bloques de preguntas.

La plataforma está basada en el lenguaje de programación MATLAB/Octave y en descripciones de documentos en HTML; y fue probada durante el curso 2021-2022 en la asignatura de Teoría de Circuitos en la Universidad Miguel Hernández de Elche, España. El estudiantado manifestó un alto nivel de satisfacción con la herramienta, y coincidieron en que previene eficazmente las copias durante los exámenes.

Palabras clave: Teoría de circuitos, control de copias, versionado automático, Matlab.

13.1 Introducción

Los métodos de enseñanza y evaluación en línea impuestos por la pandemia de la COVID-19 pusieron de manifiesto el problema de las copias durante los exámenes. La solución más adoptada para evitar las copias suele ser la creación de múltiples versiones del examen, pero esto incrementa notablemente la carga de trabajo del profesorado, tanto en la preparación como en la corrección de las pruebas, y eleva el riesgo de cometer errores debido a las diferencias entre versiones. Otra estrategia completamente diferente es la detección automática de las copias después de producidas, como en [1], pero su prevención resulta normalmente más adecuada.

Centrándonos en el versionado, se han desarrollado múltiples herramientas de automatización para reducir la carga de trabajo asociada. Algunas de estas herramientas son genéricas [2], mientras que otras están diseñadas para materias específicas. Por ejemplo, Haase [3] desarrolló una herramienta para circuitos digitales; y Huber y Hagel [4] para ingeniería del software. En cuanto a la metodología del versionado, la estrategia más común es la utilizada, por ejemplo, por Rusak y Yan [5], donde solo los datos numéricos cambian entre versiones, manteniendo común el esqueleto del examen, al igual que sucede en la herramienta LICIEEXAM [6]. Relacionado con la automatización del versionado, también es habitual la evaluación automática, por ejemplo, en ejercicios de programación [7]; o en ejercicios de diseño eléctrico y electrónico [8, 9].

Este estudio se centra exclusivamente en la creación de versiones múltiples de exámenes. A diferencia de herramientas como las presentadas en [5] o [6], en las que solo varían los datos numéricos, el sistema que presentamos permite modificar el esqueleto del examen, los datos y el conjunto de preguntas entre versiones. Aunque fue desarrollado para la asignatura de Teoría de Circuitos, se ha considerado su aplicabilidad a otras materias. Además, en lugar de usar software específico, se basa en software ampliamente utilizado como MATLAB [10] o su alternativa libre Octave [11], conocidas por el profesorado en muchas disciplinas de ingeniería.

13.2 Metodología

El objetivo principal de nuestra plataforma es la generación eficiente de versiones de exámenes para la asignatura de Teoría de Circuitos, facilitando la corrección posterior. Para alcanzar este objetivo, la plataforma genera automáticamente dos documentos distintos:

- Un documento dirigido al estudiantado, que contiene todas las versiones del examen sin las respuestas.

- Un documento para el profesorado, que incluye todas las versiones del examen con sus respectivas respuestas.

En el caso de circuitos eléctricos, los problemas pueden modelarse como sistemas de ecuaciones lineales con números reales o complejos (por ejemplo, mediante análisis de nodos o mallas en corriente continua o alterna), o como ecuaciones cuadráticas simples (por ejemplo, para calcular la resistencia que consume exactamente una determinada potencia).

Para facilitar el versionado, no se recomienda solicitar respuestas simbólicas al alumnado. Por tanto, en lugar de preguntas del tipo: “En este circuito, deriva una fórmula que relacione el consumo de potencia en la resistencia con la amplitud de la fuente de tensión y el valor de la inductancia”, debemos reformularlas con valores concretos, de este modo: “En este circuito, con una fuente de tensión de 240V a 50 Hz y una inductancia de 10 mH, calcula el consumo de potencia en la resistencia (en vatios).”

Se barajaron dos opciones para obtener las respuestas a cada problema:

- Utilizar herramientas de simulación como SPICE [12, 13].
- Usar entornos de cálculo numérico como MATLAB/Octave.

Aunque SPICE facilita la obtención de resultados sin formular las ecuaciones del circuito, tiene un inconveniente importante: no permite acceder fácilmente a los resultados intermedios del cálculo, los cuales son útiles para detectar errores en las respuestas del alumnado. En cambio, MATLAB/Octave ofrece mayor flexibilidad y permite obtener tanto resultados finales como intermedios, a costa de requerir habilidades básicas de programación. Aunque existen herramientas SPICE mejoradas que intentan salvar esta limitación [14], su flexibilidad sigue siendo menor que la de MATLAB/Octave.

13.3 Descripción de la plataforma

13.3.1 Generación automática de exámenes

Cada problema generado por la plataforma se compone de tres elementos fundamentales:

- Un esquema de circuito.
- Un conjunto de valores para los componentes.
- Un conjunto de preguntas que debe responder cada estudiante.

La Figura 1 muestra un ejemplo básico de un problema de Teoría de Circuitos que combina estos tres componentes. Aunque los problemas reales son más complejos, la estructura se mantiene igual.

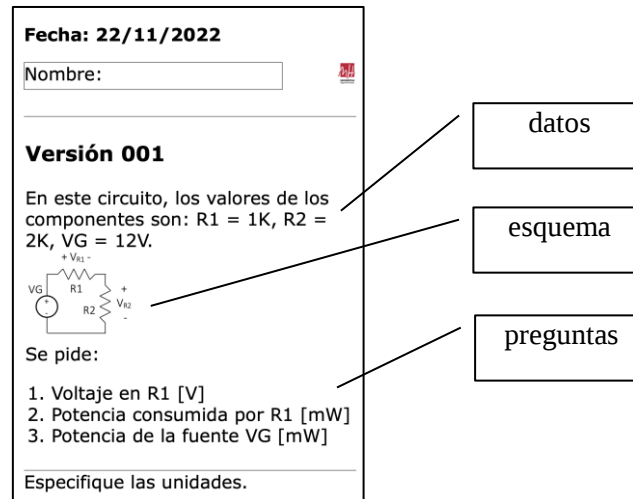


Figura 1. Estructura de un examen (simplificado).

Idealmente, cada versión del examen debe ser lo más diferente posible de las demás. Nuestra plataforma permite crear múltiples esquemas, varios conjuntos de valores para cada uno, y diferentes bloques de preguntas. Esto permite generar un alto número de versiones únicas. No obstante, solo el primer nivel de variabilidad (el cambio de esquema) requiere un esfuerzo adicional por parte del docente, ya que cada nuevo esquema implica una forma distinta de resolver el circuito. Los niveles restantes (cambio de valores y de preguntas) pueden automatizarse con bucles que repiten cálculos similares con distintos valores.

13.3.2 Arquitectura software

La arquitectura software se basa en un conjunto de scripts en MATLAB/Octave y una serie de plantillas HTML con estilos definidos en CSS. Su diseño busca ser amigable con el usuario, permitiendo al profesorado adaptar los scripts y personalizar la apariencia visual del examen si lo desea.

El sistema está organizado en tres carpetas principales:

- **matlab/**: contiene el código principal, no editable, en especial el script `generate.m`, que ejecuta el proceso de creación de exámenes.
- **myexam/**: donde el docente define el contenido del examen. Se subdivide en:

- **data/:** incluye archivos como mydata.m, que especifica el número de versiones, los datos de cada esquema y los bloques de preguntas. También incluye archivos del tipo mysolveX.m, uno por cada esquema, que contienen el procedimiento de resolución. Todos los archivos contienen ejemplos iniciales editables.
- **figs/:** contiene las imágenes de los esquemas de los circuitos, necesariamente en formato PNG, aunque pueden crearse con cualquier software de edición.
- **output/:** almacena los documentos generados (versión del estudiante y del docente) como archivos HTML listos para imprimir o convertir a PDF.
- **templates/:** alberga las plantillas HTML y archivos CSS responsables del estilo del examen. Son opcionales, pero se pueden modificar para personalizar el aspecto del documento.

13.3.3 Ejemplo de aplicación

Como ejemplo de aplicación, se presenta un examen básico con la siguiente estructura:

- Dos esquemas de circuito diferentes: un divisor de tensión y un divisor de corriente.
- Tres conjuntos de datos para cada esquema (variaciones en los valores de componentes).
- Dos bloques de preguntas para cada esquema.

Esto da lugar a:

$2 \text{ esquemas} \times 3 \text{ conjuntos de datos} \times 2 \text{ bloques de preguntas} = 12 \text{ versiones distintas del examen.}$

Aunque dos estudiantes puedan tener el mismo esquema y bloque de preguntas, los valores numéricos son diferentes entre versiones, lo que impide obtener las mismas respuestas. Así se garantiza que:

- Estudiantes contiguos tengan versiones lo más diferentes posible (distinto esquema).
- Estudiantes no contiguos puedan compartir esquema, pero no conjunto de preguntas.
- Estudiantes más alejados en el aula puedan llegar a compartir esquema y preguntas, pero no los mismos datos.

Cada versión se etiqueta con un número visible (ej.: Versión 001, Versión 002, etc.) para facilitar la organización y la corrección.

En la Figura 2 se muestran (como ejemplo) los primeros ocho exámenes generados, con sus respectivos esquemas, preguntas y valores. El diseño del sistema permite asignar versiones de forma que ningún estudiante tenga cercano a alguien con un examen similar. En efecto, si se sigue una estrategia de reparto en un aula como la mostrada en la Figura 2, no es necesario crear cientos de versiones únicas para reducir la probabilidad de copia: las 12 versiones de este ejemplo bastan para un grupo numeroso si se distribuyen de forma adecuada; la versión 13 sería exactamente igual que la versión 1, pero resultaría casi imposible la copia por la distancia entre estudiantes; y adicionalmente, no sería sencillo asegurar que dos versiones sean exactamente iguales.

Fecha: 22/11/2022

Nombre:

Versión 001

En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 1K$, $R2 = 2K$, $VG = 12V$.



Se pide:

1. Voltaje en $R1$ [V]
2. Potencia consumida por $R1$ [mW]
3. Potencia de la fuente VG [mW]

Especifique las unidades.

Fecha: 22/11/2022

Nombre:

Versión 002

En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 1K$, $R2 = 2K$, $IG = 8mA$.



Se pide:

1. Corriente en $R1$ [mA]
2. Potencia consumida por $R1$ [mW]
3. Potencia de la fuente IG [mW]

Especifique las unidades.

Fecha: 22/11/2022

Nombre:

Versión 003

En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 1K$, $R2 = 2K$, $VG = 12V$.



Se pide:

1. Voltaje en $R2$ [V]
2. Potencia consumida por $R2$ [mW]
3. Potencia de la fuente VG [mW]

Especifique las unidades.

Fecha: 22/11/2022

Nombre:

Versión 004

En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 1K$, $R2 = 2K$, $IG = 8mA$.



Se pide:

1. Corriente en $R2$ [mA]
2. Potencia consumida por $R2$ [mW]
3. Potencia de la fuente IG [mW]

Especifique las unidades.

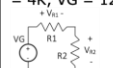
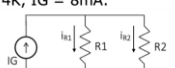
Fecha: 22/11/2022 Nombre: Versión 005 En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 3.25K$, $R2 = 4K$, $V_G = 12V$.  Se pide: 1. Voltaje en $R1$ [V] 2. Potencia consumida por $R1$ [mW] 3. Potencia de la fuente V_G [mW] Especifique las unidades.	Fecha: 22/11/2022 Nombre: Versión 006 En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 3K$, $R2 = 4K$, $I_G = 8mA$.  Se pide: 1. Corriente en $R1$ [mA] 2. Potencia consumida por $R1$ [mW] 3. Potencia de la fuente I_G [mW] Especifique las unidades.	Fecha: 22/11/2022 Nombre: Versión 007 En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 3.25K$, $R2 = 4K$, $V_G = 12V$.  Se pide: 1. Voltaje en $R2$ [V] 2. Potencia consumida por $R2$ [mW] 3. Potencia de la fuente V_G [mW] Especifique las unidades.
Fecha: 22/11/2022 Nombre: Versión 008 En este circuito, los valores de los componentes son: $R1 = 3K$, $R2 = 4K$, $I_G = 8mA$.  Se pide: 1. Corriente en $R2$ [mA] 2. Potencia consumida por $R2$ [mW] 3. Potencia de la fuente I_G [mW] Especifique las unidades.		

Figura 2. Primeras ocho versiones del examen ejemplo.

13.3.4 Funcionalidades adicionales del examen

La plataforma también ofrece al profesorado la posibilidad de modificar la estructura estándar del examen (datos, esquema y preguntas) para adaptarlo a sus necesidades. A continuación, se presentan dos ejemplos de personalización:

13.3.4.1 Inclusión de resultados intermedios

Se posibilita añadir resultados intermedios en la versión del profesorado. Por ejemplo, si una pregunta requiere que el alumnado calcule la máxima potencia que puede disipar una resistencia, es posible que, antes de llegar a ese resultado, deba resolver un equivalente Thévenin.

Aunque el estudiante no esté obligado a proporcionar este dato intermedio, el profesorado puede comprobarlo (en caso de estar disponible) para entender mejor el razonamiento seguido y detectar el origen de un posible error. Esta funcionalidad se implementa fácilmente, permitiendo añadir dichos resultados intermedios sólo en la versión de corrección.

13.3.4.2 Representación gráfica de resultados

Otra funcionalidad incorporada es la inclusión de resultados gráficos (no numéricos). Es común en problemas solicitar al estudiante representar la evolución de una magnitud en el tiempo, como la tensión en una resistencia o la corriente en una rama del circuito, en lugar (o además de) de pedir resultados numéricos. El sistema desarrollado permite incluir este tipo de preguntas, en las que la versión del profesorado muestra el resultado gráfico correcto, generado automáticamente con MATLAB/Octave, para facilitar y agilizar la corrección.

13.3.5 Otras opciones de personalización

La plataforma ofrece más personalizaciones, para docentes que deseen adaptar el formato visual del examen a sus preferencias o a los estándares de su institución. Existen dos niveles principales de personalización:

13.3.5.1 Personalización del contenido textual

Los textos del examen (enunciados, instrucciones, preguntas, etc.) son proporcionados por el docente como cadenas de texto en formato MATLAB. Estas cadenas pueden incluir etiquetas de formato HTML, lo cual posibilita:

- Resaltar o enfatizar palabras clave (por ejemplo, utilizando negritas o cursivas).
- Incluir símbolos, subíndices o superíndices.
- Utilizar listas ordenadas o viñetas.
- Insertar fórmulas matemáticas sencillas escritas en HTML.

13.3.5.2 Personalización del formato visual del examen

El sistema incluye una serie de plantillas HTML y una hoja de estilos CSS estándar que determinan la apariencia del examen. El profesorado puede:

- Modificar el diseño de la cabecera (logotipos, nombre del curso, etc.).
- Cambiar los estilos de fuente (tamaño, tipo, color).
- Ajustar márgenes, alineación, espaciado.

- Rediseñar la estructura visual del documento (posición de las preguntas, numeración, etc.).

Estas plantillas están ubicadas en la carpeta **templates/**, y pueden editarse con cualquier editor de texto. Sólo se recomienda mantener los elementos estructurales principales (por ejemplo, conservar las etiquetas que delimitan preguntas y respuestas).

13.4 Resultados

La plataforma fue utilizada durante el curso académico 2021-2022 en la asignatura de Teoría de Circuitos del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Miguel Hernández.

En total, se llevaron a cabo seis exámenes durante el curso, todos generados con esta herramienta. En todos los casos, los exámenes contaron con dos esquemas diferentes, un único conjunto de preguntas por examen y entre 10 y 11 conjuntos de datos distintos. Esto permitió generar entre 20 y 22 versiones únicas por examen, como muestra la tabla 1 (Nota: El examen 6 fue voluntario, por eso tuvo menos participantes).

Tabla 1. Exámenes realizados.

<i>Examen</i>	<i>Esquemas</i>	<i>Preguntas</i>	<i>Datos</i>	<i>Versiones</i>	<i>Estudiantes</i>
1. Análisis en DC	2	1	10	20	82
2. Factor de potencia AC	2	1	10	20	74
3. Análisis en AC	2	1	10	20	74
4. Acoplamiento magnético	2	1	11	22	67
5. Circuitos trifásicos	2	1	11	22	67
6. Transitorios en DC	2	1	11	22	18

Dado que cada examen constó de dos esquemas distintos, se estudió la existencia de diferencias de dificultad entre versiones. Para ello, se realizó un análisis estadístico (prueba t de Student) comparando las medias de las calificaciones obtenidas por quienes resolvieron el esquema 1 y quienes resolvieron el esquema 2. Como muestra la tabla 2, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que ambas versiones fueron equitativas en cuanto a dificultad.

Tabla 2. Comparación de dificultad entre esquemas.

<i>Examen</i>	<i>Notas con esquema 1: media (desv. típica), N</i>	<i>Notas con esquema 2: media (desv. típica), N</i>	<i>t-Student (p)</i>
1	4.76 (3.12), 42	4.42 (2.37), 38	0.587
2	7.24 (3.17), 38	6.72 (3.19), 36	0.489
3	5.73 (3.40), 37	7.00 (3.20), 36	0.105
4	5.68 (2.47), 34	5.48 (3.07), 33	0.779
5	7.90 (4.39), 31	6.84 (2.66), 32	0.250
6	7.50 (1.38), 7	6.67 (1.56), 9	0.285

13.4.1 Evaluación por parte del alumnado

Se evaluaron diferentes aspectos de la docencia, comparando las valoraciones obtenidas en esta asignatura con la media del resto de asignaturas del curso. Las preguntas más relevantes para evaluar la herramienta fueron: P4: La metodología empleada me ayuda a aprender; P6: Los recursos utilizados por el profesor mejoran mi aprendizaje; P9: Satisfacción global con el profesor; P10: Satisfacción global con la asignatura. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos, superando la media del curso en todos los aspectos evaluados.

Tabla 3. Encuesta de calidad de la asignatura.

<i>Pregunta</i>	<i>Rango</i>	<i>Valoración: media (desv. típica), N</i>	<i>Media curso</i>
P4	[0, 5]	4.6 (0.61), 50	4.06
P6	[0, 5]	4.52 (0.65), 50	4.07
P9	[0, 10]	9.32 (1.06), 50	8.02
P10	[0, 10]	8.96 (1.31), 49	7.83

También se diseñó una encuesta sencilla para conocer la percepción directa del alumnado respecto al impacto de la plataforma en la prevención de las copias. Los resultados se muestran en la tabla 4, y reflejan una alta aceptación del sistema de versiones por parte del alumnado. La gran mayoría reconoció que el sistema hacía más difícil copiar, aunque casi nadie admitió haberlo intentado.

Tabla 4. Encuesta específica sobre la plataforma

<i>Pregunta</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
¿Crees que el sistema de versiones dificultó las copias?	36 (95%)	2 (5%)
¿Intentaste copiar en alguno de los exámenes realizados?	1 (3%)	37 (97%)

Para un análisis más profundo de la herramienta, así como de los resultados de satisfacción del estudiantado y del profesorado, puede consultarse el artículo de los autores [15], donde se desarrollan estos aspectos con mayor detalle.

13.5 Conclusiones

La creación de diferentes versiones de un mismo examen ayuda a evitar las copias entre estudiantes.

Gracias a la automatización parcial del proceso de generación y corrección de exámenes, la generación de versiones no supone un esfuerzo inabordable para el profesorado.

El estudiantado valora positivamente que sus respuestas no puedan ser copiadas por otros, y ser evaluados en condiciones justas.

Aunque únicamente se ha empleado en Teoría de Circuitos, la herramienta desarrollada, gracias a su flexibilidad, permite su utilización en múltiples asignaturas.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto (Código de subvención: PIEU-A/2022/04).

Agradecemos sinceramente al estudiantado que participó activamente en esta experiencia, cuya implicación fue clave para su desarrollo.

Asimismo, reconocemos el apoyo y la colaboración constante de la dirección del Departamento de Psicología de la Salud de la Universidad Miguel Hernández, cuya disposición y confianza han facilitado en gran medida la ejecución de este proyecto docente.

Referencias

- [1] S. Haque, S. Zeba, M.A. Haque, K. Kumar, M.P.A. Basha, “An IoT model for securing examinations from malpractices”. *Materials Today: Proceedings*, 81, 371-376, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.413>
- [2] C. Fernández, M.A. Vicente, R. Puerto, R.P. Ñeco, “Latex based tool for managing multiple choice question exams”, *Proceedings of the 3rd International Conference on Education and New Learning Technologies*, 6115–6122, 2011
- [3] J. Haase, “Flipped classroom with digital circuits: An HTML5-based interactive simulation tool”, *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 307-312, 2022. <https://doi.org/10.1109/educon52537.2022.9766782>
- [4] F. Huber, G. Hagel, “Semi-automatic generation of textual exercises for software engineering education”, *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (2022)*, 51-56, 2022. <https://doi.org/10.1109/educon52537.2022.9766802>
- [5] G. Rusak, L. Yan, “Unique exams: designing assessments for integrity and fairness”, *Proc. of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 1170-1176, 2021. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432556>
- [6] C. Fernández, M.A. Vicente, “Tools for simultaneous online and in-person teaching in a Linear Circuit Analysis subject”, *Comput. Appl. Eng. Educ.* 30, no. 6, 1774–1794, 2022. <https://doi.org/10.1002/cae.22555>
- [7] F.A. Zampirolli, J.M. Borovina Josko, M.L. Venero, G. Kobayashi, F.J. Fraga, D. Goya, H.R. Savegnago, “An experience of automated assessment in a large-scale introduction programming course”, *Comput. Appl. Eng. Educ.* 29, no. 5, 1284–1299, 2021. <https://doi.org/10.1002/cae.22385>
- [8] M. Nemec, P. Prochazka, R. Fasuga, “Automatic evaluation of basic electrical circuits in education”, *2013 IEEE 11th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 299-304, 2013. <https://doi.org/10.1109/iceta.2013.6674447>
- [9] P. Dang, H. Arolkar, “Automatic evaluation of analog circuit designs”, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 52, 553–563, 2021. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4474-3_60
- [10] The MathWorks, Inc, 2023, Matlab, programming and numeric computing platform. <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>.

- [11] J.W. Eaton, 2022, Octave, scientific programming language. <https://octave.org/>.
- [12] Cadence Design Systems, Inc., 2023, PSPICE electronic circuit simulation software. <https://www.pspice.com/>.
- [13] Analog Devices Inc, 2023, LTSPICE electronic circuit simulation software. <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>.
- [14] H. Pehlivan, C. Atalar, S. Zavrak, “Development and implementation of an analysis tool for direct current electrical circuits”, Comput. Appl. Eng. Educ. 29, no. 5, 1071–1086, 2021. <https://doi.org/10.1002/cae.22361>
- [15] Vicente, M.A., Fernández C., and Martínez-Rach M.O. "EVERSYS: Efficient exam versioning tool for linear circuits and other problem-based subjects." Computer Applications in Engineering Education 32.3. 2024

Capítulo 14. Adaptación de métodos de aula invertida para un aprendizaje más activo y participativo en la docencia no presencial de Ingeniería de Software.

Alejandro Bia Platas¹, Óscar M Bonastre¹

1 Departamento de Estadística, Matemáticas e Informática, Universidad Miguel Hernández de Elche, {abia, oscar.martinez}@umh.es

Resumen

Este artículo describe la adaptación de métodos de aula invertida al entorno educativo no presencial y dual, impulsada por la transición forzada al modo online durante el confinamiento por COVID-19 en 2020. El objetivo principal fue implementar estrategias de aprendizaje activo y participativo, evitando clases magistrales pasivas, en la asignatura de Gestión de Proyectos de Ingeniería del Software del Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información de la Universidad Miguel Hernández.

Se integraron dos enfoques pedagógicos basados en aula invertida: TBL (Team-Based Learning) y JiTT (Just-in-Time Teaching). Ambas metodologías requieren que el estudiantado estudie previamente mediante materiales digitales, como vídeos grabados durante la pandemia, para aprovechar el tiempo de clase en evaluaciones, discusiones y resolución de problemas. Esto permitió un aprendizaje más profundo y basado en competencias. Los resultados obtenidos destacan múltiples beneficios:

- Optimización del tiempo de clase: uso de gamificación y actividades interactivas.
- Personalización del aprendizaje: análisis de datos en Moodle para ajustar contenidos y estrategias.
- Incorporación de recursos tecnológicos: metodologías BYOD y aprendizaje móvil.
- Rediseño de espacios y metodologías: aprovechamiento de herramientas digitales e híbridas.

El proyecto evaluó su impacto mediante encuestas de satisfacción, análisis del tiempo y comparación de resultados académicos con cursos anteriores y literatura especializada. Se reportó

mayor asistencia, participación y aprendizaje efectivo, logrando cumplir objetivos innovadores del ámbito educativo.

Se destaca la sostenibilidad del modelo basado en los materiales desarrollados que, pese a su alto coste inicial, pueden reutilizarse en futuros cursos y maximizar su efectividad a largo plazo. La propuesta representa una transformación significativa hacia un modelo educativo más dinámico y adaptado a las necesidades contemporáneas de docencia del siglo XXI.

Palabras clave: Aula Invertida, Innovación Educativa, Competencias Docentes, Tecnologías Educativas.

14.1 Introducción

Si bien llevábamos aplicando métodos de aula invertida desde 2017 [1, 2, 3, 4], tras el pasaje sorpresivo al modo online a raíz del confinamiento COVID en marzo de 2020, descubrimos las dificultades que había para llevar a cabo las actividades de los métodos de aula invertida tal y como los veníamos aplicando en modo presencial.

En este trabajo, describimos nuestra experiencia y la forma de sacarle provecho a la docencia online viendo qué actividades de aula invertida se pueden realizar de este modo, con las modificaciones que sean necesarias, para lograr una docencia activa y participativa y evitar caer en el monólogo de la disertación magistral, que es el recurso más inmediato, pero menos efectivo cuando la situación docente puede verse forzada a modo online sin preaviso.

La situación de la pandemia hizo que el escenario más probable fuera el de la docencia en modo dual (presencial y online a la vez), a riesgo de sumar las desventajas de ambos modos y sin ninguna de las ventajas. El reto es hacer que los alumnos en remoto puedan participar activamente de la clase dual.

14.1.1 Objetivos del proyecto y descripción del plan de trabajo

El objetivo del proyecto fue aplicar métodos de aula invertida (“flipped-classroom”) adaptados al modo dual, a la asignatura Gestión de Proyectos de Ingeniería de Software (GPIS) del Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información.

El curso 2019-2020, con el inicio de la Pandemia del COVID19, prácticamente la totalidad del profesorado se vió obligado a grabar muchísimas clases en vídeo que se pueden aprovechar para la visualización previa a la clase, y de ese modo aprovechar el tiempo de clase para otras actividades más participativas (aula invertida). Ésta es una forma de sacarle algún provecho a la situación que la comunidad académica tuvo que pasar a raíz del confinamiento.

Concretamente, los autores combinaron ideas y actividades de dos métodos de aula invertida, el método TBL (Team Based Learning) [5] y el método JiTT (Just in Time Teaching) [6], otro método de aula invertida compatible con TBL, con el propósito de adaptar lo mejor de ambos métodos al modo dual (o al modo 100% online, si toca), con el objetivo de hacer que las clases sean más participativas, optimizar el tiempo de clase, estimular a los alumnos, y mejorar el aprendizaje.

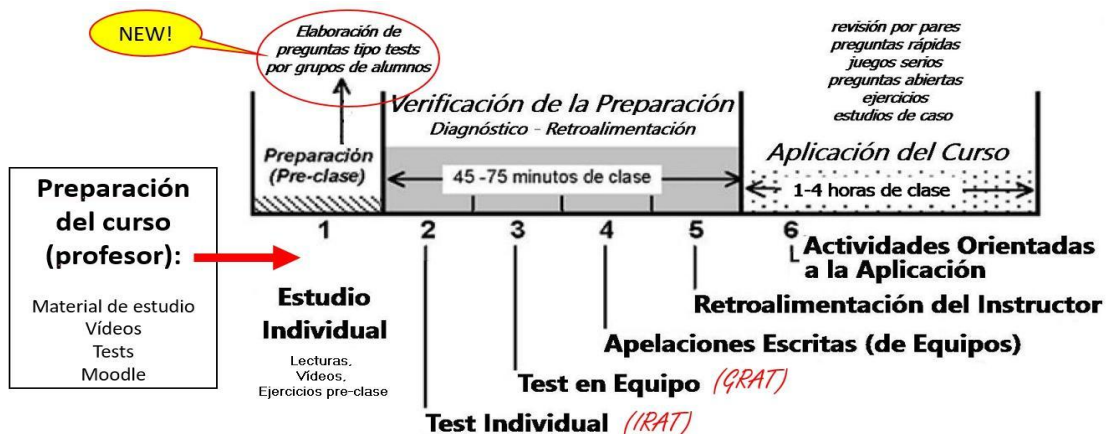
Estos métodos permiten sacar provecho de la colección de vídeos ya grabados, como parte del material de estudio a ser visualizado antes de la clase, y poder así dedicar el tiempo en el aula a la evaluación, reforzamiento de conocimientos, discusión y resolución de problemas.

14.1.2 ¿Qué es Team Based Learning (TBL)?

Team-Based Learning (TBL) o Aprendizaje Basado en Equipos es una metodología pedagógica activa y colaborativa que fomenta el aprendizaje profundo mediante el trabajo en equipo y la resolución de problemas. Se utiliza principalmente en entornos educativos de niveles superiores, como universidades y programas de formación profesional. Su enfoque se centra en mejorar la comprensión y aplicación de los conceptos, favoreciendo la interacción entre los estudiantes para reforzar su aprendizaje.

El TBL se caracteriza por las siguientes etapas, incluidas a continuación en la Figura 1:

- Preparación individual.
- Prueba individual (RAT, por sus siglas en inglés).
- Discusión en equipo (TAT, Team Application Test).
- Retroalimentación y discusión grupal.
- Aplicación de conceptos.



L. Michaelsen, A. Bauman Knight, and L. Dee Fink, *Team-based learning : a transformative use of small groups in college teaching*. Sterling, VA: Stylus Pub, 2004.

Figura 1. Secuencia de actividades docentes de TBL. (Imagen basada en Michaelsen, 2002, pero adaptada al workflow de TBL en asignaturas UMH)

Asimismo, el TBL permite:

- Fomentar el aprendizaje activo.

- Mejorar la colaboración.
- Reforzar la responsabilidad individual y colectiva.
- Desarrollar habilidades de resolución de problemas.

En resumen, el TBL es una estrategia educativa que promueve la cooperación y la aplicación práctica del conocimiento, ayudando al estudiantado a alcanzar un aprendizaje más profundo y significativo.

14.1.3 ¿Qué es Just in Time Teaching (JiTT)?

Just in Time Teaching (JiTT) es una estrategia pedagógica que combina el aprendizaje activo con el uso de tecnología para adaptar las lecciones y las actividades del aula de manera dinámica, en función de las necesidades del estudiantado. El concepto se basa en la idea de que los estudiantes deben recibir la información en el momento en que la necesitan, y los instructores deben ajustar sus métodos de enseñanza basándose en las respuestas y el progreso de los estudiantes. Es una forma de enseñanza que busca hacer el proceso de aprendizaje más eficiente y personalizado.

El proceso de JiTT típicamente sigue una serie de eventos, mostrados en la Figura 2:

- Pre-lectura o tarea previa.
- Respuestas de los estudiantes.
- Análisis por parte del instructor.
- Ajustes en la clase (just-in-time).
- Aprendizaje activo durante la clase.
- Retroalimentación continua.

Además, el JiTT ofrece:

- Personalizar el aprendizaje.
- Mayor motivación y participación.
- Detección temprana de problemas.
- Desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

En resumen, Just in Time Teaching es un enfoque flexible y reactivo que se ajusta a las necesidades del estudiantado en tiempo real, utilizando herramientas tecnológicas para mejorar el aprendizaje y la interacción en el aula.

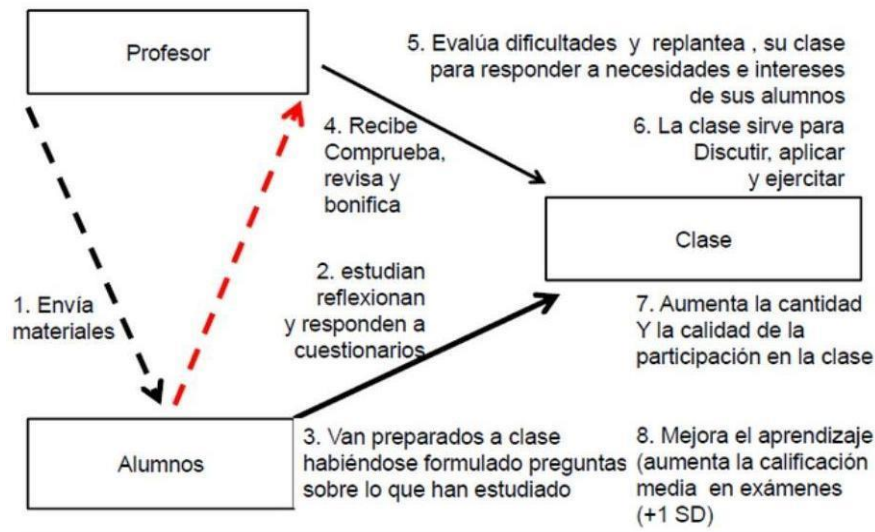


Figura 2. Secuencia de eventos de JiTT.

14.2 Metodología

14.2.1 ¿Cómo se pueden integrar TBL y JiTT?

Team-Based Learning (TBL) y Just in Time Teaching (JiTT) son dos enfoques pedagógicos activos que fomentan el aprendizaje profundo y la participación del estudiantado, pero tienen enfoques y metodologías diferentes. A continuación, se muestran sus similitudes, diferencias y cómo se pueden integrar respectivamente.

Similitudes entre TBL y JiTT:

- Enfoque en el aprendizaje activo.
- Orientación a la resolución de problemas.
- Uso de tecnología.
- Retroalimentación constante.

Diferencias entre TBL y JiTT:

- Estructura de la clase. En TBL se organiza en torno a equipos. Los estudiantes realizan pruebas individuales y luego trabajan en equipos para responder a las mismas preguntas. En JiTT se enfoca en la adaptación del contenido de la clase en función de las respuestas de los estudiantes a tareas previas realizadas antes de la clase.

- Enfoque de preparación previa. En TBL los estudiantes deben estudiar el material antes de la clase, pero el enfoque principal está en la aplicación de lo aprendido a través de pruebas y discusiones en equipos durante la clase. En JiTT los estudiantes realizan tareas de preparación (como lecturas o cuestionarios) antes de la clase, y las respuestas a estas tareas son utilizadas por el instructor para ajustar la enseñanza en tiempo real.
- Evaluación En TBL se lleva a cabo de manera continua, con pruebas individuales y en equipo (RAT y TAT), que permiten medir tanto el rendimiento individual como el del equipo. En JiTT se basa principalmente en las tareas previas y la retroalimentación en clase.
- Interacción en clase. En TBL se fomenta una interacción activa y estructurada dentro de equipos, con un enfoque claro en la colaboración grupal y la toma de decisiones en conjunto. En JiTT se adapta la clase a las necesidades individuales de los estudiantes, a partir de sus respuestas previas, facilitando una interacción más flexible entre estudiantes e instructor.

14.2.2 Adaptación de estos métodos a la docencia online

Adaptar los métodos de Team-Based Learning (TBL) y Just in Time Teaching (JiTT) a la docencia online requiere modificaciones en la forma de interacción, evaluación y seguimiento de los estudiantes, aprovechando las herramientas tecnológicas disponibles para fomentar la participación activa y la colaboración en un entorno virtual. A continuación, se describen cómo se pueden adaptar ambos enfoques a la enseñanza en línea, con un enfoque en el uso de plataformas como Moodle.

En primer lugar, se presenta la adaptación de TBL a la docencia online.

- Preparación individual. El estudiantado puede acceder online al contenido de lectura, videos o recursos multimedia a través de Moodle o cualquier otra plataforma educativa. Mediante Moodle, se pueden crear actividades de aprendizaje, como cuestionarios o foros de discusión, para que los estudiantes completen de manera individual antes de la clase.
- Prueba individual (RAT). La prueba individual puede realizarse online a través de cuestionarios en Moodle. Los cuestionarios pueden configurarse con límites de tiempo y retroalimentación automática para que los estudiantes reciban comentarios inmediatos sobre sus respuestas.

- **Discusión en equipo (TAT).** En lugar de realizar la actividad en un aula física, los estudiantes pueden trabajar en grupos virtuales a través de herramientas de colaboración como foros de discusión, chats o salas virtuales de trabajo online. Además, mediante Moodle se pueden crear foros de discusión y wikis donde los estudiantes pueden debatir y trabajar de forma colaborativa.
- **Retroalimentación y discusión grupal.** Después de las actividades colaborativas, se puede organizar una sesión en vivo (por ejemplo, a través de Zoom, Microsoft Teams o la herramienta de videoconferencia integrada en Moodle) para dar retroalimentación sobre las respuestas y aclarar dudas en tiempo real. Además, el profesor puede revisar los resultados de las pruebas de los equipos y proporcionar retroalimentación específica en las plataformas de Moodle, destacando los puntos clave que necesitan reforzarse.
- **Aplicación de conceptos.** Los estudiantes pueden trabajar online con estudios de caso o problemas prácticos que se les asignen a través de Moodle. Los equipos también pueden presentar online sus soluciones a los problemas asignados a través de herramientas como Google Meet, o incluso mediante grabaciones de video o presentaciones subidas a Moodle.

En segundo lugar, se presenta la adaptación de JiTT a la docencia online:

- **Tareas previas (Preparación de los estudiantes).** Utilizando Moodle, los estudiantes realizan tareas previas antes de la clase (por ejemplo, leer un artículo, ver un video, o responder un cuestionario). A continuación, los estudiantes pueden enviar sus respuestas, reflexiones o respuestas a las preguntas previas utilizando las funciones de tarea en Moodle.
- **Respuestas de los estudiantes y análisis por parte del instructor.** El instructor puede revisar las respuestas de los estudiantes en Moodle y utilizar esa información para ajustar el contenido de la clase en función de las áreas en las que los estudiantes tengan dificultades. Además, Moodle ofrece herramientas de retroalimentación para analizar las respuestas a los cuestionarios y tareas, identificando patrones comunes de malentendidos o temas que necesitan aclaración.
- **Adaptación de la clase en función de las respuestas (Just-in-time).** En este caso, el instructor puede ajustar dinámicamente el enfoque de la clase en vivo. Por ejemplo, si un grupo de estudiantes muestra dificultades en un tema, el instructor puede dedicar más tiempo a esa área a través de una lectura adicional que suba a Moodle. Según considere el profesor, el contenido adaptado puede presentarse de manera asincrónica o sincrónica.

- Actividades interactivas durante la clase. Durante las sesiones en vivo (en Zoom o Moodle), el instructor puede realizar encuestas rápidas, preguntas interactivas, o usar herramientas de pizarras compartidas para evaluar la comprensión en tiempo real, adaptando las actividades según las respuestas obtenidas. Después de la clase, los estudiantes pueden participar en foros de discusión o tareas colaborativas (en Moodle) para aplicar lo aprendido y seguir resolviendo problemas en conjunto.

14.3 Resultados

A continuación, se plantean los indicadores que se usaron para evaluar los beneficios obtenidos con este proyecto de innovación docente. Además, las figuras 3 y 4 muestran una vista de las encuestas realizadas a los estudiantes y una representación gráfica de los resultados obtenidos respectivamente.

- Se realizaron encuestas de satisfacción y percepción subjetiva del aprendizaje a los alumnos, con el fin de valorar la eficiencia de los métodos aplicados (relación esfuerzo-mejora del aprendizaje/enseñanza). Para ello se utilizó un cuestionario basado en el publicado en el libro de Michaelsen [5] a efectos de poder comparar nuestros resultados con los del libro.
- Se valoraron también los tiempos empleados y resultados académicos obtenidos en comparación con los de cursos anteriores donde no se han aplicado los métodos citados.
- Se compararon los resultados con los de otras universidades y con lo publicado en la literatura especializada.

Adaptación de métodos de aula invertida para un aprendizaje más activo y participativo en la docencia no presencial de Ingeniería de Software.

Alejandro Bia Platas, Óscar M Bonastre

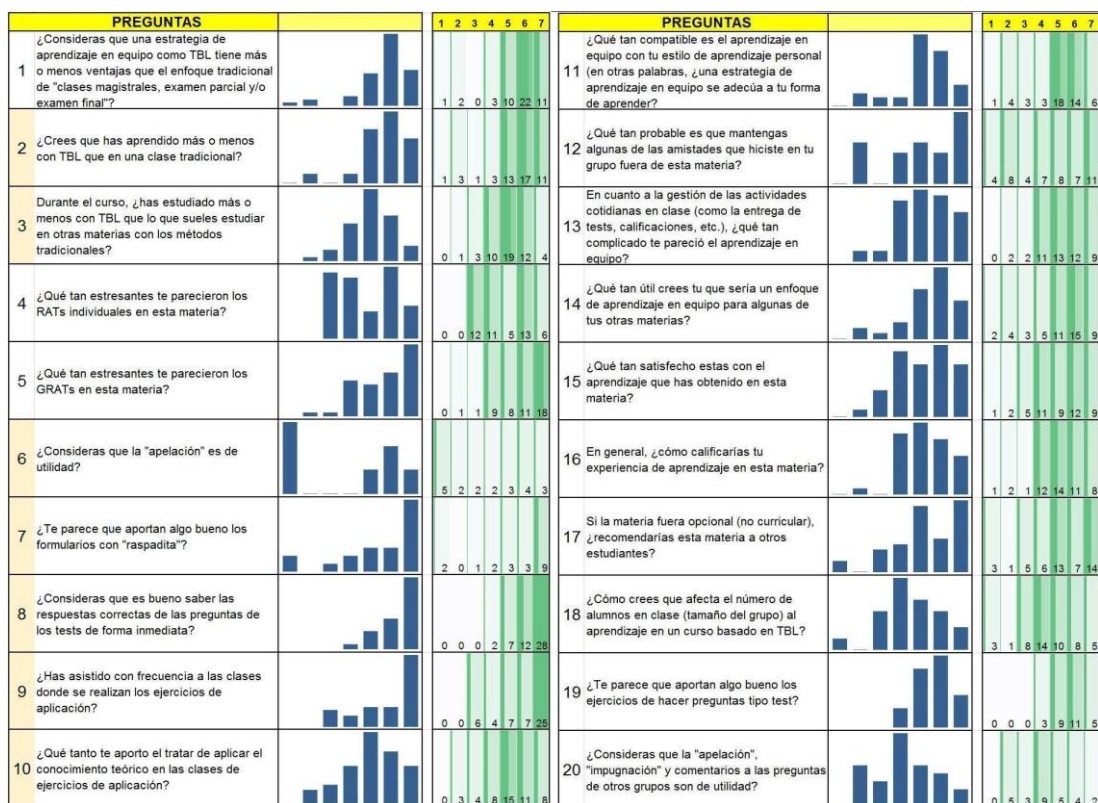


Figura 3. Encuesta de satisfacción de estudiantes. (encuesta basada en la Michaelsen de 2002 [5])

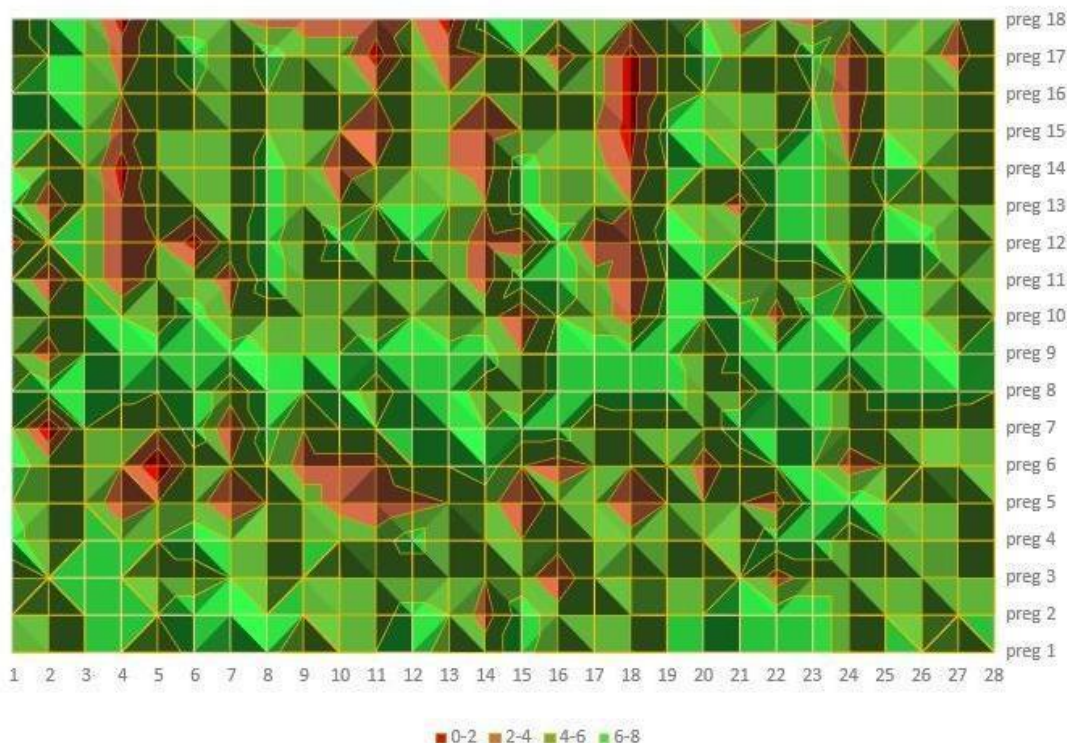


Figura 4. Mapa de calor de opiniones de estudiantes (verde: positivo, rojo: negativo). La mayoría de las opiniones han sido positivas.

14.3.1 Ventajas y problemas encontrados

En primer lugar, de acuerdo con la experiencia obtenida con este proyecto de innovación, el primer problema encontrado fue que algunos estudiantes copiaron o hicieron trampa durante la fase online. Llegamos a esta conclusión mediante un análisis comparativo de las distribuciones de calificaciones de los cuestionarios de TBL de un mismo grupo, antes y de después del confinamiento, donde se nota una mejora significativa en las calificaciones obtenidas en modo online. También se nota esta mejora comparando resultados de grupos de diferentes cursos. Para reducir este sesgo, se usaron diferentes técnicas de programación de los test online para que fueran más seguros: preguntas ordenadas aleatoriamente con respuestas también ordenadas aleatoriamente, impidiendo volver atrás para modificar respuestas previas y dando un tiempo muy limitado para la realización de los cuestionarios. Además, se redujo el peso de la nota de estas actividades online sobre la nota final de la asignatura.

Por todo lo anterior, se pudo comprobar que la aplicación de TBL y JiTT en la docencia online ofrece numerosas ventajas, pero también presenta ciertos desafíos. A continuación, se detallan los beneficios y los problemas potenciales de implementar estos enfoques en un entorno virtual.

Ventajas obtenidas de TBL y JiTT en la docencia online:

- **Fomento del aprendizaje activo y participación.** En TBL, los estudiantes aún pueden participar activamente en actividades de colaboración lo cual ayuda a mantener a los estudiantes comprometidos. En JiTT, se favorece la reflexión previa de los estudiantes y permite al docente preparar mejor la retroalimentación y actividades adaptadas a sus respuestas previas.
- **Personalización del aprendizaje.** En TBL, los cuestionarios de RAT y las discusiones en equipo permiten que los estudiantes aborden el material online a su propio ritmo y según sus necesidades. En JiTT, el instructor puede personalizar la clase ajustando el contenido de la lección basándose en datos de los cuestionarios previos.
- **Mejora de la colaboración entre estudiantes.** En TBL, los estudiantes debaten, intercambian ideas y resuelven problemas en equipo con plataformas de colaboración online. Aunque JiTT no se basa directamente en el trabajo en equipo, ya que prioriza que el docente modifique las actividades para que se adapten a lo que más necesita cada grupo, se puede confirmar que las discusiones y el análisis de las respuestas de los estudiantes antes de la clase favorecen la colaboración y la interacción.
- **Evaluación continua y retroalimentación inmediata.** En TBL, los cuestionarios y las actividades en equipo permiten una evaluación continua (por ejemplo, Moodle permite la

creación de cuestionarios automáticos) lo que permite que los estudiantes reciban retroalimentación durante el proceso. En JiTT, la retroalimentación inmediata basada en las respuestas de los estudiantes antes de la clase permite que el docente ajuste rápidamente la estructura de las lecciones y también aborde posibles vacíos en el conocimiento.

- **Flexibilidad y accesibilidad.** Ambos enfoques TBL y JiTT, al ser implementados online, permiten que los estudiantes accedan a los materiales y actividades en cualquier momento y desde cualquier lugar. Esto es especialmente beneficioso en la educación a distancia, donde los estudiantes pueden gestionar su tiempo y ritmo de aprendizaje de manera autónoma.
- Problemas encontrados de TBL y JiTT en la docencia online:
- **Dificultades de colaboración en línea.** En TBL, el trabajo online en equipo puede ser más desafiante que en un entorno presencial debido a la falta de interacción cara a cara, lo que puede llevar a una menor cohesión grupal, coordinación y desigualdad de participación. En JiTT, si los estudiantes no interactúan en las tareas previas o no se comprometen con las actividades iniciales, el ajuste dinámico que realiza el instructor puede ser menos efectivo.
- **Dependencia de la tecnología.** Ambos enfoques TBL y JiTT dependen de plataformas tecnológicas para la implementación exitosa. Los problemas de conexión a Internet y falta de familiaridad con las herramientas tecnológicas pueden afectar negativamente a la experiencia de aprendizaje. Esto es especialmente relevante en regiones geográficas donde el acceso a tecnología no es universal o donde los estudiantes tienen habilidades digitales limitadas.
- **Manejo de la participación en actividades sincrónicas.** En TBL, las sesiones pueden ser complicadas especialmente si los estudiantes están en diferentes zonas horarias o tienen compromisos que dificultan la participación activa en tiempo real. Además, aunque las herramientas de colaboración permiten interacción asincrónica, el valor de las actividades colaborativas sincrónicas puede disminuir. En JiTT, si los estudiantes no completan las tareas previas a tiempo, la clase en vivo podría no ser tan productiva.
- **Desafíos en la evaluación grupal.** En TBL, la evaluación del rendimiento de los equipos puede ser complicada en línea, ya que es difícil garantizar que todos los miembros del grupo contribuyan de manera justa y esto podría resultar en una evaluación menos precisa. En JiTT, aunque se enfoca en la preparación individual, los estudiantes pueden

no comprometerse completamente con las tareas previas, afectando la calidad de la retroalimentación proporcionada por el instructor.

- **Carga de trabajo para los docentes.** Implementar TBL y JiTT online requiere más tiempo y esfuerzo que en un entorno presencial tradicional. Los docentes deben diseñar tareas interactivas, gestionar los equipos, proporcionar retroalimentación individualizada y ajustar el contenido de la clase según los resultados de las pruebas. Además, el seguimiento de las respuestas previas en JiTT y la gestión de las dinámicas de los grupos en TBL requiere que los docentes deben estar atentos a posibles problemas de motivación.

14.4 Conclusiones

A la vista de lo aprendido aplicando TBL y JiTT en la docencia online, los autores consideran que se logró cumplir suficientemente con varios de los objetivos Horizon indicados a continuación.

- Resolución innovadora de problemas reales en las prácticas de aprendizaje: es parte del enfoque que se viene empleando en la asignatura Gestión de Proyectos de Ingeniería de Software desde hace varios años, sin ser consecuencia del uso de JiTT o TBL. Se trata de hacer un aprendizaje más realista con miras a una mejor inserción laboral futura. La experiencia obtenida permitirá aplicar JiTT o TBL a otras asignaturas del Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información.
- Rediseño de los espacios de aprendizaje: reestructuración de espacios y configuraciones del aula invertida (flipped classroom): ambos métodos permiten la gamificación mediante juegos serios, y el uso del espacio y tiempo de clase de formas innovadoras y poco convencionales.
- Cambios a enfoques de aprendizaje más profundo: los métodos de aula invertida, como JiTT y TBL, hacen que el alumno ya venga “estudiado de casa”, permitiendo aprovechar el tiempo de clase en un aprendizaje más profundo (lo superficial ya lo traen estudiado).
- Enfoque a modelos de educación basados en competencias y a la medición del aprendizaje en términos competenciales: El uso de ejercicios prácticos pre-clase, dentro del marco JiTT, permiten evaluar el aprendizaje en términos competenciales para luego adaptar el tiempo de clase para su mejor aprovechamiento.
- Incremento del uso de recursos digitales y metodologías híbridas online-presenciales: Tanto TBL como JiTT cumplen perfectamente con estas características.

- Utilización de metodologías BYOD (trae tu propio dispositivo al aula) y recursos de aprendizaje móvil: Tanto TBL como JiTT usan recursos Web que facilitan el uso de dispositivos muy variados (smartphones, tabletas, etc.) en función del "responsive design" de los recursos Web.
- Desarrollo de analíticas de aprendizaje y utilización para el aprendizaje adaptativo y personalizado: el aprendizaje se mide mediante el uso de la plataforma Moodle, que permite obtener rápidamente gráficos y tablas donde ver los puntos fuertes y débiles del aprendizaje. TBL hace uso de estos resultados para adaptar las tareas, temas y tiempo de clase según las carencias detectadas.
- Mezcla del aprendizaje formal e informal: al existir un fuerte componente de gamificación en ambos métodos.

Los dos métodos aplicados (JiTT y TBL) son métodos de aula invertida que obligan al alumno a estudiar y a realizar tareas antes de la clase, donde luego se evalúa rápidamente lo aprendido y se refuerzan los puntos flojos, se profundiza y se resuelven dudas. El simple hecho de ser evaluado y calificado al inicio de cada clase hace que los alumnos estudien previamente en casa y realicen las tareas propuestas. También aumenta la asistencia a clases de teoría y la atención y participación durante la clase. Las calificaciones obtenidas pasan a formar parte del componente de evaluación continua de la calificación final del alumno.

La propuesta resultó innovadora, ya que el aula invertida no es la forma tradicional de enseñanza universitaria. El proyecto de innovación se centró en las clases de teoría y en aplicar TBL de forma sistemática durante todo el curso, fusionándolo con JiTT y algunas ideas propias de los autores, con la intención de obtener un método de aula invertida adaptado a las condiciones específicas de la asignatura y de los alumnos del Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información de la Universidad Miguel Hernández.

Por la experiencia del curso anterior, se pudo saber que los materiales preparados para el TBL se pueden seguir usando en cursos posteriores de la misma asignatura. Del mismo modo, se espera que los nuevos materiales que se creen para TBL y su fusión con JiTT puedan ser reutilizados fácilmente. Es fundamental que así sea por el alto coste de preparación inicial.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración de los alumnos del Grado en Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información de la Universidad Miguel Hernández. Sin su implicación en las metodologías TBL y JiTT, los resultados de este proyecto de innovación no hubieran sido

posibles. Agradecimiento a la Escuela Politécnica Superior y al Vicerrectorado de Estudios de la Universidad Miguel Hernández por financiar la difusión de los resultados de este proyecto PIEU_x/202x_xx.

Agradecemos la colaboración de Santiago Matalonga (UWS, UK) y Martín Solari (Universidad ORT, Uruguay) por su inspiración y colaboración en los primeros años de implantación de TBL en UMH.

Referencias

- [1] S. Matalonga, G. Mousques and A. Bia, “Deploying Team-Based Learning at Undergraduate Software Engineering Courses,” International Workshop on Software Engineering Curricula for Millennials (SECM 2017), Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), May 27th, 2017, Buenos Aires, Argentina.
<https://dl.acm.org/doi/10.1109/SECM.2017.2> -
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7964616>
- [2] A. Bia, S. Matalonga, “TBL aplicado a la Ingeniería de Software,” XXIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Cáceres, España, ISBN 978-84-697-4267-9, pp. 253-260, 2017.
- [3] A. Bia, “Aplicando JiTT y TBL en Docencia Universitaria de Informática,” XVI Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria y II Workshop Internacional de Innovación en Enseñanza Superior y TIC (XARXES-IINOVAESTIC 2018) (Universidad de Alicante), junio 14 y 15, 2018. Alicante, España.
- [4] A. Bia, S. Matalonga, “Entre JiTT y TBL: comparación, fusión y aplicación de dos métodos de aula invertida,” (poster) II Jornadas de Innovación Colaborativa UMH (JIC 2018), Universidad Miguel Hernández de Elche, junio 28 y 29, 2018, Elche, España.
- [5] L. K. Michaelsen, A. Bauman Knight, L. D. Fink, “Team-Based Learning, A Transformative Use of Small Groups in College Teaching,” ISBN: 1-57922-086-X, Stylus Publishing, 2002.
- [6] G. M. Novak, E. T. Patterson, A. Gavrin, W. Christian, “Just-in-Time Teaching: Blending Active learning with Web Technology,” Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

UNIVERSITAS *Miguel Hernández*