COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

# Nuevos enfoques en innovación educativa y transferencia de conocimiento: aplicación en ingenierías y enseñanza STEM

**Coords.**
Alejandro Martín García
Mónica Souto Rico
Rocío Guede Cid

Dykinson, S.L.

# NUEVOS ENFOQUES EN INNOVACIÓN EDUCATIVA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO: APLICACIÓN EN INGENIERÍAS Y ENSEÑANZA STEM

# NUEVOS ENFOQUES EN INNOVACIÓN EDUCATIVA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO: APLICACIÓN EN INGENIERÍAS Y ENSEÑANZA STEM

Coords.
ALEJANDRO MARTÍN GARCÍA
MÓNICA SOUTO RICO
ROCÍO GUEDE CID

Dykinson, S.L.

2022

NUEVOS ENFOQUES EN INNOVACIÓN EDUCATIVA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO: APLICACIÓN EN INGENIERÍAS Y ENSEÑANZA STEM

Diseño de cubierta y maquetación: Francisco Anaya Benítez
© de los textos: los autores
© de la presente edición: Dykinson, S. L.
Madrid – 2022

N.º 78 de la colección Conocimiento Contemporáneo
1ª edición, 2022

ISBN: 978-84-1122-490-1

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de Dykinson, S.L. ni de los editores o coordinadores de la publicación; asimismo, los autores se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN ..... 12
ALEJANDRO MARTÍN GARCÍA
MÓNICA SOUTO RICO
ROCÍO GUEDE CID

SECCIÓN I
NUEVAS TÉCNICAS DE INNOVACIÓN DOCENTE EN EL AULA

CAPÍTULO 1. INVES: MEJORA EN LA CALIDAD DOCENTE Y CONTENIDOS DOCENTES MEDIANTE INVESTIGACIÓN CONTINUA APLICADA ..... 21
ALEJANDRO MARTÍN
MARÍA VALERO REDONDO

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LOS SERVICIOS INFORMÁTICOS DE DOCENCIA EN CENTROS EDUCATIVOS ..... 35
JUAN LUIS RUBIO SÁNCHEZ

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE: UNA NUEVA PERSPECTIVA DE TRABAJO EN GRUPO ..... 54
MARÍA TERESA COSTADO DIOS

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FUNDAMENTADA: "YOUTUBE" AL SERVICIO DE LA INTEGRACIÓN Y PARTICIPACIÓN DEL ALUMNADO EN EL APRENDIZAJE A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ..... 68
MARÍA DE LA PAZ ALEGRE SALGUERO
MARÍA TERESA COSTADO DE DIOS

CAPÍTULO 5. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA CIRCULACIÓN DE CAMPOS VECTORIALES EN INGENIEROS ..... 84
PEDRO VIVAS CABALLERO
JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
ANTONIO NARANJO REDONDO

CAPÍTULO 6. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN INTEGRAL EN INGENIEROS ..... 105
PEDRO VIVAS CABALLERO
JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
ANTONIO NARANJO REDONDO

CAPÍTULO 7. MATESCAPE: COMBINACIÓN DE LUDIFICACIÓN Y PROJECT BASED LEARNING EN ÁREA DE MATEMÁTICAS DENTRO DEL GRADO DE CIENCIA DE DATOS ..... 129
ALBERT REGO MAÑEZ
HECTOR ESPINÓS MORATÓ

CAPÍTULO 8. LA LIGA DE LOS RETOS ..... 150
HÉCTOR ESPINÓS MORATÓ
VÍCTOR ILISIE CHIBICI

CAPÍTULO 9. EL APRENDIZAJE SERVICIO EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS. EXPERIENCIAS DE ÉXITO ..... 170
ÁUREA ANGUERA DE SOJO HERNÁNDEZ
HELENA LIZ LÓPEZ
FRANCISCO JAVIER TORREGROSA LÓPEZ
GUIILERMO VILLAR RODRÍGUEZ

SECCIÓN II
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTOMATIZACIÓN

CAPÍTULO 10. MODELOS DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE CÓDIGO EN EL AULA: IMPLICACIONES EN LA EVALUACIÓN DE TAREAS DE PROGRAMACIÓN..... 194
ALEJANDRO MARTÍN
JAVIER HUERTAS-TATO
JAVIER TORREGROSA
DAVID CAMACHO

CAPÍTULO 11. EVALUACIÓN FLEXIBLE DE PREGUNTAS DE RESPUESTA CORTA EN LOS SGA MEDIANTE MODELOS PREENTRENADOS DE LENGUAJE..... 210
MARÍA VALERO REDONDO
ALEJANDRO MARTÍN
JAVIER HUERTAS-TATO
DAVID CAMACHO

CAPÍTULO 12. EL USO DE GRANDES MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO NUEVA COMPETENCIA TRANSVERSAL ..... 227
VICTOR RODRIGUEZ-FERNANDEZ
CRISTIAN RAMIREZ ATENCIA

CAPÍTULO 13. EJEMPLOS DE USO DE LA PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES MÓVILES COMO COMPETENCIA TRANSVERSAL EN LOS GRADOS UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA DE LAS RAMAS DE MECÁNICA, ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ..... 246
CÉSAR FERNÁNDEZ PERIS
MARÍA ASUNCIÓN VICENTE RIPOLL
IRENE CARRILLO MURCIA
MERCEDES GUILABERT MORA

CAPÍTULO 14. MEJORANDO EL DISEÑO DE ASIGNATURAS DE PROGRAMACIÓN INFORMÁTICA EN CLASES MASIVAS MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA RETROALIMENTACIÓN ..... 263
CRISTIAN RAMIREZ-ATENCIA
GEMA BELLO-ORGAZ
VICTOR RODRIGUEZ-FERNANDEZ

SECCIÓN III
TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y NUEVOS RECURSOS TECNOLÓGICOS

CAPÍTULO 15. TRANSFORMACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO EN REALIDAD VIRTUAL Y SU APLICACIÓN EN CLASES DOCENTES ..... 283
PETR URBAN

CAPÍTULO 16. MATERIAL DOCENTE DE LA ASIGNATURA QUÍMICA DE LOS MATERIALES PARA ATRAER A LAS ESTUDIANTES AL GRADO DE INGENIERÍA CIVIL ..... 301
PETR URBAN

CAPÍTULO 17. INNOVACIÓN DOCENTE UTILIZANDO VÍDEOS CORTOS PARA LA ASIGNATURA PROCESOS DE FABRICACIÓN ..... 319
PETR URBAN

CAPÍTULO 18. DISTANCIA INSTITUCIONAL EN RELACIÓN A LA METODOLOGÍA DOCENTE EN UN CURSO DE MECÁNICA DE FLUIDOS EN INGENIERÍA AEROESPACIAL. UN ENFOQUE DESDE LA TEORÍA ANTROPOLÓGICA DE LO DIDÁCTICO ..... 334
JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
PEDRO VIVAS CABALLERO
ANTONIO NARANJO REDONDO
MARÍA CLARA MATUTANO MOLINA

CAPÍTULO 19. DISEÑO DE PRODUCTOS Y FABRICACIÓN DIGITAL. EL PROTOTIPO COMO HERRAMIENTA DE APROXIMACIÓN ..... 349
JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

CAPÍTULO 20. DISEÑO DE PRODUCTOS ADAPTADOS AL USUARIO. DINÁMICAS PARTICIPATIVAS DE TRABAJO COLECTIVO..... 369
JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

CAPÍTULO 21. ENSEÑANZA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SIMULADORES DE RADIOCOMUNICACIÓN ..... 391
RAQUEL ESTHER REY CHARLO
MARÍA EDURNE RUBERTE DE LA HIGUERA

CAPÍTULO 22. DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA ESTRUCTURA DE DATOS QUE INTEGRA REALIDAD AUMENTADA 407
ANABELEM SOBERANES-MARTÍN

CAPÍTULO 23. NUEVOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS UNIVERSALES PARA LA MEJORA DE LOS ESTUDIOS Y LA PERCEPCIÓN MUSICAL ..... 427
ÁLVARO GARCÍA LÓPEZ
DANIEL BATÁN
MÓNICA SOUTO RICO
ELENA SV FLYS

SECCIÓN IV
ASPECTOS ÉTICOS, LEGALES Y DE GESTIÓN

CAPÍTULO 24. LA ENSEÑANZA DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN GRADOS DE INFORMÁTICA..... 444
JAVIER TORREGROSA
SERGIO D'ANTONIO MACEIRAS
CELIA FERNÁNDEZ-ALLER
ÁNGEL PANIZO LLEDOT

CAPÍTULO 25. INTERESANDO A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INFORMÁTICA EN LA LEGISLACIÓN ..... 464
MARY LUZ MOURONTE LÓPEZ

CAPÍTULO 26. ACTIVIDADES DE PRIMER DÍA DE CLASE EN ASIGNATURAS DEL ÁMBITO DE EMPRESA Y DEL MANAGEMENT PARA FOMENTAR EL ENGAGEMENT DEL ALUMNADO DE PRIMEROS CURSOS DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA TIC ..... 481
JOSEP PETCHAMÉ SABARTÉS

CAPÍTULO 27. MODELOS VIRTUALES PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA. EL USO DE METODOLOGÍA BIM COMO RECURSO DE APRENDIZAJE ..... 498
JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

CAPÍTULO 28. ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA FIABILIDAD DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DE TURNITIN EN LOS TRABAJOS DE ESTADÍSTICA ..... 516
ÁNGELES CALDUCH-LOSA
VÍCTOR YESTE
SANTIAGO VIDAL-PUIG
ABEL VELOSO-PADILLA

SECCIÓN V
EL ENFOQUE STEM COMO ELEMENTO CATALIZADOR DE LA ENSEÑANZA

CAPÍTULO 29. LA EDUCACIÓN STEAM EN LA FORMACIÓN DOCENTE INICIAL ..... 531
ESTHER SANTAELLA RODRÍGUEZ
MANUEL GARCÍA IBÁÑEZ

CAPÍTULO 30. LA CALIDAD EN LA FORMACIÓN MEDIADA POR TECNOLOGÍAS ..... 543
MARCELA ADRIANA TAGUA

CAPÍTULO 31. LA UNIVERSIDAD COMO PLATAFORMA PARA LA PROMOCIÓN DEL TALENTO FEMENINO: "SOFT SKILLS", STEM E INNOVACIÓN ..... 554
MARÍA C. LATORRE MUÑOZ
Mª ÁNGELES MEDINA SÁNCHEZ
Mª JESÚS SEGOVIA VARGAS
ARÁNZAZU HERVÁS ESCOBAR

CAPÍTULO 32. PROGRAMA DE MEJORA PARTICIPATIVA COMO HERRAMIENTA DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO A TRAVÉS DE LA ENSEÑANZA STEM ..... 574
MARGARITA LEMA MÁRQUEZ
CAMILO OJEA BOUZO
LUIS CAMILO FERNÁNDEZ ÁLVAREZ
ELENA CARTEA GONZÁLEZ

SECCIÓN VI
EXPERIENCIAS DE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE STEM EN EL AULA

CAPÍTULO 33. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA GENÉTICA (CIIG) DE LA UFV: UN ABP COMO FACILITADOR DEL APRENZIDAJE DE STEM EN LA UNIVERSIDAD ..... 595
ÁGUEDA MERCEDES TEJERA

CAPÍTULO 34. DESARROLLO DE LA ASIGNATURA DE QUÍMICA ANALÍTICA EN UN ENTORNO HÍBRIDO DE APRENDIZAJE: UNA EXPERIENCIA DE AULA EXPANDIDA ..... 614
MARÍA DEL MAR CAJA LÓPEZ
MARÍA ANTONIA MARTÍN CARMONA
ANA ISABEL OLIVES BARBA

CAPÍTULO 35. ACTIVIDAD DOCENTE BASADA EN B-LEARNING PARA LA ASIGNATURA DE TECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA ..... 629
DAVID GALLARTA SÁENZ

CAPÍTULO 36. PREPARING FUTURE PRIMARY EDUCATION TEACHERS TO BE DESIGNERS OF TEACHING-LEARNING PROCESSES IN MAKERSPACES ..... 653
AMAIA QUINTANA ORDORIKA
JAVIER PORTILLO BERASALUZE
URTZA GARAY RUIZ

CAPÍTULO 37. FORTALECIMIENTO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN ESTUDIANTES SORDOS A PARTIR DEL ENFOQUE STEM ..... 678
EDUARDO ESTEBAN PÉREZ LEÓN

CAPÍTULO 38. LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO PERSONALIZADO COMO PRÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN EL GRADO EN GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA UV ..... 695
J. JAVIER SERRANO LARA

CAPÍTULO 39. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO MEDIANTE EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS: DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL EN EDIFICIOS.... 711
IGNACIO JAVIER ACOSTA GARCÍA
JÉSICA FERNÁNDEZ- AGÜERA ESCUDERO
PEDRO BUSTAMANTE ROJAS
SAMUEL DOMÍNGUEZ AMARILLO

CAPÍTULO 40. LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO EN HISTORIA, A TRAVÉS DE MODELOS ESPACIALES ..... 732
PEDRO TRAPERO FERNÁNDEZ

CAPÍTULO 41. USE OF MOLECULAR MODELS FOR LEARNING INORGANIC CHEMICAL FORMULATION: A PILOT STUDY IN 11TH AND 12TH GRADE ..... 732
BARTOLOMÉ PIZÀ-MIR

En la enseñanza universitaria, la impartición de la docencia se ha caracterizado durante mucho tiempo por aulas de gran tamaño donde el profesor o profesora explica un temario o expone un tema delante de un gran número de alumnos. Clases magistrales que llevaban toda la carga docente con un marcado carácter unidireccional, donde la comunicación sólo se realiza en un sentido: del profesor al alumno. En las últimas décadas, con el objetivo de adaptarse a los nuevos desafíos y a la necesidad de progresar, la Universidad ha ido introduciendo cambios muy diversos, creando clases prácticas con un menor número de estudiantes, principalmente debido a la entrada en vigor de las adaptaciones al Espacio de Educación Superior Europeo.

Junto con estas clases, al alumno también se le ofrece acceso a los contenidos universitarios, donde se incluye un apoyo de bibliografía al que los estudiantes pueden acceder, pero que suelen reservar al momento de estudiar para el examen final. Una vez que finalizan las clases de la materia, gran parte de las asignaturas emplean una única prueba de carácter escrito para evaluar los conocimientos adquiridos. Fruto de esta metodología, el profesor se mantiene como figura que explica y evalúa, mientras que el estudiante concentra su atención, en ocasiones de forma exclusiva, en estudiar de cara a superar el examen final.

Toda esta interacción entre profesor y alumno puede plantea un espacio susceptible de ser mejorada haciendo uso de las mejores herramientas y metodologías disponibles, con el objetivo de obtener los mejores resultados posibles. Integrar nuevos enfoques en el aula resulta vital para que la Universidad ofrezca el mejor entorno académico a los alumnos, pero también a los profesores.

En los últimos años, gracias a la innovación docente y a los recursos que los investigadores en la universidad desarrollan y que traspasan al alumnado, se ha conseguido integrar en el aula nuevos mecanismos que mejorar la captación de la atención de los alumnos y aumenta el grado de conocimientos adquiridos. Los profesores, por su parte, se sitúan cada vez cerca del estudiante, convirtiéndolo en el protagonista del proceso, siendo el profesor un guía de la materia que acompaña a los alumnos en el proceso del aprendizaje. Este tipo de metodologías se han desarrollado especialmente en carreras técnicas, en ingenierías y en aquellas que forman a los docentes. Sin lugar a duda, la innovación docente en el ámbito de las ingenierías es cada vez más importante.

Este libro es, precisamente, un ejemplo de ello. En él se presentan toda una serie de nuevas propuestas para la mejora docente, mediante nuevos enfoques, metodologías y herramientas. Todas estas propuestas comparten un marcado carácter tecnológico y el objetivo ayudar a mejorar la experiencia tanto del alumno como del profesor. Las diferentes secciones en las que se han organizado todas estas propuestas permiten abarcar de forma amplia las diferentes vías de actuación que se están llevando a cabo en la actualidad para la mejora docente.

En un primer conjunto de cuatro secciones, se aborda el desarrollo de nuevas metodologías, el uso de técnicas muy recientes y que cobrarán cada vez más importancia de áreas como la Inteligencia Artificial, la transferencia de conocimiento que se produce en el entorno universitario hacia la sociedad y diversos aspectos éticos y legales.

A continuación, se aborda la aplicación de enfoques STEM, así como aspectos relacionados con la transferencia de conocimiento. El término STEM hace referencia a la enseñanza integrada de contenidos de las materias que conforman el acrónimo: ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, con sus siglas en inglés. Si se considera el término STEAM, se introduce en el acrónimo la letra “A” de Arte. Aunque no existe un único enfoque para estos términos, hay aspectos como el uso de metodologías activas de enseñanza o la relación de los contenidos con la realidad, que contextualizan los términos STEM y STEAM.

La educación STEM persigue la integración de las materias implicadas en un enfoque de enseñanza basado en la interdisciplinaridad y la aplicación práctica de los conocimientos. Aunque en una primera aproximación al término puede parecer que solo está relacionado con la enseñanza de materias específicas de ciencias, es algo que va más allá, y persigue la integración de los contenidos, incentivar la motivación y movilizar las vocaciones científicas. Considerando la definición de STEM con la que trabaja la OCDE, este término se refiere a la integración de los ámbitos o campos de ciencias naturales, matemáticas y estadística, tecnologías de la información y la comunicación, ingeniería, fabricación y construcción. En las últimas décadas, la educación STEM ha pasado a ser considerada uno de los objetivos principales para la sociedad.

En una sociedad basada en el conocimiento como la que se persigue en los países más desarrollados, la adaptación al cambio de paradigma tecnológico resulta fundamental. Las vocaciones STEM serán un pilar fundamental en los cambios que se esperan sobre sistemas productivos y mercado laboral, y es fundamental que desde las propias instituciones educativas se tome conciencia y se trabaje en ello. La educación STEM promueve que los docentes involucren e impliquen a los estudiantes en tareas que permitan el desarrollo de ciertas habilidades, como el pensamiento crítico y el pensamiento creativo, así como desarrollar la capacidad de resolución de problemas. Todo ello mediante la utilización y manejo de los conocimientos y habilidades que han adquirido en las distintas materias y que se requerirán para trabajar en las actividades planteadas por los docentes.

En el presente libro, la educación STEM se aborda en un conjunto de dos secciones que tratan, en primer lugar, el enfoque STEM como elemento catalizador de la enseñanza, para a continuación centrarse en capítulos que ponen el foco en experiencias concretas de la aplicación de enfoques STEM en el aula. Con este conjunto de capítulos, el lector podrá observar detalles prácticos de cómo se está abordando con éxito esta nueva metodología dentro del aula.

A continuación, se describe cada una de estas secciones en detalle, así como los elementos más importantes que se podrán encontrar entre los diferentes capítulos que se incluyen en ellas.

## Nuevas técnicas de Innovación Docente en el Aula

En un primer bloque de temas, se ha incluido un conjunto de nueve capítulos centrados en el diseño y desarrollo de nuevas propuestas metodológicas, especialmente mediante el uso de herramientas tecnológicas y juegos que mejoren la capacidad del alumnado en la adquisición de conocimientos. En los 9 capítulos que se incluyen en esta primera sección, se podrán observar propuestas que incluyen el uso de la investigación como instrumento para la mejora de la calidad docente y los recursos utilizados en el aula, seguido por una propuesta centrada en el uso de servicios informáticos en centros educativos. A continuación, se encuentra un capítulo que analiza los trabajos en grupo, un instrumento ampliamente utilizado en las aulas universitarias, para la mejora docente mientras que otro se centra en Youtube, una herramienta con increíble potencial dentro del aula. Después, se aportan propuestas metodológicas en un campo específico, como es la Ingeniería y la enseñanza de campos vectoriales y modelizaciones matemáticas, así como en Ciencia de Datos. Para finalizar la sección, se aportan dos interesantes capítulos centrados en aprendizaje basado en retos y en aprendizaje servicio. En todos estos capítulos, el lector podrá apreciar cómo nuevas técnicas de innovación docente pueden ser llevadas e implementadas con éxito dentro del aula de estudios superiores. Todos estos capítulos subrayan la necesidad de integrar nuevas metodologías en áreas que hasta ahora se han mantenido profundamente estancadas, pero en las que hay vías de mejora que pueden ser implementadas.

## Inteligencia Artificial y Automatización

Se ha dedicado un apartado o sección especial a la Inteligencia Artificial y la automatización. Dos conceptos que cobran cada más importante no solo como campo de investigación propio, sino por sus aplicaciones a infinitud de situaciones y problemas. Como muestran los autores de los diferentes capítulos de estas secciones, los nuevos modelos, herramientas y técnicas del campo de la Inteligencia Artificial estarán cada vez más presentes en el aula, por lo que es importante conocer todas sus ventajas y aprovecharse de ellas, pero también conocer los posibles usos por parte de los estudiantes con diversos fines, como generar trabajos

mediante herramientas de generación de texto automática. Con el objetivo de obtener el mayor partido posible a estas nuevas tecnologías, es necesario conocer cómo funcionan los últimos modelos y qué posibilidades ofrecen. Conociendo todas las ventajas y avances que han traído estas herramientas, existen motivos de sobra para aplicar estos conocimientos en un aula.

Al inicio de esta introducción se comentaba cómo la evaluación es el punto más importante en las aulas (el profesor de hecho no deja de evaluar en todo el cuatrimestre), y esta evaluación puede incluso automatizarse. En este conjunto de capítulos se explica cómo existen modelos de generación automática de código y las implicaciones que esto tiene en las evaluaciones universitarias. No solo eso, sino que se muestra cómo la Inteligencia Artificial puede evaluar de manera flexible gracias a diferentes modelos de aprendizaje y mejora el diseño de las asignaturas destinadas al aprendizaje de programación. Se describirán en las diferentes propuestas cómo nuevos enfoques de automatización y de aplicación de Inteligencia Artificial permitirán importantes avances en carreras técnicas, así como la propia Inteligencia Artificial se convertirá en una competencia clave en los próximos años.

Algunas de las conclusiones más importantes que se pueden extraer de los capítulos de esta sección se relacionan con las capacidades que tienen los modelos actuales para realizar algunas de las tareas que se enseñan en el aula universitaria. Desde programar, a generar resúmenes de un texto largo hasta generar una redacción de varias párrafos o páginas. Los cambios que viviremos en las próximas décadas van a ser profundamente importantes y, en muchos casos, alterarán criterios y formas de trabajo que no han cambiado durante décadas. Por ello, es importante prestar atención a todas estas novedades y adaptarse a ellas desde la Universidad. En un mundo donde el acceso a la tecnología es cada vez más sencillo, es de esperar que en poco tiempo veamos a cada vez más estudiantes haciendo uso de herramientas que implementan los últimos avances que nos trae la Inteligencia Artificial.

## Transferencia de Conocimiento y Nuevos Recursos Tecnológicos

No sirve de nada conocer cómo mejorar el aprendizaje si luego ese conocimiento no se transfiere y se mejoran los recursos tecnológicos. Y en eso consiste la tercera sección del libro. La transferencia de conocimiento es uno de los principales objetivos de la Universidad del siglo XXI. Ofrecer y exportar conocimiento a otros sectores es una tarea fundamental de la Universidad. En esta tercera sección se aportan diferentes enfoques que se centran en esta transferencia de conocimiento, pero también en la aplicación en el entorno universitario de nuevos recursos tecnológicos. Se comienza con enfoques centrados en procesos de fabricación en entornos de ingeniería, incluyendo nuevas tecnologías como técnicas de realidad virtual y su inclusión en los laboratorios o el uso de vídeos, así como nuevas propuestas para mejorar el material docente, de manera que se atraiga a alumnos de otras carreras para hacer más completo su conocimiento. En esta sección también se incluye una propuesta que trata de analizar la distancia institucional en relación con la metodología docente, con énfasis en el aspecto antropológico de la docencia.

En esta sección también se incluyen otras opciones para integrar nuevas tecnologías en el aula. Así, una propuesta analiza la fabricación digital de prototipos, una opción con numerosas ventajas, al poder observar posibles soluciones para un problema. En este sentido, también se incluye en esta sección un capítulo que analiza dinámicas colaborativas para el diseño de productos. También se analiza en esta sección el uso de simuladores, por ejemplo, centrados en radiocomunicaciones.

Finalmente, se aportan dos propuestas centradas en la inclusión de nuevas tecnologías, como la realidad aumentada, una opción muy importante y cada vez más presente, y una propuesta concreta centrada en la percepción musical. Todo este conocimiento viene transferido precisamente de investigaciones de innovación docente que se han propuesto en las universidades y que han producido mejorado en las materias y el conocimiento adquirido por los estudiantes.

## Aspectos Éticos, Legales y de Gestión

La siguiente sección la hemos querido dedicar a los aspectos éticos, legales y de gestión. La importancia de estos campos es incuestionable y, sin embargo, se puede observar como la presencia de estos no es siempre la adecuada. En esta sección se incluyen toda una serie de capítulos que abordan la introducción de estos campos en el aula y en la docencia. Por ejemplo, se incluye un capítulo que explica y describe los Objetivos de Desarrollo Sostenibles y cómo introducirlos en diversas asignaturas de grados de Ingeniería Informática. El siguiente capítulo pone su punto de vista en la legislación y en cómo conseguir mejorar el interés por parte del alumnado en este tipo de temáticas. A continuación, un capítulo se centra en las asignaturas relacionadas con la gestión, y en cómo fomentar el compromiso y participación de los alumnos en ellas.

También de forma relacionada con la gestión, en esta sección se incluye un capítulo que se centra en la tecnología BIM como recurso docente en carreras de ingeniería para realizar tareas de diseño y gestión de proyectos. Finalmente, un último capítulo aborda una temática que centra cada vez más estudios y es el uso de herramientas anti-plagio como Turnitin, analizando la fiabilidad de los resultados que ofrece a la hora de coincidencia.

### El Enfoque STEM como Elemento Catalizador de la Enseñanza

En esta sección centrada la educación STEM se dedican una serie de capítulos a la visión del enfoque STEM como elemento catalizador de la enseñanza, incluyendo capítulos relativos a la importancia de este enfoque tanto en la formación inicial del profesorado, como en términos de calidad.

### Experiencias de la aplicación del enfoque STEM en el aula

Esta última sección está compuesta por una serie de capítulos que tratan sobre distintas experiencias de la aplicación del enfoque STEM en las aulas. Se presentan distintos estudios de caso sobre la aplicación de metodologías activas como el ABP, el B-Learning o la aplicación del método científico, en disciplinas muy variadas, desde la Geografía y el Medioambiente hasta la Ingeniería Genética.

Con este libro, esperamos dar una visión completa de cómo se puede transferir conocimiento y mejorar la calidad de la enseñanza con diferentes tecnologías no solo en carreras de "letras" sino también cómo una mejora del aprendizaje siempre es importante en las carreras de "ciencias" utilizando precisamente sus propias tecnologías.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Está investigación se ha realizado en el marco del Proyecto de Innovación Educativa "InVes: Mejora en la calidad y contenidos docentes mediante investigación continúa aplicada", financiado por la Universidad Politécnica de Madrid con código IE22.6109.

ALEJANDRO MARTÍN GARCÍA
*Universidad Politécnica de Madrid*

MÓNICA SOUTO RICO
*Universidad Carlos III de Madrid*

ROCÍO GUEDE CID
*Universidad Rey Juan Carlos*

SECCIÓN I

# NUEVAS TÉCNICAS DE INNOVACIÓN DOCENTE EN EL AULA

# INVES: MEJORA EN LA CALIDAD DOCENTE Y CONTENIDOS DOCENTES MEDIANTE INVESTIGACIÓN CONTINUA APLICADA

ALEJANDRO MARTÍN
*Universidad Politécnica de Madrid*

MARÍA VALERO REDONDO
*Universidad de Córdoba*

## 1. INTRODUCCIÓN

En cualquier área de enseñanza, la investigación supone el camino fundamental para conocer los trabajos más importantes realizados y los progresos más recientes, al mismo tiempo que permite tener una amplia visión y perspectiva de futuro sobre los contenidos a impartir. Especialmente en enseñanzas técnicas, adaptarse y renovarse en función de los avances continuos en el área es fundamental para asegurar la calidad docente, fomentar la involucración de los alumnos y obtener la mejor preparación posible de los mismos.

En este trabajo se propone una nueva metodología para la introducción de la investigación de forma más activa en el aula. Para ponerlo en práctica, se ha iniciado un proyecto de innovación docente donde el objetivo es incluir la investigación como parte fundamental en el transcurso de las asignaturas involucrando al docente y a los propios alumnos, tratando, así, de mejorar la calidad docente, enriquecer los contenidos impartidos, incrementar los conocimientos finales de los alumnos y mantener actualizados los contenidos de forma continua.

La efectiva incorporación de la investigación como parte fundamental del proceso docente en una asignatura requiere de dos fases principales. En una primera fase, se ofrecerá a aquellos alumnos (o grupos de

alumnos) que acepten formar parte de este programa la posibilidad de llevar a cabo un trabajo de investigación en un tema concreto y acotado de la asignatura. El objetivo será recabar la investigación sobre el tema haciendo uso de artículos de investigación recientes. De cara al final de la asignatura, elaborarán una presentación con la ayuda del profesor, encaminada a presentar un resumen de la investigación encontrada o un pequeño proyecto aplicando nuevos conocimientos no encontrados en el contenido de la asignatura.

En una segunda fase, el objetivo será el de ayudar a mejorar tanto la calidad de la docencia en esa asignatura como del material que se impartirá en la misma, gracias a un proceso iterativo en el que se podrá hacer uso de materiales creados por los alumnos en cursos pasados con ayuda del profesor para ser utilizados en los siguientes cursos. Se establecerá así un ciclo continuo de mejora basado en la investigación.

La presentación de los trabajos de investigación llevados a cabo por los alumnos permitirá establecer un foro de debate y discusión, tratando que todos los alumnos de la asignatura puedan ser conscientes de los últimos avances en el área, fomentar su curiosidad intelectual, incrementar su implicación en la asignatura y promover una visión amplia sobre las posibilidades y futuro del campo donde se desarrolle la misma. Después de un período de prueba, y una vez confirmados los resultados de este nuevo método de aprendizaje, se instará a aplicarlo como parte fundamental del desarrollo de una asignatura.

Para llevar a cabo esta integración, se implementará un portal web que permita alojar las presentaciones, así como consultarlas y hacer uso de ellas en cursos siguientes tanto por los profesores como por parte de los alumnos. La idea en este sentido es crear una plataforma que permita enriquecer el material de la asignatura mediante contenidos extraídos de trabajos de investigación, ampliando el enfoque de la asignatura y creando un foro de debate para todos estos contenidos. Este portal web se apoyará en herramientas ya existentes de código libre para facilitar su creación y mantenimiento.

Por último, gracias al enfoque de este proyecto, se asegura su aplicabilidad en cualquier asignatura impartida por la Universidad Politécnica

de Madrid o la Universidad de Córdoba, pero fácilmente extensible a las de cualquier otro centro.

### 1.1. Los beneficios de incorporar la investigación en la educación universitaria

Entre los múltiples beneficios que conlleva la integración de la investigación en la enseñanza universitaria, cabe destacar una mayor interacción entre el profesorado y los estudiantes, la excelencia académica, la resolución de problemas en el mundo real y la creación y difusión de conocimientos útiles y de vanguardia (Kumar, 2017: 454). Para llevar a cabo este proyecto de manera efectiva y productiva, es necesario asegurar que el profesorado se relacione con los alumnos que toman parte en el proyecto y que cada estudiante se relacione con el profesorado. Esto propicia un saludable intercambio de ideas que puede resultar muy fructífero.

Por otro lado, resulta imprescindible que los departamentos y el profesorado busquen nichos sin investigar en cualquier área de investigación para arrojar luz y llamar la atención tanto del alumnado como de la comunidad académica, centrándose en la relevancia, el rigor y las implicaciones prácticas (Kumar, 2017: 455). Esto desembocará en que el profesorado involucrado en este proyecto de investigación sea conocido por su incansable y rigurosa investigación y, por ende, produzca futuros investigadores con una perspectiva rigurosa sobre la investigación. Los nichos de investigación que se abordarán en este proyecto son los siguientes (Kumar, 2017: 455):

- La resolución de problemas relevantes que han recibido poca o ninguna atención.
- El avance o la actualización de los conocimientos teóricos o conceptuales.
- El cuestionamiento de los conocimientos convencionales y la creación de nuevas corrientes de investigación.

Por último, no cabe duda de que llevar a cabo estos trabajos de investigación compromete intelectualmente a estos estudiantes, fomenta una

mayor comprensión y el entusiasmo por las diferentes disciplinas, a la vez que enriquece su experiencia universitaria en general (Manak and Young 2014: 38).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. El proyecto de innovación "Inves: Mejora en la calidad docente y contenidos docentes mediante investigación continua aplicada"

Una vez descrito el marco teórico, cabe destacar que los objetivos que exponemos aquí son el resultado de la implementación de la primera fase de un proyecto de investigación llevado a cabo en la Universidad Politécnica de Madrid y en la Universidad de Córdoba durante el segundo cuatrimestre del curso 2021-2022. La puesta en marcha de este proyecto tiene como fin cumplir con los siguientes objetivos:

- Mejorar la calidad, relevancia y la vigencia de los contenidos impartidos en una asignatura. Gracias a un trabajo colaborativo entre profesor y alumnos, se incrementarán los contenidos de la asignatura, donde el alumno tendrá cierta flexibilidad para decidir en qué nuevos aspectos de la asignatura desea profundizar mediante una búsqueda de trabajos recientes de investigación relacionados. El alumno, con la ayuda del profesor de la asignatura, desarrollará una presentación que mostrará al final de la clase al resto de alumnos. Esto, además de permitir involucrar a los alumnos en el propio desarrollo de la asignatura fomentando su motivación, permitirá que se expongan los últimos avances en el campo.

- Fomentar la mejora iterativa de los contenidos y recursos docentes. Todo el material generado en un curso podrá ser utilizado en los siguientes: por los propios profesores, para una mejora continua del material desarrollado en la asignatura, y también por parte de los alumnos que gracias a una nueva plataforma que se desarrollará en el marco de este proyecto podrán acceder a toda una serie de contenidos adicionales. Además, el acceso a

los últimos avances de la investigación no sólo permitirá mejorar la calidad de una asignatura en términos de contenidos, sino también de recursos y herramientas, pudiendo descubrir nuevas opciones que amplíen las fronteras de la asignatura. Un ejemplo claro podría darse en el caso de una nueva aplicación informática relacionada con la asignatura que los alumnos puedan probar y utilizar, mejorando así sus habilidades.

– Mejorar el grado de implicación y motivación de los estudiantes en la asignatura. En la actualidad, en buena medida debido a la influencia y presencia de la tecnología en las aulas, conseguir el debido grado de implicación y una buena motivación de los alumnos en el desarrollo de la asignatura es una labor complicada. Por esta razón, hacer partícipes a los alumnos en los contenidos a estudiar y permitirles elegir un determinado tema para mejorar sus conocimientos en el terreno de la asignatura es una excelente vía para mejorar esta implicación y motivación.

– Posicionar la investigación como medio fundamental para asegurar una docencia de calidad. No hay duda alguna de la calidad de la docencia en las Universidades públicas españolas. La altísima participación del profesorado en labores de investigación es uno de los pilares fundamentales de este resultado, ya que permiten una mejora continua de los conocimientos y habilidades para impartir los contenidos más adecuados y con los métodos docentes más apropiados. Por esta razón, se debe promover la investigación como elemento fundamental para la mejora de la calidad de la docencia y de los propios docentes.

– Aproximar el mundo de la investigación a los estudiantes. Desde la Universidad, resulta imprescindible hacer conocedores a los alumnos de la importancia de la investigación tanto en el propio desarrollo de las asignaturas como, de forma más general, en la sociedad. Acercar el mundo de la investigación a los alumnos es una labor fundamental para incrementar su interés por esta tarea y fomentar su participación futura en programas de máster y doctorado.

- Incrementar la colaboración y participación de los alumnos en los grupos de investigación. En determinadas áreas, las excelentes tasas de empleabilidad y perspectivas salariales permiten asegurar el éxito de los estudiantes al terminar sus estudios. Sin embargo, desde la Universidad resulta esencial promover la involucración del alumnado en los grupos de investigación y promover el acceso a estudios de máster y doctorado, de cara a nutrir la Universidad del futuro con los mejores profesionales de la educación y la investigación.

- Favorecer el desarrollo intelectual, la perspectiva de los estudios y una mentalidad abierta de los alumnos. Como docentes, debemos trabajar para que los estudiantes terminen una asignatura con la mejor preparación posible y también debemos fomentar diversas habilidades. Mejorar su perspectiva respecto a los estudios que cursan, incrementar su visión crítica o sus capacidades explicativas y expositivas son algunas de las habilidades fundamentales en las que deben trabajar.

- Fomentar las habilidades de liderazgo y de colaboración. La ejecución de trabajos de investigación por parte del alumnado promueve el análisis lógico y mejora las habilidades de comunicación escrita y oral de los estudiantes (Ishiyama 2002).

- Desarrollar las habilidades de los estudiantes en el pensamiento crítico y la resolución de problemas. El desarrollo de estas habilidades enciende su curiosidad intelectual y promueve el entusiasmo y la motivación por las diferentes asignaturas, además de ser factores de vital importancia en el mundo laboral (Manak and Young 2014).

## 3. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrollará en dos fases:

- Fase I (primer curso académico): inclusión de la investigación en el transcurso de una asignatura. En una primera fase, con duración de un curso académico, se animará a los alumnos de

cada asignatura para que, de forma opcional, afronten un trabajo de investigación durante el desarrollo de la asignatura para el cual contarán con la ayuda del profesor. El proceso finalizará con la exposición del trabajo al final de la asignatura por parte de cada alumno que haya accedido a formar parte de este programa, generando un debate con el resto de los alumnos en el aula. Para aquellos alumnos que decidan participar en el programa, se tendrá en cuenta su trabajo en la calificación final de la asignatura. Este aspecto se definirá en la guía docente de la asignatura y tendrá un carácter limitado de la calificación de cómo máximo un 10% del total. En cualquier caso, nunca se sustituirán elementos de evaluación. En cambio, se ajustarán los porcentajes para poder reflejar este 10% de calificación según el proyecto de investigación. En esta fase, la mejora se centrará en los alumnos que formen parte del programa, gracias al cual ampliarán sus conocimientos de forma individual sobre la asignatura.

– Fase II (segundo curso académico): mejora iterativa de asignaturas. En una segunda fase comenzará el proceso iterativo de mejora de la asignatura en su conjunto. Las exposiciones creadas en cursos anteriores podrán ser utilizadas por el propio profesor para mejorar los contenidos de cara al siguiente curso. Gracias a estos contenidos, el profesor tendrá una ayuda muy importante para mejorar el desarrollo de la asignatura, introduciendo partes de las presentaciones creadas por los alumnos como parte del temario. Los trabajos, que habrán sido sobre temas de investigación muy actuales, permitirán actualizar los contenidos de forma más eficiente. Así, una vez empezado el segundo curso donde se aplique este proyecto, coincidirá ya la propia mejora de los contenidos gracias a las exposiciones de alumnos del curso previo junto con los trabajos que iniciarán los nuevos alumnos.

La evaluación de la puesta en práctica de esta nueva metodología docente requiere de un constante seguimiento, para asegurar en todo momento que los resultados están alineados con los objetivos. Para ello, se

recomienda el uso de cuestionarios a los alumnos y profesores, así como la realización de una comparativa entre grupos de control y grupos que entren dentro del programa.

Para llevar a cabo la evaluación de la Fase I (primer curso académico), se proponen los siguientes cuestionarios durante el desarrollo de la asignatura:

- Cuestionario general de la asignatura a los alumnos. Se realizará uno al principio de la asignatura y otro al final. El objetivo principal será analizar las expectativas de la asignatura, los conocimientos previos, y los conocimientos a adquirir antes de empezar la asignatura y compararlos con un cuestionario al finalizar.
- Evaluación de los resultados de la asignatura entre grupos que hayan sido incluidos dentro de este proyecto de innovación y cuyos alumnos hayan realizado trabajos de investigación.
- Cuestionario individual a los alumnos sobre su trabajo de investigación y los aportes conseguidos con el mismo.
- Cuestionario final a los alumnos sobre la utilidad de las presentaciones realizadas por los alumnos que hayan realizado el trabajo.
- Cuestionario a los profesores implicados sobre los alumnos y el trabajo de investigación realizado y sobre la carga adicional que les ha podido suponer dirigir estos trabajos.

Para llevar a cabo la evaluación de la Fase II (segundo curso académico), se pasarán los mismos cuestionarios realizados durante la Fase I en cada uno de los grupos y, adicionalmente se realizarán los siguientes cuestionarios y evaluaciones:

- Estudio del grado de aporte de los contenidos preparados por los alumnos en el curso anterior para la elaboración del material docente para el curso siguiente.

- Realización de cuestionarios sobre las expectativas de los alumnos sobre la asignatura para su comparación con los estudios del curso previo.
- Cuestionarios a los profesores sobre la ayuda que ha supuesto contar con los trabajos de investigación realizados el curso anterior por los alumnos.
- Evaluación del grado de participación de los alumnos y su satisfacción con el desarrollo de la asignatura en comparación entre grupos de control y grupos dentro del experimento.

## 4. RESULTADOS

Con la ejecución de este proyecto, se espera poder contribuir tanto con una mejora de los resultados académicos de los estudiantes como en mejorar algunas deficiencias concretas.

Por un lado, se espera poder mejorar los resultados académicos de los estudiantes gracias a un mayor grado participativo de éstos en el transcurso de una asignatura y una mayor involucración. Un trabajo de investigación de un tema a elección del alumno con ayuda del profesor y dentro de los terrenos de la asignatura permitirá incrementar el interés del alumno por la asignatura, conocer sus límites y entenderla según sus propios intereses e inquietudes intelectuales. Incluso, en áreas como la informática, donde es común encontrar alumnos realizando prácticas en empresa o incluso directamente con contratos de trabajo desde los primeros cursos, permitirles ampliar los conocimientos de la asignatura según sus propias necesidades surge como una iniciativa necesaria para hacer frente a la Universidad del futuro. La mejora de la calidad también se podrá observar en los propios contenidos y recursos utilizados en la asignatura. El presente proyecto propone posicionar la investigación como punto central para adaptar los contenidos y conocer los últimos conocimientos, avances y recursos disponibles para impartir una asignatura de la mejor forma posible.

Por otro lado, gracias a un proceso iterativo, donde el alumno juega un papel fundamental, se trata de solventar uno de los problemas

fundamentales que pueden provocar la pérdida de interés de los alumnos por una asignatura: la desconexión con el panorama actual, impartiendo un temario desactualizado y donde el alumno no observe su potencial para su carrera. Respecto a este último punto, no se debe olvidar que, en determinadas asignaturas, especialmente troncales y ligadas a las ciencias puras, los beneficios de este proyecto pueden ser limitados debido a la naturaleza de los contenidos impartidos.

Otro aspecto importante de mejora reside en mejorar las competencias de los alumnos, fomentando la búsqueda de trabajos de investigación y su consulta como parte fundamental de su trabajo, así como mejorar sus habilidades comunicativas, explicativas y de resolución de problemas.

Por otro lado, los productos tangibles resultantes del proyecto son los siguientes:

- Guía metodológica de cómo aplicar con éxito la investigación en la preparación de clases y contenidos y en mejorar la calidad docente. Como resultado de este proyecto, se creará una guía metodológica con directrices para incluir la investigación como parte fundamental en la mejora de la calidad docente y en la preparación de materiales.

- Guía de instalación y despliegue de la plataforma para la gestión de los materiales. La herramienta creada para gestionar los trabajos de los alumnos y su uso por parte de los profesores se publicará como proyecto Open Source en GitHub para facilitar su uso por cualquier interesado.

De cara a la elección de la plataforma para la gestión de los materiales, tras un análisis de las distintas opciones *open source* disponibles, se ha llega a la conclusión de que existen dos opciones principales. Una es el uso del propio Moodle ofrecido por los servicios informáticos de las universidades. Sus amplias funcionalidades ofrecen todas las características necesarias para poder cumplir los objetivos planteados en este proyecto. Mediante la creación de nuevos cursos, así como creando apartados concretos en las ya creadas asignaturas en las que se aplique esta nueva metodología

docente, se podrán compartir los recursos necesarios, creando bases de conocimiento que se compartan entre cursos académicos.

Otra posibilidad pasa por hace uso de herramientas de almacenamiento diferentes. Una de ellas, es OwnCloud, una nube privada de almacenamiento de archivos que puede ser desplegada en servidores propios. Esto permite crear un servidor virtual de archivos propio, similar a soluciones empresariales como Google Drive o OneDrive. Gracias a la posibilidad de instalar este software en servidores propios, se asegura que los datos permanecen dentro de la propia red universitaria, cumpliendo así lo relativo a la Ley de Protección de Datos Personales.

## 5. DISCUSIÓN

Los beneficios de llevar a cabo trabajos de investigación durante los estudios resultan en un mayor conocimiento de los diferentes procedimientos científicos y del tema investigado. A parte de esto, cabe destacar también los beneficios sociales y personales, como la interacción entre los estudiantes, el aprendizaje de la preparación de presentaciones para explicar los resultados de la investigación y el aumento de confianza en sí mismos (Korput 2018). Además, la mejora la mejora de las destrezas escritas y orales también es reseñable. Los resultados confirman que la investigación de pregrado resulta en un aumento de la motivación, la participación y los resultados académicos.

En general, la introducción de la investigación de forma más activa en el aula supone un paso natural en la mejora de la calidad docente, así como en el nivel de conocimientos adquiridos por parte del alumnado. En determinadas asignaturas, especialmente las tecnológicas o las relativas a la salud, entre muchas otras, no dejan de ser una preparación de los estudiantes para su salida al mercado laboral, mediante la enseñanza de unos conocimientos sólidos y esenciales para poder afrontar el desarrollo durante los siguientes años y décadas.

Así, en asignaturas de informática, el ritmo al que se desarrollan nuevas tecnologías, lenguajes de programación o herramientas software, imposibilita ofrecer conocimientos plenamente actualizados. En cambio, la estrategia fundamental seguida en este tipo de estudios es impartir

conocimientos y conseguir que los alumnos desarrollen determinadas destrezas que les permitan el día de mañana adaptarse a los últimos avances y, por tanto, poder afrontar en una buena posición el mercado laboral.

Gracias a la introducción de la investigación de forma más activa dentro del aula, los alumnos no sólo se verán beneficiados por la adquisición de conocimientos más recientes, sino también por el desarrollo de las habilidades propias de la investigación, buscando las soluciones más recientes a problemas concretos. A esto se suma el ofrecer al alumnado cierto grado de flexibilidad en la elección de temáticas sobre las que adquirir más conocimientos. La elección de un determinado problema o de un determinado apartado de la asignatura que el alumno encuentre de interés permitirá captar su atención a lo largo del curso, estimulando todas las destrezas anteriormente descritas.

Desde el punto de vista del profesor universitario, la investigación forma parte esencial de su trabajo. Sin embargo, no siempre las líneas propias de investigación están alineadas con las de las asignaturas que se imparten. Mediante la implicación de los alumnos en el desarrollo de materiales sobre los últimos avances realizados en el área de la asignatura, ambas figuras se verán beneficiadas, así como los futuros alumnos que la afronten. El profesor, como organizador y coordinador de los contenidos y del desarrollo de la asignatura, podrá analizar los nuevos contenidos creados por los alumnos, ayudarles en la creación de estos y seleccionando y filtrando los más adecuados para que futuros alumnos hagan uso de ellos.

## 6. CONCLUSIONES

Existe un enorme potencial sin explotar para que el profesorado universitario involucre a sus estudiantes de titulaciones de grado en la investigación. La introducción de la investigación dentro del propio desarrollo de las asignaturas es una práctica que beneficia enormemente a los estudiantes de grado, ya que les permite obtener mejores resultados de aprendizaje. Los estudiantes implicados en estas tareas de investigación se forman en la práctica del método científico, adquieren una forma de pensar analítica y rigurosa, ponen en común sus ideas y son capaces de establecer similitudes y diferencias entre ellas, y aprenden por sí mismos

cómo y dónde buscar información para llevar a cabo una tarea de investigación (Ishiyama 2002: 385). En general, los trabajos de investigación contribuyen a fomentar el aprendizaje activo, promoviendo la participación de todos los estudiantes. Finalmente, si el objetivo de la enseñanza universitaria es promover la autosuficiencia y el aprendizaje continuo, la promoción de la investigación es sin duda la mejor manera.

Es necesario también resaltar la importancia de la adquisición de este tipo de habilidades por parte del alumnado. En un mundo donde cada vez es más fácil acceder a más recursos, recibir cursos online, acceder a libros, vídeos o tutoriales por Internet, existe el riesgo, cada vez mayor, de caer en una sobreabundancia de información, excesivos recursos que dificultan la selección de los más importantes y relevantes. De este modo, los estudios universitarios deberán adaptarse cada vez más al mundo laboral que espera al alumnado. Para ello, la flexibilidad para aprender nuevos conocimientos, investigar nuevas soluciones para los problemas que se presenten o buscar soluciones ya existentes serán habilidades clave para poder desenvolverse con éxito en el mundo laboral.

De cara al futuro, se espera poder aplicar esta metodología a un mayor grado de actividades dentro de los estudios de grado. Por ejemplo, la realización de Trabajos Fin de Grado es una ocasión excelente para que los alumnos se introduzcan en actividades de investigación. Tampoco se debe olvidar la importancia de la introducción de la investigación en los estudios de Máster. En aquellos planes de estudios conducentes al desarrollo profesional puede resultar de gran importancia la introducción de actividades que promuevan las habilidades como investigadores de los alumnos.

Por último, no se debe olvidar de la importancia de captar talento investigador y promover esta actividad como salida laboral. Cada vez se requieren más investigadores, no solamente desde centros universitarios y de investigación, sino también desde centros privados donde la investigación juega un papel cada vez más fundamental.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Está investigación se ha realizado en el marco del Proyecto de Innovación Educativa “InVes: Mejora en la calidad docente y contenidos

docentes mediante investigación continua aplicada", financiado por la Universidad Politécnica de Madrid con código IE22.6109

## 8. REFERENCIAS

Arnau, J. (2018). Fundamentos de la vía media. Alianza

Biset, E. (2011). Ontología política. Esbozo de una pregunta. Revista de Filosofía, 27 (1), 121-136. Universidad Nacional de Córdoba

Biset, E. (2011). Ontologías políticas. Imago Mundi

Bhabha, H. (2002). El lugar de la cultura. Manantial

Colella, L. (2015). Encuentros y desencuentros filosóficos y políticos entre Badiou y Ranciére. Contrastes. Revista Internacional de Filosofía, 20 (2), 217-230. Universidad de Málaga

Deleuze, G. (2007). Empirismo y subjetividad. Gedisa

Gramsci, A. (1977). Antología. Siglo XXI

Gramsci, A. (1971). El Materialismo Histórico y la Filosofía de Benedetto Croce. Nueva Visión

Han, K. (2002). Sin Chaeho and Nationalist Discourses in East Asia. Sungkyunkwan University

Ishiyama, John. (2002). "Does Early Participation in Undergraduate Research Benefit Social Science And Humanities Students?" College Student Journal 36, 380-387.

Kim, J. (2018). Eurocentrism and Development in Korea. Routledge

Korput, P. (2018). Undergraduate ELT Students' Perspective on a Course-based Scientific Research Convention. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 18(4), 2172-2192.

Kumar, V. (2017). The role of university research centers in promoting research. Journal of the Academy of Marketing Science, 45 (4), 453-458.

Lee, J. (2004). Reading National Heroes from Fantasy: Shin Chae-ho's "The Dream Heaven". The Review of Korean Studies, (pp 165-186). The Academy of Korean Studies

Manak, J. A., & Young, G. (2014). Incorporating undergraduate research into teacher education: Preparing thoughtful teachers through inquiry-based learning. CUR Quarterly, 35 (2), 35-38.

Panikkar, R. (2017). La experiencia filosófica de la India. Trotta

Schmid, A. (2002). Korea Between Empire. 1895-1919. Columbia University Press

# METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LOS SERVICIOS INFORMÁTICOS DE DOCENCIA EN CENTROS EDUCATIVOS

JUAN LUIS RUBIO SÁNCHEZ
*Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los centros educativos, tanto de enseñanzas regladas como no regladas (escuelas, academias, institutos, centros profesionales, etc.) son por lo general pequeñas empresas que los hace especialmente significativos en términos de gestión. En particular, la gestión de los servicios informáticos está relativamente alejado de lo que indican los estándares y, en la mayor parte de los casos, basado en en soluciones ad hoc. El inconveniente de este planteamiento es obvio, tal y como quedó demostrado durante la época de confinamiento por el COVID-19: muchos centros presentaron dificultades para dar un servicio informático de calidad que respaldase la actividad docente.

La solución para una gestión adecuada de los departamentos informáticos pasa por la adopción de ITIL (Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de la Información). Sin embargo la cuestión que emerge inmediatamente es cómo aplicar este estándar que sólo define una lista de procesos a implementar en los departamentos de tecnologías de la información, pero no indica nada sobre estrategias, buenas prácticas o modelos de implementación del mismo. En este trabajo se presenta una lista ordenada de procesos a implementar en los departamentos de tecnología de centros educativos. Esta lista se obtiene a partir de: a) una base de datos con información sobre el estado de implementación de ITIL en otras organizaciones; b) un modelo matemático con el que se obtiene una secuencia de procesos optimizada según los requisitos y necesidades de la empresa y c) un ejemplar de centro representativo de la situación

y características de los departamentos de informática. La lista de procesos así obtenida es precisamente la óptima para centros educativos de tamaño pequeño y mediano, que son -por otra parte- los más comunes en el Sur de Europa y en España de forma particular.

### 1.1. Descripción del problema

Desde la aparición de los computadores, un creciente número de compañías han ido introduciendo la tecnología en sus procesos productivos, particularmente las tecnologías de la información y la comunicación. Las empresas, cualquiera que sea su antigüedad están obligadas a confiar el tratamiento de la información en los ordenadores y sistemas de información. Esta transformación sólo es posible mediante el empleo de estándares o compendios de buenas prácticas. Además, es un hecho que el reciente periodo de confinamiento por el COVID-19 ha obligado a muchos centros a realizar esta transformación de manera forzada e imprevista, hasta el punto de que muchas organizaciones están sufriendo los problemas derivados de su inadecuación a prestar servicios on line (elearning, enseñanza a distancia, telepresencia u otras modalidades). De hecho, las implicaciones de la pandemia en cuanto a teletrabajo y prestación remota de servicios se visualizan de diferente maneras en cada país, tal y como se indica en (Milasi,2020). En dicho trabajo se constata como en los países nórdicos alcanza cifras del 60% mientras que dicha cifra apenas alcanza el 30% en el Centro y Sur de Europa. Estas cifras se ven acentuadas en el Sur de Europa por el menor tamaño de las organizaciones, lo cual dificulta la prestación remota de servicios, como son los educativos on line.

Los servicios prestados desde los departamentos de informática en la enseñanza presencial están especialmente pensados para cuestiones de *backoffice* y en general no está expuestos a una demanda masiva de prestaciones. Los servicios prestados incluyen típicamente gestores académicos para calificaciones y expedientes, pagos, programación educativa etc. pero los servicios de educación on line requieren mucho más de los departamentos de tecnología debido al alto consumo de información (libros on line, ejercicios, video conferencias…) por parte de los estudiantes. Este incremento de prestaciones no se puede satisfacer si no existen

una serie de procesos en los departamentos de tecnología para cubrir todas las tareas requeridas en su gestión. Esta situación se vuelve crítica si el departamento de tecnología es pequeño o muy pequeño, lo que sucede frecuentemente en el Sur de Europa y especialmente en España, donde más de 95% de las empresas son empresas muy pequeñas o microempresas (Urueña,2019).

Es un hecho fácilmente constatable que ITIL es el marco de referencia más empleado para la gestión de departamento de tecnología (Gervalla,2018). Pero del mismo modo se puede afirmar que existe un vacío referente al modo de implementación del conjunto de procesos representado por ITIL. Esto claramente representa el mayor obstáculo para la implementación del estándar en las pequeñas organizaciones, que apenas cuentas con recursos humanos y financieros para acometer el proyecto de implementación. Dicha implementación ha sido estudiada por diferentes autores desde distintos puntos de vista: atendiendo a la estrategia a seguir, definiendo una secuencia de procesos o identificando los factores que facilitan la implementación de los proceoss ITIL (Zare,2014), (Mehravani, 2011),(Menken,2009),(Marrone, 2014), (Arcilla,2008).

También son relevantes en este sentido los estudios aportados por autores que han analizado la implementación de ITIL por tipología de empresa (Tawar,2013), según su carácter público/privado (Tan,2007), en compañías específicas (Polard,2009) o en zonas geográficas determinadas (Orlandi,2013).

Considerando las evidencias que muestran que es una práctica común analizar la implementación de ITIL en organizaciones de una tipología específica, localizadas en una región concreta y bajo una aproximación determinada (factores dacilitadores, determinación de secuencia, análisis de procesos relacionados…) el presente trabajo se focaliza en centros educativos de tamaño mediano o pequeño, situados en España con el objeto de determinar una secuencia óptima de procesos a implementar en estas organizaciones. Ante las dificultades financieras y de recursos que este tipo de centros presenta, esta secuencia de procesos ayudará presumiblemente a mejorar la calidad de los servicios de tecnología

prestados, y por tanto los de docencia, así como la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

En los siguientes apartados se presenta en primer lugar una revisión del estado de la cuestión; a continuación, se presentará la metodología de secuenciación de procesos propuesta y por último se hará una aplicación de la misma a un centro educativo representativo para obtener la secuencia óptima de procesos ITIL. Se termina con los apartados de resultados y conclusiones.

## 1.2. Estado de la cuestión

### 1.2.1. Primer planteamiento: secuencia fija de procesos

La estrategia de secuencia fija de procesos ITIL es un planteamiento seguido por diversos autores (Arcilla,2007)(Lema,2015) en la que se propone una lista ordenada de procesos ITIL a implementar, la cual no depende del tamaño de la organización, ni de su sector ni de su tipología ni de ningún otro factor. Ni siquiera depende del estado actual de la organización en cuanto al grado de madurez de implementación de ITIL: se define por tanto una lista ordenada de procesos que no considera las peculiaridades de la compañía (Arcilla,2008)(Schaefer,2020). Este planteamiento consistente en establecer una secuencia estática, se repite en otros autores (Pastuszak,2012) con variaciones: en este caso se establece un primer modelo de procesos ITIL y otro con las dependencias entre estos; finalmente un tercer modelo relaciona el nivel de madurez requerido según CMMI (Capability Maturity Model Inegration) en términos de procesos de tecnología para obtener una secuencia de procesos.

Otros dos ejemplos los encontramos en (Lucio,2012) en donde se propone una lista de procesos ITIL ordenados en base a un criterio estrictamente pragmático deducido de la simple observación; y en (Ayat,2009) y (Calvo,2015) cuyos trabajos se centran en establecer el primer proceso ITIL a implementar, sin llegar a determinar una lista completa de procesos.

### 1.2.2. Segundo planteamiento: secuencia adaptativa de procesos

Las ventajas del planteamiento anterior son claras: cualquier organización puede emplear la lista que proponga el autor en cuestión sin más que considerar los procesos propuestos en ésta. Sin embargo, este planteamiento adolece de graves inconvenientes siendo el principal el hecho de no considerar particularidades y especificidades de la organización que implementa ITIL. Esto es, no tiene en cuenta el tamaño, los recursos, el número de empleados en el departamento de tecnología, los procesos ya implementados; tampoco tiene en cuenta cuál es el objetivo de la organización al implementar ITIL (qué persigue con la implementación). Por ello algunos autores plantean que una estrategia de implementación en la que el orden de implementación de los procesos dependa de los mencionados factores puede reportar mayores beneficios (Rubio, 2019).

En esta línea podemos encontrar autores como (Zare,2014), (Zarrazvand,2012) y (Menken,2009). Los criterios seguidos para establecer la secuencia van desde aspectos organizativos y técnicos de los centros o incoporar la opinión de expertos hasta considerar los procesos que generan beneficios tempranos en la compañía. Planteamientos similares los podemos encontrar en (Mehravani, 2011) y (Marrone,2014) en los que se recurre al TAM (Modelo de Adopción de la Tecnología) para obtener los procesos críticos para un centro concreto o bien se proponen secuencias dependientes del sector industrial, tamaño etc. sin llegar a ser secuencias específicamente definidas para cada centro.

### 1.2.3. Tercer planteamiento: factores de éxito. Aproximaciones alternativas

Existe una tercera vía a la hora de plantear la implementación de ITIL y es la defendida por aquellos autores para los que la secuencia no es tan relevante como el entorno en el que se realiza la implementación de procesos: resulta poco relevante el orden de los procesos, pero resulta crítico asegurar determinados parámetros organizacionales y ambientales. Estos parámetros son los denominados ‘factores críticos’.

Dentro de este conjunto de autores se encuentran (Cater-Steel,2005) y (Iden,2015). En estos casos los factores críticos identificados tienen que

ver con la involucración de los directores de los centros/organizaciones educativas en la implementación, el compromiso de la organización y con la efectividad en la ejecución del proyecto de implementación. En otros casos, el éxito de la implementación se fía al seguimiento de una serie de pasos (Koshravi,2011) y a la definición del primer proceso a implementar.

Ideas similares se pueden encontrar en (Mahy,2016) y (Eikebrokk,2012) con aportaciones interesantes sobre la importancia de emplear software de gestión o herramientas BPM (Business Process Management) que ayuden a implantar ITIL.

No obstante, algunos autores han preferido estudiar no tanto los factores de éxito como los factores que pueden hacer fracasar el proceso de implementación de ITIL (Sebaaoui,2018) (Muller,2018). Es importante resaltar que en todos los casos los factores de éxito o fracaso tienden a considerarse como facilitadores u obstáculos a la implementación, pero en ningún caso se ayuda al centro o empresa a determinar cómo abordar la implementación de procesos ITIL.

### 1.2.4. Un planteamiento específico para centros educativos de pequeño tamaño

Una vez que las principales alternativas para establecer el orden de implementación de los procesos de ITIL han sido presentados, podemos concluir que no existe unicidad a la hora de abordar el problema. Y mucho menos existen criterios que permitan a los centros disponer de una secuencia específica según sus necesidades, características y criterios. Basándonos en la propuesta (Rubio,2019) en las siguientes secciones aplicaremos una metodología de secuenciación de procesos para centros educativos y la ejemplificaremos con un centro de enseñanza tipo.

Este planteamiento de ayuda a los centros educativos les permitirá contar con una guía de procesos ordenados por importancia para sus objetivos. La propuesta aquí presentada tiene un carácter generalista, pero la adecuación específica a un centro educativo concreto se puede realizar mediante la utilización del software indicado en el repositorio (Rubio, 2021)

# 2. OBJETIVOS

## 2.1. Objetivo 1

- El objetivo que se persigue es definir una secuencia óptima de procesos ITIL utilizable en cualquier centro educativo de tamaño pequeño. Para ello se pretende aplicar la metodología (Rubio, 2019) a un centro educativo tipo de modo que el resultado pueda ser empleados por múltiples centros con características similares. Evidentemente la metodología puede ser empleada por cualquier centro para obtener su propia secuencia de procesos.

- La metodología (Rubio, 2019) define un marco conceptual de secuenciación de procesos. La aplicación práctica del mismo a un caso real requiere en primer lugar de la creación de una base de datos con empresas del sector educativo y en segundo lugar del desarrollo informático para dar soporte al algoritmo (Rubio, 2019). Asimismo, es necesa-rio identificar las características de un centro tipo de modo que, con toda esta información, el algoritmo pueda evaluar la secuencia óptima de procesos ITIL para un centro educativo genérico.

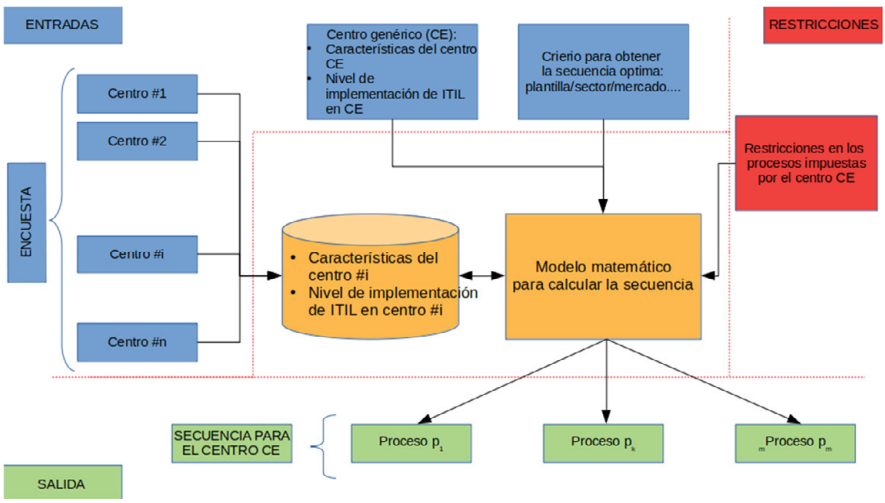
# 3. METODOLOGÍA

La metodología empleada para la secuenciación de procesos ITIL en centros educativos consta de los siguientes pasos:

1. Se ha elaborado una encuesta para recopilar información sobre las características de los centros educativos (tamaño, personal en el departamento de informática, antigüedad, geografía…). En dicha encuesta se ha consultado asimismo el grado de implementación de cada uno de los procesos ITIL de que consta el estándar.
2. En segundo lugar, el algoritmo que permite optimizar la secuencia de procesos se ha desarrollado y publicado en un site de dominio público (disponible en http://schoolprocesses.sytes.net); es posible descargar tanto la base de datos como el código fuente del algoritmo desde el repositorio (Rubio,2021)

3. Se han definido las características de un centro educativo tipo y el grado de implementación de ITIL en dicho centro. Asimismo, se han estimado los criterios de optimización de la secuencia, es decir, los criterios con los que se debe generar la secuencia de procesos ITIL.
4. La aplicación del algoritmo de secuenciación indicado en el punto (2) así como los criterios identificados en el punto (3) permiten obtener la lista de procesos ITIL óptima para satisfacer los requerimientos del centro educativo.

***FIGURA 1.*** *Esquema de la metodología empleada*




Fuente: Elaboración propia

La Figura1 representa la interrelación existente entre la base de datos, los datos del centro educativo que implementa ITIL y el modelo de optimización. En los siguientes subapartados se explica con más detalle cada aspecto de la metodología seguida.

### 3.1. Sobre la encuesta

El alcance del estudio se ha circunscrito a compañías del sector educativo (empresas de formación) que operan en España y con un tamaño pequeño o mediano. La encuesta realizada recopiló información sobre

las características de los centros educativos, así como sobre el grado de implementación de los procesos ITIL en los mismos.

Las empresas se seleccionaron aleatoriamente y se requirió las respuestas de los responsables de los centros o bien de sus responsables de informática.

***TABLA 1.*** *Características de la encuesta.*

| Item | Valor |
|---|---|
| Alcance | España |
| Universo | Centros educativos de tamaño pequeño o mediano |
| Tipo de encuesta | Formulario web |
| Envíos | 200 |
| Respuestas | 101 |
| N.º mínimo de respuestas necesario | 64 |
| Nivel de confianza | 90% |
| Error | 0,369** |
| Selección de centros | Aleatorio |
| Modo de encuesta | Monofásica |

En la encuesta se caracterizó cada empresa mediante los siguientes parámetros:

- Nombre del centro
- Sector (en este caso, todos los centros corresponden al sector educativo)
- Tamaño del centro (número de empleados)
- Tamaño del departamento de informática (número de empleados en el departamento de informática)
- Zona geográfica en la que opera el centro (local, nacional, internacional)

Por otra parte a cada centro se le solicitó una valoración del grado de implementación actual de cada proceso ITIL, en una escala [1..3] (en la que 1 representa implementación inexistente de un proceso y 3

representa una implementación completa o a corto plazo de un proceso). La lista de procesos que se consultó fue la mostrada en la Tabla2.

***TABLA 2.*** *Lista de procesos ITIL a consultar.*

| Nº | Proceso | Nº | Proceso |
|---|---|---|---|
| 1 | Gestión estrategica del servicio | 14 | Gestión de la transicióin del servicio |
| 2 | Gestión del portafolio de servicios | 15 | Gestión del cambio |
| 3 | Gestión financiera | 16 | Gestión y despliegue de versiones |
| 4 | Gestión de la demanda | 17 | Gestión de pruebas |
| 5 | Gestión de las relaciones con el negocio | 18 | Gestión de la configuración y activos |
| 6 | Gestión del diseño de servicios | 19 | Gestión del cambio |
| 7 | Gestión del catálogo de servicios | 20 | Gestión del conocimiento |
| 8 | Gestión de la disponibilidad | 21 | Gestión de problemas |
| 9 | Gestión del nivel de servicio | 22 | Gestión de incidentes |
| 10 | Gestión de la continuidad | 23 | Gestión de accesos |
| 11 | Gestión de la seguridad | 24 | Gestión de eventos |
| 12 | Gestión de proveedores | 25 | Gestión de petiiones |
| 13 | Gestión de la capacidad | 26 | Gestión de la mejora continua |

### 3.2. Sobre el modelo de cálculo de la secuencia óptima

En cuanto al modelo de optimización para la definición de una secuencia de procesos ITIL, nos basaremos en el marco teórico (Rubio,2019). Este marco teórico describe una formulación matemática a partir de los datos recogidos en la encuesta y de los intereses particulares del centro que implementa ITIL. En ese sentido dicho modelo admite criterios para supeditar la optimización al acercamiento a la competencia, a mejorar la eficiencia de los recursos informáticos disponibles, a tomar como referencia los centros pequeños y medianos y a asemejarse a los centros que operan en la misma región, entre otros; aunque también es posible realizar optimizaciones mediante combinaciones de estos u otros criterios, así como establecer un criterio de optimización generalista que no prima

ninguna de estos criterios específicos – se recomienda (Rubio,2021) para un mayor detalle sobre la formulación matemática de la optimización-.

### 3.3. Sobre las características de un centro tipo

La metodología expuesta requiere de una base de datos con la que calcular la secuencia óptima, un modelo matemático con el que obtener dicha secuencia y una empresa que desee implantar ITIL. Los datos de la empresa, el nivel de implementación actual de ITIL en la misma y los criterios de optimización para la obtención de la secuencia que mejor se adapte son entradas al modelo matemático. Es decir, el modelo combinará los datos disponibles en la base de datos junto con los datos y preferencias de optimización de la empresa que implementa ITIL para proponer la secuencia de procesos que mejor se ajusta a sus necesidades.

Por ello ha sido necesario definir un centro educativo tipo cuyas características se indican en la Tabla3.

***TABLA 3.*** *Características de la empresa y criterio de optimización.*

| Item | Valor |
|---|---|
| Tipo de compañia | Pequeño |
| Plantilla informática | <5 |
| Antiguedad | 5-14 |
| Locallización | España |
| Area de operación | Local |
| Valoración procesos ITIL:<br>excepto<br>Gestión de la capacidad<br>Gestión de la disponibilidad<br>Gestión de accesos<br>Mejora continua | <br>1<br>2<br>2<br>2<br>2 |
| Criterio de optimización | Empresas sector educativo |

### 3.4. Sobre la obtención de la secuencia óptima para el centro tipo

La aplicación de la formulación para la obtención de la secuencia óptima de procesos ITIL en el centro educativo tipo indicado en la Tabla3 da como resultado una lista de procesos ordenados o secuencia de implementación que se muestra en la Tabla4. (se muestran sólo los 10 primeros procesos obtenidos siendo esto una práctica común, pues en la literatura revisada sólo un autor (Miller,2017) expone una lista de más procesos)

***TABLA 4.*** *Lista ordenada de procesos ITIL a implementar.*

| Nº | Proceso |
|---|---|
| 1 | Gestión del catálogo de servicios |
| 2 | Gestión de incidentes |
| 3 | Gestión financiera |
| 4 | Gestión de petiiones |
| 5 | Gestión del la cartera de servicios |
| 6 | Gestión de la transicióin del servicio |
| 7 | Gestión de pruebas |
| 8 | Gestión y despliegue de versiones |
| 9 | Gestión de la configuración y activos |
| 10 | Gestión de proveedores |

Esta lista ordenada de procesos representa el orden que se ha de seguir a la hora de implementarlos para optimizar el posicionamiento del centro educativo en términos de calidad del servicio, considerando sus características, el nivel de implementación previo de procesos y un criterio de optimización genérico.

## 4. DISCUSIÓN

La secuencia obtenida es la propuesta de implementación a partir de la metodología propuesta. Esta secuencia tiene su interés si, comparada con resultados de otros autores es independiente de estos, ya que, además de estar calculada mediante un modelo matemático no ofrece un resultado de secuenciación ya conocido.

Para ello se ha comparado con (Miller 2017) pues es el autor con una secuencia más completa dentro del conjunto de autores que ofrece secuencias no estáticas. Para comparar los resultados de ambas secuencias recurrimos a los contrastes de Spearman y Kendall:

- H0: Hipótesis nula: la secuencia óptima y la de referencia son independientes
- H1: Hipótesis alternativa: la secuencia óptima y la de referencia no son independientes

***TABLA 5.*** *Lista ordenada de procesos ITIL a implementar.*

| | Nivel de confianza<br>$\alpha = 0.05$ |
|---|---|
| Contraste de Spearman | $P = 0.285 \in (-0.425–0.425)$ |
| Contraste de Kendall | $\tau = 0.143 \in (-0.307–0.307)$ |

En la Tabla5 observamos que tanto el estadístico $\rho$ como el estadístico $\tau$ quedan dentro de los límites de aceptación de la hipótesis nula. Es por ello que debemos aceptar que la secuencia óptima propuesta a partir de la metodología seguida es independiente de la del autor referente en secuencias no estáticas (Miller, 2017).

Una vez aceptada la independencia de la secuencia, procede analizar los procesos obtenidos en la misma comparativamente con los que se proponen en la secuencia tomada como referencia(Miller,2017). Cabe citar como la gestión del catálogo de los servicios que puede prestar el departamento de informática aparece en primer lugar, lo cual no deja de ser

lo esperado: para prestar un buen servicio informático al colectivo docente y estudiantil, lo primero es que estos sepan cuáles son los servicios que se pueden pedir, es decir, qué se puede hacer desde dicho departamento. En segundo lugar, aparece la gestión de incidencias y su manejo de forma unificada: es algo habitual que los departamentos de informática recepciones incidencias y problemas de forma 'poco ordenada' y que las quejas sean constantes. En la mayoría de los casos una correcta gestión de estas (no decimos resolución) da transparencia al proceso y a la situación de las mismas, lo cual disminuye el grado de molestia que experimenta el docente o el estudiante.

En tercer lugar, observamos la relevancia del proceso de gestión financiera. En este sentido es importante observar como muchos departamentos de informática de centros educativos no disponen de una gestión de ingresos y gastos: cuánto se ingresa por cada servicio prestado y cuánto cuesta prestarlo. Esto deriva en la visión común de que el departamento de tecnología es un gasto permanente sin apenas retorno.

A continuación, se observa como la gestión de las peticiones, su evaluación y valoración es el proceso que se implementa en cuarto lugar. Ello ayuda a gestionar adecuadamente las expectativas del usuario (docente o estudiante): la recepción, atención e información sobre las peticiones ayuda a los usuarios a saber en qué momento estas estarán resueltas.

Por último, observamos la aparición de una serie de procesos relacionados con las tareas más operativas: gestión de pruebas, gestión de despliegues y versiones, gestión de los cambios y otra, más estratégica, que es la de gestión de los proveedores.

En comparación con (Miller,2017) se observa como la gestión de pruebas, la gestión de peticiones, la gestión de incidencias y la gestión financiera son procesos que ocupan la misma posición. Por otra parte, la gestión del catálogo de servicios según este autor queda relegada a la novena posición. Asimismo, la gestión del nivel de servicio, la gestión de la seguridad y la gestión de eventos quedan postpuestos a posiciones más atrasadas en la secuencia de dicho autor. Por último, observamos como las mayores discrepancias aparecen en los procesos de gestión de la disponibilidad y de la gestión del portafolio de servicios.

La comparación de la secuencia óptima con la propuesta por otros autores muestra también un alto grado de independencia. Los resultados no se han incluido en este trabajo, si bien están accesibles a través del repositorio (Rubio, 2021). Cabe indicar que la comparativas con otras secuencias se ha debido realizar de forma parcial pues algunos de estos autores sólo proponen un número muy limitado de procesos en sus secuencias.

## 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran la consecución del objetivo planteado inicialmente: definir una secuencia óptima de procesos ITIL utilizable en cualquier centro educativo de tamaño pequeño. La secuencia propuesta en la Tabla4 (la secuencia completa está disponible en el repositorio (Rubio,2021)) es fruto de la aplicación de una metodología de optimización que conjuga datos de empresas reales (obtenidos mediante encuesta) con las características y objetivos de optimización de un centro educativo cualquiera cuyas características se indican en la Tabla3.

Evidentemente este resultado es válido en tanto el centro educativo tenga características similares a las expuestas en Tabla3, si bien la adecuación a otros centros es inmediata sin más que adecuar los parámetros de entrada al modelo de optimización. Es decir, empleando las herramientas software disponible en (Rubio,2021) es posible elaborar otras secuencias que se adapten mejor a las necesidades de centros educativos con características diferentes.

La posibilidad de implementar estos procesos de gestión redunda en una mejor calidad del servicio informático, que se traduce en un mejor servicio docente y una mejor experiencia de los estudiantes. Además, dado que la metodología de cálculo de la secuencia óptima se ofrece gratuitamente, muchos centros pueden hacer uso de la misma sin necesidad de emplear recursos externos tales como expertos o consultores.

Por otra parte, el hecho de que la secuencia obtenida esté soportada por una formulación matemática para maximizar los objetivos indicados por la empresa que implementa ITIL, supone un valor añadido sobre las

secuencias propuestas por otros autores, que están basados en modelos más o menos empíricos, pero sin el sustento matemático adecuado.

## 6. CONCLUSIONES

Los centros educativos en el Sur de Europa y más específicamente en España son organizaciones de pequeño tamaño con pocos empleados en el área informática. Esto hace realmente complicado poder ofrecer servicios de calidad en un entorno que exige, cada vez más, disponer de una oferta educativa on line. La falta de recursos humanos y la necesidad de contar con personal externo de soporte y consultores para la implementación de procesos que ayuden a la correcta gestión de los departamentos de informática de estos centros hace difícil dar el soporte que profesores y estudiantes requieren. Esto puede afectar a largo plazo a la supervivencia del centro.

Con el fin de ayudar a solventar este inconveniente el presente trabajo muestra cómo se pueden ordenar los procesos de gestión de departamentos de informática indicados en el estándar ITIL, mediante una metodología con un fuerte soporte matemático. Ello permite obtener una secuencia óptima en función de las necesidades del centro.

Asimismo, con el objetivo de facilitar su implementación en un número mayoritario de centros, se ha aplicado dicha metodología a un centro educativo tipo, obteniendo una secuencia de procesos que a la postre se ha determinado como independiente respecto a las ya existentes.

Desde el punto de vista de mejoras cabe citar la ampliación de los criterios de optimización, así como de las características que definen las empresas. La herramienta proporcionada en el repositorio es suficientemente flexible en cuanto a configuración, pero es posible extender la metodología para incorporar nuevas características de la empresa, así como un mayor número de empresas que permitirán mejorar las propuestas de secuencia.

Por otra parte también es posible proponer mejoras en el modelo de optimización: desde otorgar distintos pesos a los diferentes criterios de optimización hasta la posibilidad de eliminar algunos procesos de la lista

de procesos (bien porque el centro no esté interesado en su implementación, bien porque no sea pertinente implantarlos). Con estas mejoras el proceso de implantación de ITIL se acercaría incluso más a las necesidades del centro que vería no sólo como la optimización se realiza según sus criterios, sino como los procesos que quedan fuera de su estrategia son eliminados de la secuencia propuesta.

## 7. REFERENCIAS


Arcilla, M.; Calvo-Manzano, J.; Cuevas, G.; Gómez, G.; Ruiz, E.; San Feliú, T. A Solution for Establishing the Information Technology Service Management Processes Implementation Sequence. In Software Process Improvement. EuroSPI 2008. Communications Computer Information Science; O'Connor, R.V., Baddoo, N., Smolander, K., Messnarz, R., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2008; Volume 16.

Arcilla, M.; Ruiz, E.; Cerrada, C.; Gómez, G.; Calvo-Manzano, J.A.; San Feliu, T.; Sánchez, A. Una Propuesta Organizativa de Los Procesos de SD y SS en ITIL. REICIS 2007, 3, 6–20.

Ayat, M.; Sharifi, M.; Sahibudin, S.; Ibraim, S. Adoption Factors and Implementation Steps of ITSM in the Target Organizations. In Proceedings of the Third Asia International Conference on Modeling & Simulation, Bali, Indonesia, 25–29 May 2009.

Calvo, J.A.; Lema, L.; Arcilla, M.; Rubio, J.L. How small and medium enterprises can begin their implementation of ITIL? Rev. Fac. Ing. Univ. Antioq. 2015, 77, 127–136.

Cater-Steel, A.; Tan, W.G. Implementation of IT Infrastructure Library (ITIL) in Australia: Progress and success factors. In Proceedings of the IT Governance International Conference, Auckland, New Zealand, 11–13 May 2005.

Eikebrokk, T.; Iden, J. ITIL Implementation: The Role of ITIL Software and Project Quality. In Proceedings of the 2012 23rd International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'12), Vienna, Austria, 3–7 September 2012; IEEE Computer Society: Washington, DC, USA, 2012; pp. 60–64

Gervalla, M.; Preniqi, N.; Kopacek, P. IT infrastructure library (ITIL) framework approach to IT governance. IFAC PapersOnLine 2018, 51, 181–185.

Iden, J.; Eikebrokk, T. The impact of senior management involvement, organizational commitment and group efficacy on ITIL implementation benefits. Inf. Syst. E-Bus. Manag. 2015, 13, 527–552.

Koshravi, H.; Wang, J. How to Implement ITIL Successfully? In What Steps are Necessary to Implement ITIL and What Factors are Critical within Implementation Process; LAP Lambert Acad. Publications: Koln, Germany, 2011

Lema, M.L. ITIL in Small to Medium-Sized Enterprises: Toward a Proposal Based on an ITIL Processes Implementation Sequence and a Profile Scheme Strategy for Implementing the First Process in the Sequence. Master's Thesis, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain, 2015.

Lucio-Nieto, T.; Colomo-Palacios, R.; Soto-Acosta, P. Implementing an IT service information management framework: The case of COTEMAR. Int. J. Inf. Manag. 2012, 32, 589–594.

Mahy, Y.; Ouzzif, M.; Bouragba, K. Supporting ITIL processes implementation using business process management systems. In Proceedings of the Third International Conference on Systems of Collaboration (SysCo), Casablanca, Morocco, 28–29 November 2016; pp. 1–4

Marrone, M.; Gacenga, F.; Cater-Steel, A.; Kolbe, L. IT Service Management: A Cross-national Study of ITIL Adoption. Commun. Assoc. Inf. Syst. 2014, 34, 49.

Mehravani, S.; Haghighinasan, M.; Hajjiheydari, N. ITIL Adoption Model Based on TAM. International Conference on Social Science and Humanity 2011; IACSIT Press: Singapore, 2011.

Menken, I. ITIL V3 Implementation Quick Guide—The Art of Stress-Free IT Service Management; Emereo Pty Ltd.: London, UK, 2009; ISBN 978-1-921573-41-5.

Milasi, S., González-Vázquez, I., Fernández-Macías, E. Telework in the EU before and after the COVID-19: Where We Were, Where We Head to; Science for Policy Briefs; European Commission: 2020. Available online: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc120945_policy_brief_-_covid_and_telework_final.pdf (accessed on 3 January 2021).

Miller, A. Implementation Priority of the ITIL Framework Based on a Process Sequencing Model; Doctoral Praxis—The George Washington University (ProQuest: 10251867); ProQuest LLC: Washington, DC, USA, 2017

Müller, S.; De Lichtenberg, C. The culture of ITIL: Values and implementation challenges. Inf. Syst. Manag. 2018, 49–61.

Orlandi, T.; Santos Dantas, F.; Souza Neto, J. The use of portfolio management for strategic alignment—A survey with Brazilian Companies. J. Inf. Syst. Technol. Manag. 2020, 17.

Pastuszak, J.; Czarnecki, A.; Orlowski, C. Ontologically Aided Rule Model for the Implementation of ITIL Processes. In Proceedings of the 16th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, San Sebastian, Spain, 11–12 September 2012

Polard, C.; Cater-Steel, A. Justifications, Strategies, and Critical Success Factors in Successful ITIL Implementations in U.S. and Australian Companies: An Exploratory Study. Inf. Syst. Manag. 2009, 26, 164–175.

Rubio, J.L.; Arcilla, M. How to Optimize the Implementation of ITIL through a Process Ordering Algorithm. Appl. Sci. 2019.

Rubio, J.L. HTTPS://DOI.ORG/10.5281/ZENODO.4445279, Enero 2021.

Rubio J.L. Model to Optimize the Decision Making on Processes in IT Departments. Mathematics. 2021; 9(9):983. https://doi.org/10.3390/math9090983

Schaefer, J.; Baierle, I.; Nara, E.; Benitez, G.; Haetinger, C. Corporate Governance and Information Technology: A Hybrid Vision Based on COBIT and ITIL for Small Companies. In Proceedings of the XL Encontro Nacional de Engenharia de producao, Foz do Iguaçu, Brazil, 20–23 October 2020.

Sebaaoui, S.; Lamrini, M.; Bouayad, A.; El Abbadi, L. Challenges of ITIL Implementation Approaches. In Proceedings of the 4th International Conference on Business Intelligence (CBI'18), Beni Mellal, Morocco, 25–27 April 2018.

Tan, W.-G.; Cater-Steel, A.; Toleman, M.; Seaniger, R. Implementing centralized IT service management: Drawing lessons from the public sector. IFAC PapersOnLine 2007, 51, 181–185.

Tawar, T. Applying ITIL Based Software Inside University's ICT Centre toward Continual Service Improvement. In Proceedings of the Information Systems International Conference (ISICO), Bali, Indonesia, 2–4 December 2013; Volume 2.

Urueña, A.; Ballestero, M.P.; Castro, R.; Cadenas, S.; Maira, M.; Prieto, E. Análisis Sectorial de la Implantación de las TIC en las Empresas Españolas; Informe ePYME; Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital: Madrid, Spain, 2019; ISSN 2341-4030.

Zare, A.; Mansouri, T.; Mehrabioun, M. Supporting the module sequencing decision in ITIL solution implementation: An application of the fuzzy TOPSIS approach. Int. J. Inf. Technol. Syst. Appoach 2014, 7, 41–60.

Zarrazvand, H.; Shojafar, M. The Use of Fuzzy Cognitive Maps in Analyzing and Implementation of ITIL Processes. arXiv 2012, arXiv:1206.2297

# PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE: UNA NUEVA PERSPECTIVA DE TRABAJO EN GRUPO

MARÍA TERESA COSTADO DIOS
*Departamento de Didáctica. Universidad de Cádiz*

## 1. INTRODUCCIÓN

El propósito fundamental del proceso de enseñanza y aprendizaje debe ser contribuir a que los estudiantes desarrollen las competencias propias del grado universitario que estén cursando, favorecer la comprensión de los contenidos, afianzar los procedimientos, así como el razonamiento crítico y mejorar la capacidad de argumentar de los discentes universitarios, así como desarrollar las capacidades y habilidades necesarias para trabajar en equipo (Torrelles et al., 2011).

La educación en el nivel universitario tiene como fin último que el estudiante pueda hacer un uso constructivo y creativo de su autonomía. El estudiante universitario debería ser capaz de generar, integrar, apropiarse y aplicar el conocimiento (Toro, 2004). Para ello el profesorado universitario debe crear un ambiente propicio, dotado con un conjunto de recursos e instrumentos para precisamente despertar ese deseo de aprendizaje y que el alumnado pueda desarrollar sus capacidades (Loreto Vera Pérez y Núñez Cárdenas, 2013). Zabalza Beraza y Zabalza Cerdeiriña (2012) expresan que para facilitar el aprendizaje el docente debe saber motivar, saber organizar situaciones de aprendizaje adaptadas a los estudiantes, así como supervisar, tutorizar sus actividades y ayudarles a resolver sus dificultades. Aprender es un proceso donde los individuos deben desarrollar la comprensión de conceptos, dominio de procedimientos y habilidades en la medida en que abordan situaciones que les demandan poner en juego sus conocimientos, habilidades, competencias e integrar experiencias (Vargas Alejo et al., 2018). Lo que se aprende en los primeros cursos del grado sienta las bases sobre las cuales

se edifica el conocimiento de cursos superiores. El desarrollo de competencias requiere la creación de un proceso de aprendizaje activo, constructivo, contextualizado y colaborativo, donde el estudiante construye significados y conocimientos.

Otro aspecto importante que destacar es la competencia social, que habilita a las personas para participar plenamente en la vida cívica gracias al conocimiento de conceptos y estructuras sociales y políticas, y al compromiso de participación activa (Pagès, 2009). Las personas piensan y aprenden a través de sus propias experiencias, después de vivirlas es cuando un sujeto piensa e interpreta lo sucedido y, por lo tanto, interpretar una experiencia significa pensar en la acción antes y después de ejecutarla. Una experiencia educativa motiva al alumnado a tener que conectar la teoría con los resultados experimentales reales que la sustentan, corrigiendo posibles ideas preconcebidas, estimulando el pensamiento crítico y/o facilitando la comprensión de aspectos teóricos o abstractos, así como la facilidad de argumentar (Golde et al., 2006). El debate y preguntas entre iguales y la necesidad de aclarar las dudas de los compañeros incentiva el análisis crítico de los conceptos y resultados obtenidos en la práctica, así como verbalizar lo aprendido. Al restar protagonismo al papel del docente en el debate o ejecución de la práctica, se promueve el análisis crítico de los conceptos y resultados por parte del alumnado. La necesidad de tener que explicar al resto de compañeros los contenidos desarrollados en la práctica (Díaz, 2013), así como su ejecución, contribuye a que entiendan de una forma más profunda y duradera los fenómenos estudiados. Las sesiones prácticas de cualquier asignatura constituyen un entorno especialmente indicado para aprovechar las ventajas del aprendizaje en grupo (Riera, 2011) y donde el alumnado puede trabajar entre iguales de forma estructurada para adquirir unas determinadas competencias, guiado por el docente. Los alumnos se verán en la necesidad de desarrollar habilidades para trabajar en equipo, evitando la tendencia habitual de reparto de tareas o partes del trabajo a realizar sin comunicación alguna entre ellos para debatir y consensuar una solución entre todos del problema o actividad planteada por el docente.

Una de las exigencias de la sociedad actual es saber trabajar en equipo, en conjunto con los demás integrantes de un grupo. Los docentes utilizan el

trabajo en grupo como una estrategia para desarrollar las habilidades sociales, propiciando un escenario de aprendizaje en el que el alumnado pueda aprovechar sus propias experiencias y la de sus compañeros, aprendiendo a aprender en equipo. Además, con el trabajo en equipo no solo se contribuye a desarrollar las competencias y habilidades del alumnado, sino que se fomentan valores y actitudes que les ayudarán a desenvolverse con éxito ante cualquier circunstancia de su día a día, como son la responsabilidad, la flexibilidad, la autoestima, la integración de alumnos con dificultades, la generación de entusiasmo y motivación o el fomento del aprendizaje profundo frente al memorístico (Benito y Cruz, 2005).

Existen dos metodologías fundamentadas en el trabajo en equipo de suma importancia y actualidad: el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje colaborativo. Ambos emplean modelos de trabajo basados en grupos reducidos, de entre 4 y 6 estudiantes, con un papel activo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los principales roles del docente tienen que ser el de fomentar el diálogo y el de actuar como mediador y potenciador del aprendizaje. Por tanto, las actividades diseñadas bajo cualquiera de estas metodologías deben de estar muy bien planificadas de manera anticipada (Guerra, 2010). Ahora bien, aunque ambas estrategias consisten en el empleo de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para la consecución de metas comunes, con cada una de ellas se alcanzan unos objetivos de aprendizaje diferentes.

El aprendizaje colaborativo es un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo (Johnson y Johnson, 1998). Lo que debe ser aprendido sólo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar, cómo dividir el trabajo, las tareas a realizar (Gros, 2000; Gros, 2004). Por otro lado, el aprendizaje cooperativo se refiere a una serie de estrategias instruccionales que incluyen a la interacción cooperativa de estudiante a estudiante, sobre algún tema, como una parte integral del proceso de aprendizaje (Kagan, 1994). El aprendizaje cooperativo requiere de una división de tareas entre los componentes del grupo, unos aprenden de otros y cada integrante debe realizar su tarea

para que el grupo completo tenga un buen desempeño del trabajo propuesto por el docente.

Otra de las ideas a destacar es el proceso de evaluación. Alcaraz (2015) asume que la evaluación no sólo sirve para determinar si el alumno está aprendiendo, sino que uno de sus cometidos fundamentales supone que el docente se asegure de que se están propiciando las condiciones necesarias para que tenga lugar dicho aprendizaje. Es fundamental evaluar durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que permite al docente conocer la forma de pensar de cada alumno y ofrece la oportunidad de cambiar su estrategia didáctica en caso de no obtener buenos resultados (Azcárate, 2006). Del mismo modo, gracias a una evaluación continua, el alumno es capaz de realizar un aprendizaje continuo, aprendiendo de sus propios errores y poder determinar que conocimientos está adquiriendo adecuadamente y cuáles no. Es necesario encontrar procedimientos que nos permitan recopilar toda la información necesaria para adoptar decisiones, y que no sólo evalúen los resultados de los estudiantes, sino también sus procesos cognitivos, dificultades, errores y el propio diseño de la unidad (Azcárate, 2005). Por último, la evaluación no debe limitarse al docente. Si bien es el único que está en posición de certificar los conocimientos adquiridos, sólo el estudiante puede regular su propio aprendizaje (Sanmartí, 2007). De este modo, es necesario implicar al estudiante en su propia evaluación, y hacerle reflexionar sobre sus avances, errores y dificultades. Los alumnos aprenden más cuando se autoevalúan o son evaluados por sus compañeros, pues esta reflexión ayuda a autorregular el propio comportamiento y genera una mayor autonomía por parte del alumnado (Sanmartí, 2007).

Finalmente, se debe medir el grado de calidad de la enseñanza y ello tiene que ver con el grado de satisfacción de las personas involucradas (Marchesi y Martín, 1998). Es necesario formar a estudiantes capacitados y competitivos que resuelvan problemas reales en la sociedad; y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje implica conocer sus expectativas acerca de las condiciones para mejorar dicho proceso (Carvajal, 1984). Igualmente, si los destinatarios de la educación son los estudiantes, deben ser ellos quienes la valoren y proporcionen un referente a tener en cuenta. Chiva Sanchís et al. (2016) estiman que los estudiantes y

sus necesidades deben situarse en el centro de las preocupaciones de los docentes, constituyéndose como participantes esenciales y protagonistas en el proceso de renovación y actualización de la educación superior.

Tenido en cuenta las ideas hasta aquí expuestas, se ha diseñado la actividad de innovación docente denominada mentorización que presentamos en esta contribución y cuyos objetivos se especifican a continuación.

## 2. OBJETIVOS

En los actuales grados universitarios del Plan Bolonia se consideran esenciales las sesiones prácticas. Estos entornos son ideales para aplicar técnicas de aprendizaje destinadas a que el alumno desarrolle competencias relacionadas con la resolución de problemas propuestos y el trabajo en equipo. Para fomentar dicho trabajo en grupo y hacer que los alumnos se involucren en mayor medida en su propio proceso de aprendizaje, se ha incluido una actividad de innovación docente dentro de las sesiones prácticas, que hemos denominado mentorización entre iguales.

Este nuevo enfoque del trabajo en equipo, es decir, de mentorización entre iguales, pretende que, durante el proceso de aprendizaje del alumnado, el papel del mismo cobre protagonismo pasando el docente a un papel menos activo en el que actúa como un guía del proceso de enseñanza-aprendizaje y en el que se favorece la interacción entre los discentes. Estos son principios fundamentales dentro de la Educación Matemática Realista del Dr. Freudenthal (Bressan et al., 2004), que se han querido aplicar en esta actividad. Concretamente, dentro de este tipo de educación se quieren destacar los principios de actividad (se aprende mejor haciendo), orientación (profesor como guía) e interacción (aprendizaje es una actividad social), que son los que forman parte del diseño de la actividad. En cuanto al principio de actividad se considera que el alumnado como mejor aprender es haciendo, es decir, siendo un discente activo. Con esto se quiere interpretar que el alumnado se hace responsable de su proceso de aprendizaje y que participa activamente del mismo. En cuanto al principio de orientación, como en el apartado anterior ha quedado reflejado, el docente debe propiciar un ambiente de trabajo y

aprendizaje, sirviendo de guía al alumnado en la realización de la actividad práctica diseñada. Por último, en cuanto al principio de interacción se ve reflejado en la interacción social que el alumnado debe realizar al trabajar en equipo, desarrollando habilidades comunicativas y sociales para desenvolverse durante la ejecución de la tarea propuesta y por el buen funcionamiento del grupo.

Los objetivos principales de la propuesta de innovación docente que se ha desarrollado son:

- Favorecer la comprensión de los contenidos, afianzar procedimientos, el razonamiento crítico y mejorar la capacidad de argumentar.
- El alumnado desarrollará las capacidades y habilidades necesarias para trabajar en equipo y favorecer la cooperación para llevar a cabo la realización de las prácticas de la asignatura.

## 3. METODOLOGÍA

Esta investigación se puso en marcha durante el curso 2017/2018 en la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz y en la Escuela Politécnica de Cartagena. En esta experiencia han participado 406 estudiantes, donde 162 de ellos han realizado la mentorización entre iguales en las sesiones prácticas de la asignatura de Física 1. Nuestra intención era haberla realizado en los cursos siguientes, pero ha sido imposible debido a la pandemia mundial puesto que las prácticas fueron reemplazadas por docencia online.

La forma habitual de trabajar en las sesiones de prácticas de la asignatura consiste en formar pequeños equipos de estudiantes para realizar experimentos relacionados con el temario de la asignatura, con el objetivo de profundizar en determinados aspectos o conceptos de este. Cada experimento se realiza en un puesto de trabajo predefinido y montado previamente por el profesor con unos objetivos claros y definidos de aprendizaje, aplicación de contenidos y desarrollo de competencias. Los equipos de trabajo van cambiando de puesto de trabajo a lo largo de las sesiones de prácticas, de forma que al finalizar el semestre todos los

grupos han trabajado en todos los puestos disponibles y han realizado los mismos experimentos, pero solo en diferente orden. Una vez finalizada cada una de las sesiones prácticas, los equipos deben entregar en un plazo determinado por el docente, un informe sobre la actividad desarrollada en el puesto de trabajo de ese día, es decir, de aquella práctica o puesto de trabajo que les haya tocado realizar.

Podría pensarse que el simple hecho de que los estudiantes actúen en grupos les hace trabajar en grupo entre ellos. Sin embargo, la experiencia docente nos lleva a decir que es habitual que los estudiantes se repartan las tareas a realizar durante el experimento o incluso directamente se repartan los informes al completo, de forma que trabajan individualmente y sin interaccionar en casi ningún momento entre ellos para tomar decisiones en conjunto. Por este motivo se ha querido incentivar este tipo de aprendizaje, trabajo en grupo de forma cooperativa, incluyendo la actividad de mentorización entre iguales en las sesiones de prácticas de la asignatura.

La propuesta de innovación docente que aquí se presenta consiste en la ejecución de una mentorización o tutorización entre iguales, es decir, de una nueva perspectiva de trabajo en equipo o cooperativo. En dicha actividad de mentorización se le asigna una práctica a cada pequeño grupo de alumnos para que actúen como mentores del resto de sus compañeros de la práctica asignada. Es decir, de todas las prácticas a realizar en la asignatura como parte de la evaluación continua durante el cuatrimestre, cada trabajo es asignado a un grupo de alumnos que deben comprender y entender la práctica a la perfección pues serán ellos los encargados de explicar y ayudar al resto de sus compañeros a la hora de realizarla en el aula, pero siempre aconsejados por el docente y al cual pueden recurrir en cualquier momento. El profesor se encarga de explicar cada práctica a un grupo determinado que serán los responsables de esta de cara al resto de compañeros. En resumen, el grupo A es responsable de la práctica del puesto de trabajo número 1 y debe explicársela al resto de compañeros a medida que ellos vayan ejecutando dicha tarea concreta a lo largo del cuatrimestre.

## 4. RESULTADOS

Para comprobar la efectividad de dicha actividad de innovación docente de mentorización, se compararon las calificaciones finales de las prácticas del grupo que realizó la actividad de mentorización con el grupo que no la llevó a cabo.

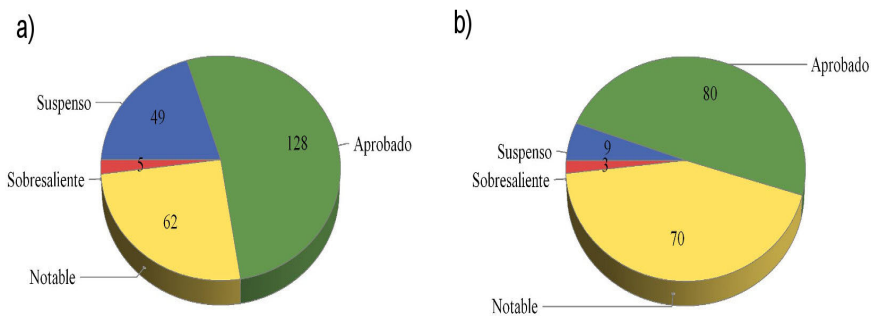
La recopilación de datos para obtener la calificación final de las sesiones prácticas de la asignatura ha sido a través de la observación directa por parte del docente, encuestas y entrega del informe final de la práctica realizada para su evaluación. Por un lado, durante el desarrollo de las sesiones prácticas, el docente, mediante observación directa de los equipos en los diferentes puestos de trabajo, evalúa la forma en la que los alumnos explican los conceptos al resto de compañeros, las argumentaciones que utilizan, la colaboración con el resto de los compañeros y miembros del equipo, así como su participación, interés y actitud durante la actividad. Durante dicha observación directa en el aula, el docente ya puede comprobar el nivel que el alumnado está alcanzando en cuanto a conocimientos y razonamientos, lo mismo que puede ir dando retroalimentación a los discentes en cuanto a los errores que vayan cometiendo, algo muy importante en el proceso de aprendizaje, que el alumnado sea consciente de sus propios errores para ir solventándolos mientras se realiza la práctica.

Por otro, el profesor evalúa cada uno de los informes realizados por los estudiantes y califica a cada uno de ellos con la nota media obtenida a partir de dichos informes individuales de cada práctica, siendo la asistencia a las sesiones y la entrega de los informes requisitos necesarios para superar la parte práctica de la asignatura. Igualmente, en los informes, el docente evalúa la forma de expresarse del alumnado, las argumentaciones y razonamientos utilizados. A medida que el docente evalúa estos informes durante el cuatrimestre, va informado al alumnado de las calificaciones obtenidas, así como de los puntos fuertes y débiles del informe entregado o los errores cometidos en el mismo o en el desarrollo de la práctica. De esta forma se produce una evaluación continua, diagnóstica y formativa, y no solo una final por parte del docente (heteroevaluación). Esta nota media final individual de cada discente, procedente

de la observación directa en el aula y de los informes de las prácticas, es la que se va a utilizar para presentar los resultados de la investigación a continuación.

Denominamos grupo control (a) a los estudiantes que realizaron las prácticas de forma habitual, sin la actividad de innovación docente, y grupo de control (b) a quienes si realizaron las prácticas según dicha actividad de mentorización. La Figura 1 muestra el número de alumnos según la calificación para cada uno de los grupos (a) – izquierda y (b) - derecha. En dicha imagen se observa que más de la mitad de los alumnos que realizaron las prácticas del modo habitual fueron calificados con un aprobado (52,2%) y el porcentaje de notables alcanzó el 25,3%. La mayoría de este grupo de alumnos (a) alcanzó los objetivos necesarios para superar las prácticas, ya que el 80% obtuvo una calificación por encima del 5 sobre 10. Un estudio estadístico básico de las calificaciones obtenidas por este grupo proporciona una calificación media de 5,6 con una desviación estándar de 2,1.

***FIGURA 1.*** *Número de alumnos por calificación en el grupo de estudiantes que realizó las prácticas de la forma habitual (a) y en el grupo que realizó la actividad de mentorización (b). La evaluación se realiza sobre 10 puntos. El aprobado engloba al número de estudiantes con calificaciones entre 5 y 7, el notable contiene a los estudiantes que obtienen una calificación entre 7 y 9, los alumnos con calificaciones por encima del 9 se incluyen en el sobresaliente.*




Fuente: elaboración propia

Para el grupo de discentes (b) que ha realizado la actividad de innovación de mentorización se aprecia en la Figura 1 una reducción en el número de suspensos de un 20% a un 5,6% y un aumento considerable de los notables de un 25,3% a un 43,2%. Igualmente, el porcentaje de estudiantes calificados con aprobado y sobresaliente es similar en los dos grupos y además la calificación media de estos alumnos realizando la actividad de mentorización sube hasta los 6,4 puntos con una desviación estándar de 1,4.

Como parte final de la evaluación continua y para conocer de primera mano las opiniones de los estudiantes sobre la actividad de innovación de mentorizacion bajo la cual habían realizado las sesiones prácticas de la asignatura, se ha realizado una entrevista personal con cada uno de los discentes para conocer su opinión acerca de esta diferente perspectiva de realizar el trabajo en grupo. En general, los alumnos evalúan la actividad de forma favorable, puesto que el 90% de los alumnos que participaron en la actividad indican que la actividad les parece útil a la hora de comprender mejor la práctica que mentorizan o supervisan. Consideran positivo ser mentorizados o ayudados por otros estudiantes, es decir una supervisión y tener un trato de igual a igual entre ellos. Sin embargo, opinan que algunas prácticas son más difíciles que otras, y por lo tanto los estudiantes que mentorizan las prácticas más difíciles deben realizar un esfuerzo mayor al resto de compañeros.

Como se ha dicho anteriormente, debido a la pandemia del covid-19, esta actividad de innovación docente de mentorizacion no ha sido posible volver a ejecutarla en cursos posteriores. Durante ese periodo de tiempo, posteriormente a la primera puesta en marcha de la actividad de mentorización, se han elaborado dos listados de indicadores para evaluar al profesorado, las prácticas y la actividad de mentorización, así como otro listado para que cada estudiante se valore a sí mismo y a sus compañeros de trabajo. Como fue mencionado con anterioridad, es importante dentro del proceso de evaluación, que no solo el docente evalúe, sino que también el propio estudiante se evalué a sí mismo y al resto de sus compañeros, puesto que es importante conocer de primera instancia la opinión del alumnado para mejorar la calidad de la enseñanza y que ellos sean conscientes de si su proceso de aprendizaje es el correcto y

está siendo significativo o no. Estos listados serán propuestos a los estudiantes en un futuro, quienes deberán contestarlos en una escala Likert de 4 puntos y serán analizados en investigaciones futuras.

El listado de indicadores para evaluar al docente y la actividad de mentorización es (a) el profesor trata de motivar al alumnado; (b) la actividad de mentorización me parece adecuada y factible; (c) me ha gustado ser mentor de otros compañeros; (d) me he sentido cómodo explicando la práctica a otros compañeros; (e) la mentorización necesita mejorar algún aspecto para el futuro; (f) las prácticas tratan los contenidos del currículo y cuestiones propias de la vida real; (g) el grado de dificultad de las prácticas se ajusta el nivel del grupo clase; (h) el profesorado busca un buen clima de trabajo en el aula; (i) el profesor se preocupa por la comprensión y correcta ejecución de las prácticas; (j) el profesor busca la motivación e interés del alumnado en su aprendizaje.

El listado de indicadores de auto y co-evaluación del alumnado está formado por (a) trabajar en grupo me ayuda a aprender; (b) mi motivación con esta forma de trabajar ha aumentado; (c) han aumentado mis conocimientos y su aplicabilidad a la vida real; (d) he mostrado una actitud reflexiva y crítica en la realización de las prácticas; (e) el grupo ha trabajado de forma cooperativa; (f) cada miembro del grupo se ha preocupado por la correcta ejecución de la práctica; (g) cada miembro del grupo ha sido mentor de otros compañeros.

Nuestra intención es en próximos cursos repetir esta actividad de innovación para obtener nuevos resultados que afiancen los aquí encontrados. Además, se pretende llevar a cabo una mejora del proceso de evaluación de las prácticas utilizando los indicadores de la rúbrica antes definidos, así como realizar una auto y coevaluación por parte del alumnado en cuestión, y que la calificación final sea una proporción entre la evaluación del docente y del alumnado.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación muestran un aumento considerable de las calificaciones finales de la parte práctica de la asignatura, una reducción de los suspensos y una consecución de los objetivos de esta

actividad de innovación docente. Aunque los resultados evidencian un alcance de objetivos por parte del alumnado, existen ciertos aspectos mejorables, como por ejemplo un mayor ajuste del nivel de las prácticas que el alumnado debe realizar; o la elaboración de una rúbrica de evaluación para una mejor comprobación del nivel de aprendizaje; o bien un cuestionario de evaluación de la actividad de mentorización y su nivel de satisfacción con la misma.

Como conclusiones, la importante disminución en el porcentaje de suspensos y el significativo aumento de notables parece indicarnos que esta actividad de mentorización contribuye realmente de forma positiva al proceso de aprendizaje de los alumnos, a que finalmente se realice un aprendizaje significativo cuando el alumno se hace responsable de una práctica en concreto y tiene que explicarla a los demás, pues es en el proceso de explicación cuando realmente el alumno afianza sus conocimientos y competencias. Igualmente, el alumnado también demuestra una mayor comprensión de los contenidos, aumentando su capacidad de razonamiento y de pensamiento crítico, así como se ha visto favorecida la competencia social y desarrollo del trabajo en equipo, igualmente de su propia autonomía de trabajo, contribuyendo de forma significativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El proceso de mejora de la actividad de innovación docente continua con un mejor ajuste del nivel de las prácticas, para que tengan el mismo nivel de dificultad, para que unos grupos no se vean favorecidos respecto a otros con prácticas más fáciles. Igualmente se está desarrollando una rúbrica para cada práctica y obtener una mejor medida del nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes.

Esta investigación puede servir para orientar a otros docentes para quienes deseen llevar a cabo en el aula experiencias motivadoras para sus estudiantes y buenas prácticas profesionales (Zabalza Beraza, 2012).

# 7. REFERENCIAS


Alcaraz, N. (2015). Evaluación versus calificación. Aula de Encuentro, 17(2), 209-236.

Azcárate, P. (2005). Propuestas alternativas de evaluación en el aula de matemáticas. En J. M. Chamoso y J. Durán (Eds.), Enfoques actuales en la didáctica de la matemática, (pp. 187- 221). Madrid, España: MEC.

Azcárate, P. (2006). Propuestas alternativas de evaluación en el aula de Matemáticas. En J. M. Chamoso y J. Durán (Ed), Enfoques actuales en la Didáctica de las Matemáticas (pp. 187-220). Madrid, España: MEC, Colección Aulas de Verano.

Benito, Á. y Cruz, A. (2005). Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior: en el espacio europeo de educación superior (Vol. 10). Narcea Ediciones.

Bressan, A., Gallego, F. y Zolkower, B. (2004). Los principios de la educación matemática realista. En Reflexiones Teóricas para la Educación Matemática. Compilador: Alagia, H. y otros. Editorial Libros del Zorzal, Buenos Aires, Argentina.

Carvajal, C. (1984). Algunos aspectos teóricos de los planes de estudio. Revista Educación, 8(1 y 2), 63-69. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/ issue/view/1832

Chiva Sanchís, I., Ramos Santana, G. y Moral Mora, A. (2016). Análisis de la satisfacción de los estudiantes del grado de Pedagogía de la Universitat de València. Revista Complutense De Educación, 28(3), 755-772. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n3.49831

Díaz, M. J. M. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 10(3), 291-306. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2843

Golde, M. F., McCreary, C. L. y Koeske, R. (2006). Peer instruction in the general chemistry laboratory: Assessment of student learning. Journal of Chemical Education, 83(5), 804-810. https://doi.org/10.1021/ed083p804

Gros, B. (2000). El ordenador invisible. Barcelona: Gedisa.

Gros, B (2004). Estudio sobre el uso de los foros virtuales para favorecer actividades colaborativas en la enseñanza superior. Revista Electrónica de Teoría de la educación (http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/default.htm.

Guerra, M. (2010). Aprendizaje cooperativo y colaborativo, dos metodologías útiles para desarrollar habilidades socioafectivas y cognitivas en la sociedad del conocimiento. [Monografía]. Recuperada de http://bitly.ws/fZbz

Johnson & Johnson, D. (1998). Cooperation in the classroom (7a ed.). Interactionbook Company.

Kagan, S. (1994). Cooperative Learning. San Clemente, CA: Resources for Teachers, Inc.

Loreto Vera Pérez, B. y Núñez Cárdenas, F. de J. (2013). La autonomía educativa ante los nuevos paradigmas, un criterio a seguir en la educación continua. Ciencia Huasteca Boletín Científico De La Escuela Superior De Huejutla, 1(1). https://doi.org/10.29057/esh.v1i1.1006

Marchesi, A. y Martín, E. (1998). Calidad de la enseñanza en tiempos de cambio. Alianza.

Pagès, J. (2009). Competencia social y ciudadana. Aula de innovación educativa, 187, 7-11. https://ddd.uab.cat/pub/artpub/2009/182046/aulinnedu_a2009n187p7.pdf

Riera, G. (2011). El aprendizaje cooperativo como metodología clave para dar respuesta a la diversidad del alumnado desde un enfoque inclusivo. Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva, 5(2), 133-149. http://www.rinace.net/rlei/numeros/vol5-num2/art7.pdf

Sanmartí Puig, N. y Sardà Jorge, A. M. (2007). Luces y sombras en la evaluación de competencias: el caso PISA. Cuadernos de pedagogía, 370, 60-63

Toro, J. R. (2004). La autonomía, el propósito de la educación. Revista de estudios sociales, 19, 119-124. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81501911

Torrelles, C., Coiduras, J., Isus, S., Carrera, F. X., París, G. y Cela, J. M. (2011). Competencia de trabajo en equipo: definición y categorización. Profesorado: revista de curriculum y formación del profesorado, 15(3), 329-344. http://www.ugr.es/~recfpro/rev153COL8.pdf

Vargas Alejo, V., Cristóbal Escalante, C. y Carmona, G. (2018). Competencias Matemáticas a través de la implementación de actividades provocadoras de modelos. Educación matemática, 30(1), 213-236. http://www.scielo.org.mx/pdf/ed/v30n1/1665-5826-ed-30-01-213.pdf

Zabalza Beraza, M. A. (2012). El estudio de las buenas prácticas docentes en la enseñanza universitaria. Revista de docencia universitaria, 10(1), 17-42. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4020162

Zabalza Beraza, M. A. y Zabalza Cerdeiriña, M. A. (2012). Profesores y profesión docente. Entre el ser y el estar. Narcea.

# PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FUNDAMENTADA: "YOUTUBE" AL SERVICIO DE LA INTEGRACIÓN Y PARTICIPACIÓN DEL ALUMNADO EN EL APRENDIZAJE A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

MARÍA DE LA PAZ ALEGRE SALGUERO
*Departamento de Ciencias e Ingeniería de Materiales y Química Inorgánica*
*Universidad de Cádiz*

MARÍA TERESA COSTADO DE DIOS
*Departamento de Didáctica Universidad de Cádiz*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las exigencias del modelo globalizado y multicultural de las sociedades vigentes, hace que el capital humano deba de estar preparado para el enfrentamiento ante las nuevas necesidades del mercado laboral. Ya no es suficiente con tener los conocimientos teóricos y prácticos asociados a una determinada disciplina, competencias como: i) la colaboración en el entorno laboral ii) la organización del trabajo, iii) la inteligencia emocional y iv) la resolución de problemas de forma autónoma y creativa entre otras, son exigencias ya demandadas en la actualidad. Este contexto ha promulgado que en el ámbito educativo, la "Educación" no se entienda sólo como medio vehicular para impartir instrucción o transmitir conocimiento sino que debe: i) fomentar y favorecer las competencias necesarias para el desarrollo de un proyecto personal de vida y ii) ser la vía para transformar la realidad; exigencias a las que debe de dar respuesta.

Por su parte la educación superior ha de ser capaz de formar a recursos humanos con un potencial desempeño a nivel humano y profesional, es decir, ha de adaptarse a esta nueva situación y evolucionar. Es por ello que busca nuevas metodologías que fomenten el desarrollo de habilidades blandas "soft skills", altamente demandadas en los perfiles

profesionales actuales. En este sentido, en los últimos años, se han puesto en marcha nuevos proyectos educativos que exploran nuevas formas de "entender la enseñanza" que dan respuesta a estas demandas y exigencias; fomentan que los estudiantes logren interiorizar las herramientas, competencias, habilidades y recursos necesarios para adaptarse e interrelacionarse con el medio dinámico y cambiante de la sociedad actual.

No obstante, frente a la demanda de capital humano que posea altas competencias a nivel personal, social y académico, la educación superior se enfrenta a estudiantes con: i) carencias a nivel personal (poca autorregulación y motivación), ii) escaso desarrollo de sus habilidades sociales, iii) una baja motivación y participación en clase...; huecos que la educación básica regular no ha logrado salvar. Todo ello ha derivado a que la deserción académica y el grado de repitencia sea constante en la educación superior.

Este marco pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una revisión y análisis de las metodologías empleadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje que se ejecutan en la educación superior, con la finalidad de plantear e implementar nuevos modelos de enseñanza que permitan desarrollar habilidades como las anteriormente nombradas "soft skills"; indispensables para una inserción laboral con éxito.

Estudios recientes (Fasce, 2007) ponen de manifiesto que metodologías de enseñanza basadas en aprendizajes superficiales y poco significativos no contribuyen a desarrollar perfiles que sean favorables para la consecución de una exitosa inserción laboral. Es necesario implementar metodologías activas de enseñanza en las aulas universitarias que comprometan al docente en un rol proactivo, es decir, el docente ya no sólo va a ser un mero locutor de clases magistrales donde los alumnos aprenden a memorizar conceptos teóricos, sino que va a asumir el papel de "compañero" en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado, promoviendo el aprendizaje autónomo y el desarrollo de la inteligencia emocional entre otras competencias (Flechsig, 2003; Muñoz, 2005).

Algunas de las estrategias metodológicas activas como: i) el estudio de casos, "case study" CS, ii) clases al revés "flipped classroom" FC y iii) aprendizaje basado en la resolución de problemas, problem-based

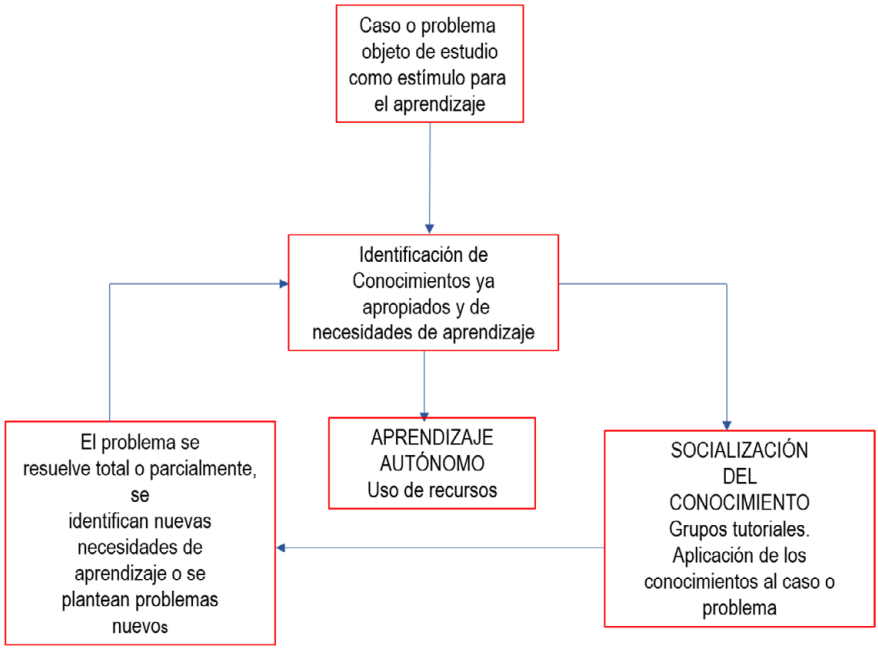
learning, PBL favorecen la transferencia del aprendizaje y evitan que la adquisición del conocimiento se realice de forma autómata (Gil-Galván et al., 2020; Sellberg and Wiig, 2020). Estas metodologías consideran que el proceso de aprendizaje no solo debe de limitarse a interiorizar conocimientos o un conjunto de habilidades predefinidas y transferirlas a una práctica similar, sino que también contemplan la adquisición de una comprensión de las relaciones entre los individuos que actúan, el entorno social y material y las circunstancias en las cuales se lleva a cabo la acción; se requiere la existencia de una intercontextualidad predefinida entre los escenarios de aprendizaje (Engle, 2006; Sellberg and Wiig, 2020) que garanticen alcanzar con éxito los conocimientos, herramientas y habilidades sociales necesarios para una inserción laboral de éxito.

### I.I. El aprendizaje basado en problemas (ABP).

El aprendizaje basado en la resolución de problemas (ABP), es "un tipo de metodología activa de enseñanza, centrada en el estudiante, que se caracteriza por producir el aprendizaje en el contexto de la solución de un problema auténtico" (Marra, Jonassen, Palmer and Luft, 2014); es decir, se emplean problemas complejos del mundo real como vehículo para promover el aprendizaje de conceptos y principios por parte de los estudiantes, en contraposición a la presentación directa de hechos y conceptos del modelo tradicional. Esta forma de enseñanza propicia que sea el/la estudiante quien se apropie del proceso de aprendizaje al buscar, seleccionar, organizar y sintetizar la información necesaria para dar respuesta a una problemática definida (ver Figura I); el docente sólo es un mero compañero en el proceso de aprendizaje cuyo principal objetivo es el de ser de guía.

Los metaobjetivos de esta estrategia, objetivos más allá de los instruccionales, se centran en: i) el desarrollo de habilidades del pensamiento, ii) la activación de los procesos cognitivos en el estudiantado y iii) la transferencia de metodologías de acción intelectual.

***FIGURA 1.*** *Modelo del enfoque pedagógico del aprendizaje basado en problemas*




Fuente: (Victor Hugo, 2001)

Para su consecución, los docentes deben de crear un entorno de aprendizaje basado en problemas que posea las siguientes características: i) el aprendizaje centrado en problemas (contenidos y habilidades a ser aprendidas organizadas alrededor de problemas reales auténticos), ii) el aprendizaje centrado en el estudiante (se despliegan una serie de procesos cognitivos y afectivos para investigar y resolver el problema), iii) la auto-dirección (se demanda a los estudiantes asumir la responsabilidad de: identificar los objetivos de aprendizaje, planificar el recojo de información y realizar la búsqueda, procesamiento e integración de la información, iv) la auto-reflexión (se propicia que los estudiantes monitoreen su comprensión y aprendizaje para ajustar sus estrategias), v) el trabajo colaborativo (se estimula el intercambio, diálogo y discusión entre pares) y vi) el andamiaje del docente (se actúa como facilitador cuyo rol fundamental es modelar y guiar procesos de razonamiento, de búsqueda e integración de información, facilitar procesos grupales y formular

preguntas para indagar sobre la exactitud, pertinencia y profundidad de análisis de la información) (Luy-Montejo, 2019).

Estas singularidades se ajustan a la perfección al aprendizaje en el estudiantado universitario; "cuando el alumno accede al sistema universitario debe de ser capaz de dar respuesta a una serie de demandas para las cuales no siempre está preparado" (Lino, 2015); el sistema universitario debe de promover la implementación de metodologías activas de aprendizaje que contrarresten estas carencias.

A través de esta "nueva" forma de entender el aprendizaje, se promueve el pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas, la gestión de emociones, y las habilidades de comunicación, es decir que fomenta la adquisión de una serie de "competencias" (específicas, generales y transversales).

### 1.1.2. Implementación ABP: Marco teórico

La enseñanza a nivel universitario es un ámbito en el que alumno debe de adquirir alguna de las competencias nombradas en el apartado anterior ya que a posteriori, serán requeridas en el desarrollo de su actividad profesional. Estas, además de contemplar la adquisición de: i) conocimientos, ii) habilidades, iii) capacidades y iv) actitudes por parte del alumnado, deben de promover el desarrollo transversal y su implementación. Para ello, las memorias de los grados describen una serie de competencias (en las titulaciones de la Escuela Superior de Ingeniería: competencias generales (CG), básicas específicas (CB), específicas comunes a la rama industrial (CE), específica Trabajo Fin de Grado (CTFG) y específicas mecánica (CM) o específica complementaria a la rama industrial (COB)) que posibilitan que el alumnado adquiera esa serie de capacidades, tanto generales como específicas, que serán requeridas para el desarrollo de su actividad profesional futura. No obstante, existe un conjunto de competencias denominadas "competencias transversales" (CT) que bien no son específicas de la titulación cursada o de la materia impartida, sino que son inherentes al desarrollo del proceso de aprendizaje por parte del alumnado (Almerich, 2018; Memoria Grado GITI, 2014; Memoria Grado GIM, 2014). Así pues, el alumno no solo debe de adquirir una serie de conocimientos, teórico-prácticos a partir

de la asistencia a clases magistrales, problemas o prácticas; sino que debe de alcanzar otras competencias que incluyan habilidades como: i) la comunicación oral y escrita en público, ii) el trabajo en equipo, iii) el desarrollo e implementación de ideas…

En vistas a la consecución de todas y cada una de estas competencias, los equipos docentes deben de elaborar e implementar estrategias de enseñanza y actividades que fomenten, en todo momento, el desarrollo de las mismas. Así, un programa académico bien diseñado y una actitud proactiva del alumnado, conducirá, en la mayoría de los casos, a la adquisición de estas. Para fomentar que se produzca esta dualidad, el profesorado universitario debe de diseñar estrategias docentes que permitan: i) una mayor implicación por parte del alumnado en el proceso de aprendizaje, ii) el planteamiento de actividades docentes atractivas y iii) el uso de herramientas de evaluación colectivas entre otras. Es en este contexto donde la metodología basada en la resolución de problemas abre un nuevo camino para su consecución.

## 2. OBJETIVOS

En este contexto, el presente proyecto se plantea como una apuesta por:

a. El aprendizaje basado en la resolución de problemas ingenieriles y/o cotidianos
b. El desarrollo de competencias generales y transversales como: i) capacidad de resolución de problemas (competencia general, descrita como CB5 y CG5 en las fichas 1B de las asignaturas implicadas en el proyecto), ii) el trabajo en equipo, iii) la exposición pública de los resultados obtenidos, así como, iv) su análisis crítico (competencias transversales, CT1 y CT7).

Ello propiciará la creación de una atmósfera que invita a la participación activa y permitirá mostrar una visión conexa entre los contenidos teóricos de las materias impartidas y su aplicabilidad industrial.

Para ello se realizará una serie de actividades en el seno de la parte práctica de la asignatura “Ciencias y Tecnologías de Materiales”, impartida como materia obligatoria en el grado de “Ingeniería mecánica” ofertado

por la Universidad de Cádiz, durante el curso escolar 2022-2023 en las que los alumnos deben de dar respuesta a una "serie de casos reales" en función de los contenidos teóricos-prácticos, la búsqueda de información y el material disponible. Los resultados del estudio se compararán con los obtenidos durante el curso escolar precedente (2021-2022) en cuanto al número de aprobados-suspensos y la nota final de la evaluación.

## 3. METODOLOGÍA

Para la futura implementación de esta propuesta pedagógica, el profesorado debe diseñar una estrategia metodológica que contemple una serie de fases (Díaz-Barriga, 2010) (ver tabla I).

***TABLA 1:*** *Fases de la propuesta pedagógica del ABP*

| Fases | Sub-fases |
|---|---|
| Preparación de la situación del ABP | Identificar los hechos e ideas relevantes que se convertirán en la situación problemática.<br>Definir de manera clara los propósitos del ABP.<br>Elaborar los sílabos y el instrumento de evaluación |
| Establecimiento de la situación del ABP entre los estudiantes | Presentación y explicación de la situación problemática y los instrumentos de evaluación a los estudiantes<br>Formar los grupos de trabajo<br>Identificar los primeros intentos de solución del problema por parte de los estudiantes<br>Identificar y analizar: conocimientos previos, aquello que necesitan aprender y aquellos que aprenderán |
| Proceso de resolución de problemas | Planteamiento de objetivos<br>Actividades colaborativas para la búsqueda de información que permitan plantear la estrategia de resolución.<br>Comunicación de resultados al grupo de clase y docente |

Fuente: (Luy-Montejo, 2019)

En cuanto a su aplicación Eggen y Kauchak, 2015 determinan que la metodología ABP debe de ser desarrollada en 5 etapas:

- Etapa 1: Identificar la pregunta.
- Etapa 2: Generar hipótesis
- Etapa 3: Acopio de información:
- Etapa 4: Evaluación de hipótesis
- Etapa 5: Generalizar

En vistas a esta metodología el profesorado diseñará una actividad en el campus virtual al principio de las sesiones prácticas a desarrollar en el curso en la asignatura implicada en el proyecto. Esta actividad planteará un caso práctico que el alumnado deberá de resolver siguiendo las pautas descritas en el párrafo precedente. La respuesta a esta problemática deberá de realizarse en formato vídeo (5-10min) en los que los grupos de alumnos de las prácticas de laboratorio propongan posibles soluciones al problema ingenieril, adjudicado por sorteo y dado a conocer a través del campus virtual, basada en los conocimientos a adquirir e información recibida a lo largo de las sesiones de prácticas.

El desarrollo del proyecto promoverá:

1. El aprendizaje a través de la resolución de problemas complejos
2. La interiorización de los conceptos teóricos-prácticos desarrollados a lo largo de la asignatura
3. La capacidad de análisis crítico de la información disponible
4. La toma de decisiones consensuadas en base a una estrategia común
5. La capacidad de diálogo entre iguales para la toma de decisiones basadas en el pensamiento crítico.
6. La creación de roles dentro del grupo de trabajo.
7. La puesta en común de las ideas generadas en el seno del grupo
8. La propuesta de ensayos alternativos a los establecidos en las sesiones de prácticas para la resolución del problema propuesto, si fuera menester
9. La síntesis de la información recabada para su posterior presentación oral
10. La evaluación por parte de los compañeros en vistas a la actuación de sus iguales

“Youtube” es una plataforma gratuita que posibilita: i) tener un espacio abierto en el que se puede subir los trabajos de cada uno de los equipos y ii) permite diseñar una forma de presentación en la que el alumnado puede elegir el nivel de visibilidad personal que desea tener. Además, se espera que la realización de estos videos y el deseo por conseguir mayor número “likes” resulte motivamente para los estudiantes.

El uso que se hará de ella será transversal:

a. “Youtube” actuará como vía de enlace entre el profesorado y el alumnado de forma que podría ser empleada: i) en divulgar las conclusiones derivadas de la resolución de la actividad propuesta en un formato altamente visible y de gran aceptación por parte del alumnado, ii) en promover la participación activa y transversal del alumnado a través de una actividad lúdica.
b. Servirá de vía para el intercambio de información, el estudio cooperativo de cuestiones derivadas del planteamiento de la actividad propuesta y la evaluación del alumnado con referencia a aspectos teórico-prácticos extrapolables al ámbito industrial y/o cotidiano.
c. Fomentará el empleo de habilidades adicionales de gran interés como: la capacidad de trabajar en equipo, la capacidad de análisis y síntesis de información, la capacidad de comunicación, las habilidades de uso de medios audiovisuales e informáticos…

Esta forma de entender el aprendizaje ayuda a: i) afianzar los conceptos teóricos vistos en clase, ii) la participación activa del alumnado durante el desarrollo de las sesiones prácticas impartidas por el profesorado, iii) cooperación entre los alumnos al proponer soluciones conjuntas a las cuestiones planteadas y iv) proponer vías alternativas al aprendizaje basadas en la interacción mutua entre los integrantes de los diferentes grupos de alumnos. A modo de ejemplo, un problema a solventar sería: “se tiene una probeta de un material que ha sido sometida a un tratamiento térmico; teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas ¿cuál sería su aplicabilidad industrial y/o cotidiana?

Se trata, en definitiva, de resolver cuestiones relacionadas con los conocimientos adquiridos durante las sesiones de prácticas, que exigen cierta maduración de los mismos, que incluyen conceptos teóricos y muestran su aplicabilidad directa.

Para promocionar la participación de los alumnos, se premiará con una bonificación sobre la calificación final obtenida en la asignatura en la parte proporcional a la designada en el apartado de actividades prácticas. Concretamente, podría suponer el 35% del 70% correspondiente al ítem relacionado con el de informes.

Esta metodología de actuación promulga la autonomía y participación activa del alumnado, el cual debe de buscar, relacionar y sintetizar la información derivada de la problemática planteada y conectarla con los contenidos de las asignaturas.

## 3.1. PARTICIPANTES.

La población de este estudio serán los alumnos que se matriculen en la asignatura de "Ciencias e Ingeniería de Materiales" del grado "Ingeniería Mecánica" en el curso escolar 2022-2023 y los ya matriculados en el curso escolar presente 2021-2022. De estos, los alumnos que se matriculen el próximo curso conformarán el grupo experimental y los del curso actual los del grupo control.

Para el análisis comparativo de ambas metodologías (clases magistrales curso 2021-2022 y ABP curso 2022-2023) se realizará un análisis estadístico del rendimiento académico de ambos cursos. Para el análisis comparativo del rendimiento académico se utilizarán los mismos instrumentos de evaluación con una clasificación de 0 a 100 y una exigencia del 50% siendo eliminatoria una clasificación menor de 40.

Para el análisis estadístico se analizará la normalidad de los datos mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov ($n>30$) y Shapiro-Wilk ($n>30$) y se empleará la estadística descriptiva y análisis correlacional: t Student para muestras independiente.

## 4. RESULTADOS

El rendimiento académico se calculará mediante las calificaciones obtenidas en los tres informes y las actividades a realizar en el campus virtual respecto a la parte práctica de la asignatura para el alumnado del curso 2021-2022 y mediante las calificaciones obtenidas en los 3 informes y los "casos a resolver" para los del próximo curso.

Al comparar los resultados de todas las calificaciones entre ambos cursos (metodología tradicional, curso 2021-2022 frente a ABP, curso 2022-2023) se esperan obtener diferencias. Al realizar el análisis inferencial de los datos a través de la t-Student se podrá determinar si los datos a obtener serán significativos o no.

Para analizar el grado de satisfacción del alumnado se llevará a cabo un test de receptividad hacia la metodología empleada ABP. Este test constará de tres criterios: conceptualización, participación y aplicación de la metodología lo que generará un total de 15 indicadores (ver tabla II). Este test será validado por 3 docentes del área de "Ciencias e Ingeniería de Materiales".

***TABLA 2:*** *Nivel de satisfacción medido a través del test de receptividad hacia el proceso de enseñanza*

| | | Curso 2022-2023 | | Curso 2021-2022 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Indicadores | No satisfecho | Muy satisfecho | No satisfecho | Muy satisfecho |
| Conceptualización y entrega de contenidos | Presentación contenidos clara | | | | |
| | Contenidos trabajados interesantes y motivadores | | | | |
| | La forma de aprender los contenidos teóricos son fácilmente aplicados en la práctica | | | | |
| | La metodología utilizada en clases para la integración o incorporación de contenidos me resulta adecuada | | | | |
| | Total | | | | |
| Conceptualización | La metodología permitió asistir regularmente a clases | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| y entrega de contenidos | Suelo consultar dudas que me surgen | | | | |
| | Participo activamente en clase | | | | |
| | Los contenidos me parecen de fácil recepción | | | | |
| | Total | | | | |
| Aplicación de lo aprendido y utilidad | Comento fuera del horario de clases lo aprendido | | | | |
| | Considero pertinentes los contenidos con respecto a mi quehacer profesional | | | | |
| | Puedo extrapolar a otras asignaturas | | | | |
| | Me resulta fácil encontrar ejemplos de utilidad de lo aprendido | | | | |
| | Enseño a mis compañeros y familia lo aprendido en clases | | | | |
| | Total | | | | |

Fuente: (Williams et al., 2019)

El examen de los posibles resultados de este estudio podrá dar lugar a dos escenarios, que los indicadores referidos a cada uno de los campos no muestren diferencias entre ambas metodologías o por el contario que sí la muestren.

Con el fin de determinar si existe correlación entre los posibles resultados del test de receptividad hacia el proceso de enseñanza y las calificaciones finales del alumnado, deberá de realizarse estudios de correlación entre los dos grupos de estudio. Al aplicar el coeficiente de correlación de Pearson a la muestra total de estudio entre el grado de satisfacción para cada metodología y las calificaciones finales indicara si existe o no correlación entre los diferentes indicadores.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados permitirán concluir que, en la asignatura de "Ciencias y Tecnología de Materiales", la aplicación de la metodología de enseñanza ABP pudiera ser una buena opción para la motivación del estudiantado, lo que podría suponer una mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En estudios similares (Williams et al, 2019), se observaron diferencias a favor de la metodología ABP a medida que progresaron las instancias evolutivas (obtuvieron mayores rendimientos más consistentes y mejores logros en las calificaciones finales). En ellos, se destaca que en las evaluaciones de las pruebas a los que habían sido sometidos el alumnado presentaron mejorías importantes al emplear la metodología ABP frente a la tradicional. Ello se atribuía a que en el ABP se trabaja en torno a problemas completos que obligan a tener en cuenta varios aspectos que generan a su vez, un aprendizaje significativo que involucra al estudiantado integralmente en el contexto del aprendizaje. Por el contrario, en los inicios de la implementación de esta nueva forma de aprendizaje, los resultados obtenidos en las pruebas fueron mejores para una metodología tradicional frente a la ABP. Esta situación se atribuyó al hecho de que los alumnos debían de adaptarse a esta nueva forma de entender la enseñanza y a las dificultades iniciales para superar el aprendizaje mecánico y memorístico de la metodología tradicional.

Este escenario podría producirse en el seno de este estudio; González-Hernando et al., 2016; Sabaté y Valero, 2021 exponen que la forma de entender la enseñanza a través de una metodología basada en el ABP, en los inicios, puede suponer un reto infranqueable por parte del alumnado ya que actividades como: i) trabajar en grupo, ii) planificar las actividades y iii) compartir el tiempo disponible de estudio con otras asignaturas implican ejecutar una planificación adecuada que no es siempre fácil de llevar a cabo.

Para minimizar en parte estos contratiempos, se podrían llevar dos estrategias futuras: i) aplicar la metodología ABP de forma transversal en el plan de estudio del grado en el que está implicado este estudio y ii) emplear esta forma de entender la enseñanza por largos periodos de tiempo. En ambos escenarios, la adaptación a los nuevos requerimientos por parte del estudiantado se realizará de forma equilibrada, de modo que los alumnos serán capaces de alcanzar nuevas exigencias cognitivas que propician la implementación de un conocimiento profundo de la materia asociado a la asignatura (Martí, 2010; Johson, 2000). Además de estas, potenciar la metodología ABP en cursos pregrado, sería de gran utilidad; se desarrollarían competencias como: i) las habilidades

sociales, ii) el análisis y síntesis de la información disponible y iii) la investigación sistemática.

Esta metodología de enseñanza podrá ser efectiva siempre y cuando exista un cambio de mentalidad en la cultura del estudiantado (Johson, 2000). No obstante, este cambio lleva asociado una modificación en los docentes (Duch, 2001); se necesitan docentes formados en herramientas pedagógicas que garanticen la impartición de una docencia de calidad. Para ello, la universidad debería de proporcionar la formación y herramientas necesarias para que los docentes "aprendan" nuevas metodologías activas de enseñanza que propicien la obtención de resultados académicos más exitosos, es decir, los docentes necesitan una preparación especial para aprender a mediar el aprendizaje y emplear de forma correcta la metodología ABP (Meece, 1993; Hiebert, 2007).

El estudio aquí propuesto, aportaría evidencias sobre la percepción de los estudiantes ante el cambio en la forma de aprender y su repercusión en el rendimiento académico. Los resultados podrían determinar la existencia de una relación significativa entre las variables "grado de satisfacción y éxito académico". En este escenario, el estudiantado que obtuviese mejores calificaciones podría ser los que valorasen esta metodología de forma más favorable. Contrariamente, aquellos estudiantes que lograsen peores resultados, serían los que fueran más reticentes ante esta nueva forma de aprendizaje. Este contexto derivaría del hecho de que métodos de enseñanza donde la responsabilidad del aprendizaje depende directamente de la implicación y compromiso de los estudiantes, son más formativos que informativos (metodología tradicional); se generan aprendizajes más profundos, significativos y duraderos lo que facilita la incorporación a otros posibles contextos (Duch, 2001; Fernández, 2006).

## 6. CONCLUSIONES

La implementación de una metodología basada en ABP es un modelo de enseñanza en el que los estudiantes planifican, implementan y evalúan problemas que tienen aplicación en el mundo real. Aplicado en el seno de la asignatura en la que se centra este proyecto, puede llegar a

promover un impacto positivo en el estudiantado que podrá verse reflejado a posteriori en un mejor aprendizaje en conocimiento y comprensión de los contenidos disciplinares (Escribano et al., 2015).

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Al Titular de Universidad Francisco Pacheco al Catedrático de Universidad David González Robledo coordinadores de la asignatura donde este estudio de investigación se ha llevado a cabo. Al Catedrático de Universidad Rafael García Roja por apoyarme como candidata a la convocatoria de contratación de personal docente investigador post-doctoral realizado por la Junta de Andalucía en el año 2020 (PAIDI 2020) de la que soy beneficiaria.

## 8. REFERENCIAS

Almerich, G.; Díaz, I.; Cebrián, S.; Suárez, J. (2018). Estructura dimensional de las competencias del siglo XXI en alumnado universitario de educación. RELIEVE, 24 (1), art. 5 https://doi.org/10.7203/relieve. 24.1.12548

Díaz-Barriga, F and Hernández, G. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista México: McGraw-Hill.

Duch, BJ.; Groh, SE.; Allen, DE. (2001). The power of problem based learning. Sterling, VA: Stuylus

Eggen, P.; Kauchak (2015). Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento. México: Fondo de cultura Económica.

Escribano, A.; Del Valle, A. (2015) El aprendizaje basado en problemas: una propuesta metodológica en educación superior. Madrid: Narcea.

Fasce, E.(2007) Aprendizaje profundo y superficial. Revista de Educación en Ciencias de la Salud.

Fernández, M. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Flechsig, KH.; Schiefelbein, E (2003). 20 modelos didácticos para América latina. Washington DC: Organización de Estados Americanos.

González-Hernando, C.; Martín-Villamor, PG.; Almeida, SD.; Martín-Durántez, N.; López- Portero, S. (20016) Ventajas e inconvenientes del aprendizaje basado en problemas percibidos por los estudiante de enfermería. FEM

Johson, DW.; Johson, RT.; Smith, KA. (2000). Active learning: cooperation in the college classroom. Edina, MN: Interaction Book.

Hierbert, J.; Morris, AK.; Berk, D.; Jansen, A. (2007). Preparing Teachers to Learn from Teaching. Journal of Teacher Education.

Lino, R. (2015) Afronta-t: una experiencia innovadora con el alumnado de la facultad de psicología de la universidad de Málaga. Málaga Universidad de Málaga.

Luy-Montejo (2019): El aprendizaje basado en problemas (ABP) en el desarrollo de la inteligencia emocional de estudiantes universitarios. Representaciones.

Marra, R.; Jonassen, DH.; Palmer, G. and Luft, S. (2014) Why problem-based learning works: Theoretical foundations. Journal on Excellence in College Teaching 15 (3-4)

Martí, J.; Heydrich, M.; Rojas, M.; Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en problemas: una experiencia de innovación docente. Revista Universidad EAFIT.

Meece, J.; Holt, KA. (1993). Pattern analysis of student's achievement goals. Journal of Educational Phychology.

https://esingenieria.uca.es/wp-content/uploads/2015/09/MEMORIA-GIM-2014-06-24.pdf

https://esingenieria.uca.es/wp-content/uploads/2015/09/MEMORIA-GITI-2014-03-07.pdf

Muñoz, E.; Gómez, J. (2005). Enfoques de aprendizaje y rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Revista de Investigación Educativa.

Sabaté, JG.; Valero, M. (2012). Hablando sobre aprendizaje basado en proyecto con Júlia. Revista de Docencia Universitaria.

Williams, C et al. (2019): Aplicación del aprendizaje basado en problemas en estudiante de segundo año de la carrera de nutrición y dietética de la Universidad Finis Terrae. FEM (2019)

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA CIRCULACIÓN DE CAMPOS VECTORIALES EN INGENIEROS

PEDRO VIVAS CABALLERO
*Universidad Francisco de Vitoria*

JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
*Universidad Francisco de Vitoria / Universidad a Distancia de Madrid*

ANTONIO NARANJO REDONDO
*Schiller International University*

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo pretendemos realizar un breve análisis sobre la formación matemática que reciben actualmente los estudiantes de los Grados en Ingeniería. Recorriendo diversas investigaciones que existen al respecto, trataremos de averiguar qué práctica o prácticas son más habituales en dicha enseñanza.

Veremos cómo, en términos de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD), la epistemología dominante en la formación matemática de ingenieros se basa en el monumentalismo y aplicacionismo, esto último comúnmente confundido con la contextualización y la modelización matemática.

Muchos programas referentes a la disciplina de las matemáticas en estas formaciones buscan y reflejan explícitamente que el aprendizaje de las matemáticas sea significativo, pero aparecen evidencias de cómo posteriormente no se lleva a la práctica y reconocido tanto por alumnos como por los propios docentes.

Plantearemos un cambio de paradigma respaldado por investigaciones previas realizadas en el marco de la TAD, proporcionando un

dispositivo u organización didácticos (OD) para intentar apaliar el fenómeno del "aplicacionismo" en la formación matemática a futuros ingenieros, observado en varias investigaciones y reconocido por los propios docentes. Dicho dispositivo se planteará en el curso 2022-2023, en una primera toma de contacto, con estudiantes de ingeniería industrial para poder sacar las conclusiones pertinentes.

## 1.1. MODELO EPISTEMOLÓGICO DOMINANTE EN LA FORMACIÓN MATEMÁTICA DE INGENIEROS

El concepto de ingeniería, según la Real Academia Española (RAE), se define actualmente como "Conjunto de conocimientos y técnicas científicas y empíricas aplicadas a la invención, el diseño, el desarrollo, la construcción, el mantenimiento y el perfeccionamiento de tecnologías, estructuras, máquinas, herramientas, sistemas, materiales y procesos para la resolución de problemas prácticos" (RAE, s.f.). Dentro de ese conjunto de conocimientos, podemos encontrar uno que es de las más comunes: las Matemáticas. Tal y como se define en la RAE, el conocimiento de las matemáticas debe estar orientado a la invención, diseño, desarrollo, construcción, mantenimiento, etc. y a la utilización de dichas técnicas y procesos para resolver los problemas (tareas) que se le plantean al ingeniero que es, según (Vázquez, 2012), quien aporta soluciones útiles para la sociedad a partir de los recursos de los que dispone y de sus propios conocimientos.

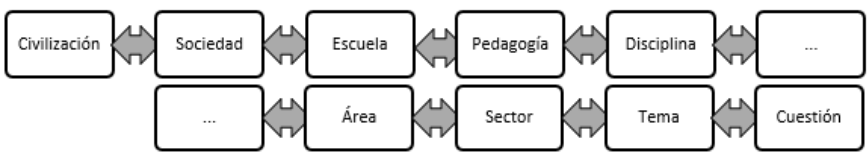
El estudio de las matemáticas otorga, según (Curbeira, Bravo, & Bravo, 2013), a un ingeniero industrial la capacidad de modelizar y analizar los procesos a los que se enfrentará en su vida laboral, así como un pensamiento lógico, algorítmico y heurístico que nacen de dichos procesos. Por ello, uno de los aspectos más importantes de la enseñanza matemática a futuros ingenieros es la contextualización. Pero no todas las formas de aplicar la contextualización obtienen el mismo resultado. Según (Ortigoza, 2006) se entiende que el aprendizaje contextual se da cuando el alumno dota de significado los nuevos conocimientos en base a su experiencia y, en definitiva, su marco de referencia. Esto se puede conseguir aplicando:

- La *relación* entre el problema planteado y la experiencia de la vida.
- La *experimentación* mediante la exploración y el descubrimiento.
- La *aplicación* de dicha experimentación en un contexto útil.
- La *cooperación* entre ellos compartiendo lo aplicado.
- La *transferencia* de conocimiento entre lo que ya posee el alumno y lo nuevo construyendo por encima de lo que ya sabe.

Pero, a pesar de que, en la actualidad, el objetivo que persigue la enseñanza de las matemáticas está enfocado al análisis de problemas prácticos y a la modelización, la realidad en los centros superiores y escuelas universitarias es bien distinta. Una de las investigaciones que reflejan esta realidad es la realizada por Barquero, Bosch, & Gascón (2014) sobre la incidencia del "aplicacionismo" en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales analizando cada una de las restricciones que se han encontrado.

Por un lado, analiza lo que en el ámbito de la TAD se llama la dimensión ecológica del problema de la modelización matemática, que estudia las restricciones existentes en los centros educativos para su aplicación y las condiciones que la favorecen. Este análisis se apoya en investigaciones previas (Chevallard, 1989; Bolea, Bosch y Gascón, 2004; Barbé, Bosch, Espinoza y Gascón, 2005; Artaud, 2007; entre otras) usando como herramienta de análisis los niveles de codeterminación introducidos por Chevallard (Fig. 1)

***FIGURA 1.*** *Niveles de codeterminación*




Fuente: Elaboración propia

Se realiza una observación para detectar las restricciones que aparecen en los niveles superiores, que abarcan desde la civilización en la que

vivimos hasta la pedagogía seguida por el centro educativo en el que nos encontramos y que provienen de la epistemología dominante de las escuelas universitarias. También se aplica un Recorrido de Estudio e Investigación (REI) para detectar las restricciones más específicas correspondientes a los niveles inferiores desde la disciplina matemática hasta las cuestiones a tratar.

Esta investigación pone de manifiesto cómo el "aplicacionismo" forma parte esencial de la epistemología dominante de las matemáticas impartidas en los primeros cursos de los Grados de las ciencias experimentales, caracterizándolo con los siguientes indicadores (Barquero et al., 2010.a y 2010.b):

- $I_1$: Las matemáticas se mantienen independientes de otras disciplinas
- $I_2$: Las herramientas matemáticas básicas son comunes para todos los científicos
- $I_3$: La organización de los contenidos matemáticos sigue la lógica de los conceptos
- $I_4$: Las aplicaciones siempre van después de la formación matemática básica
- $I_5$: Muchos sistemas extra-matemáticos pueden ser construidos sin ninguna referencia matemática.

Los programas de matemáticas de dicha formación suelen señalar explícitamente que su objetivo es que las matemáticas aprendidas sean aplicadas en su vida académica y profesional (Figs. 2 y 3), es decir, de algún modo, fomentan el *aplicacionismo*.

***FIGURA 2**. Objetivo de la asignatura de Matemáticas II (Guía Docente, p. 2)*

**OBJETIVO**

El curso de Matemáticas II, proporciona al alumno las herramientas matemáticas para conocer cómo resolver distintos tipos de ecuaciones diferenciales, que describen numerosos fenómenos físicos. Así el alumno podrá analizar en profundidad, cualquiera de los modelos que aparecen en el mundo de la Ingeniería Industrial a lo largo de su carrera académica y profesional.

Fuente: https://bit.ly/3z4mCHz

***FIGURA 3.*** *Objetivo de la asignatura de Cálculo (Guía Docente, p. 2)*

**Contextualización de la asignatura**

**Aportación al perfil profesional de la titulación**

El principal objetivo de esta asignatura es aportar al perfil profesional del graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y del graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y Administración y Dirección de Empresas los siguientes conocimientos, destrezas, habilidades y capacidades:

1. Adquirir habilidad y soltura en el manejo de las herramientas básicas del cálculo diferencial e integral de una variable.
2. Tener la capacidad de modelar y resolver en términos del cálculo diferencial e integral de una variable, fenómenos de la ciencia y situaciones de la vida real.
3. Conocer y saber aplicar con suficiente fluidez, las principales técnicas de resolución aproximada de ecuaciones no lineales.
4. Manejar con habilidad y soltura las nuevas tecnologías en el cálculo diferencial e integral de una variable para resolver problemas adaptados a la vida real.
5. Conocer los principales resultados teórico-prácticos del cálculo diferencial e integral de funciones de varias variables, así como sus aplicaciones en la ciencia y en la ingeniería.
6. Realizar con habilidad y soltura las diferentes operaciones propias del cálculo diferencial e integral de varias variables.
7. Tener la capacidad de modelar y resolver problemas reales utilizando herramientas del cálculo diferencial e integral de funciones de varias variables.
8. Manejar con habilidad y soltura las nuevas tecnologías en el cálculo diferencial e integral de varias variables para resolver problemas adaptados a la vida real.

Fuente: https://bit.ly/3aw6u8k

Asimismo, también hay programas docentes en universidades como la Rey Juan Carlos o la Politécnica de Madrid cuyo objetivo explícito es estrictamente académico (fig. 4 – 5)

***FIGURA 4.*** *Objetivo de la asignatura de Matemáticas II URJC (Guía Docente, p. 3)*

**II.-Presentación**

El objetivo de la asignatura es que los alumnos adquieran los conocimientos básicos de cálculo diferencial e integral de varias variables reales, campos vectoriales, ecuaciones diferenciales y aproximación numérica. Las habilidades y técnicas adquiridas les permitirán un mejor seguimiento y comprensión de otras asignaturas del grado. Es muy recomendable haber cursado la asignatura de Matemáticas de la modalidad de Ciencias y Tecnología de Bachillerato, así como la asignatura Matemáticas I del primer cuatrimestre de la titulación.

Fuente: https://bit.ly/2sOp3dY

***FIGURA 5.*** *Objetivo de la asignatura de Ampliación de Cálculo UPM (Guía Docente, p. 6)*

**5.1. Descripción de la asignatura**

Este curso se dedica al estudio del Cálculo Vectorial: teoría de campos, integrales de línea y superficie y los teoremas integrales de Green, Gauss y Stokes.

El objeto de esta asignatura es dotar a los estudiantes de aquellas herramientas matemáticas que subyacen en problemas técnicos que abordan en otras asignaturas del grado y que están relacionados con el cálculo integral sobre curvas y superficies, tales como el cálculo del flujo o del trabajo. El conocimiento de dichas herramientas (las aplicaciones de la integral múltiple, los teoremas integrales) es de sumo interés, por ejemplo, en el estudio de la teoría de campos como el electromagnético y el gravitatorio; campos conservativos que admiten potencial escalar o campos que admiten potencial vector. Se aborda con rigor pero sin demostraciones excesivamente teóricas el estudio de condiciones para la resolución de dichos problemas.

Fuente: https://bit.ly/3nXHZDM

Incluso, a pesar de que en las guías docentes de matemáticas de la formación de ingenieros el objetivo propuesto está enfocado al análisis de problemas prácticos y a la modelización, la metodología utilizada está más enfocada al aplicacionismo (fig. 6 – 8)

***FIGURA 6****. Metodología de la asignatura de Cálculo ICAI (Guía Docente, p. 7)*

| Metodología Presencial: Actividades | |
|---|---|
| **1. Clase magistral y presentaciones generales** (52 horas; 100% presencial): El profesor explicará los conceptos fundamentales de cada tema, incidiendo en lo más importante y resolviendo a continuación una serie de problemas tipo, con los que el alumno aprenderá a identificar los elementos esenciales del planteamiento y se iniciará, adquiriendo habilidad y soltura, en la resolución de problemas del tema. | CG03, CFB01 |
| **2. Resolución en clase de problemas propuestos** (60 horas; 100% presencial, incluidas las horas dedicadas a pruebas cortas de evaluación continua e intercuatrimestrales). En estas sesiones se explicarán, corregirán y analizarán problemas de cada tema análogos a los resueltos en las lecciones expositivas y también otros de mayor complejidad, previamente propuestos por el profesor y trabajados por el alumno. | CG04, CFB01 |
| **3. Prácticas con ordenador** (8 horas; 100% presencial, incluidas las horas dedicadas a los controles de prácticas). Se realizarán en grupos reducidos. En ellas los alumnos ejercitarán los conceptos y técnicas estudiadas, resolviendo problemas prácticos con ayuda del software MATLAB. | CG03, CG04, CFB01 |

Fuente: https://bit.ly/3cbzu5q

***FIGURA 7.*** *Metodología de la asignatura de Matemáticas II UFV (Guía Docente, p. 4)*

• Sesiones teórico-prácticas: en ellas se expondrán, con la ayuda de materiales audiovisuales, los conceptos clave de la asignatura. Estas clases se desarrollarán en un ambiente dinámico, centrado en la interacción profesor-alumno y alumno-alumno.

• Clases prácticas: pretenden el refuerzo, manipulación y dominio de los conceptos teóricos. Predominará la metodología del aprendizaje basado en problemas, casos prácticos, proyectos y medios digitales. Se favorecerá un entorno colaborativo y constructivo de aprendizaje mediante la interacción alumno-alumno como eje de la resolución de los problemas propuestos.

Fuente: https://bit.ly/3O2luse

***FIGURA 8.*** *Metodología de la asignatura de Matemáticas II URJC (Guía docente, p. 4)*

| **IV.B.-Actividades formativas** | |
|---|---|
| **Tipo** | **Descripción** |
| Lecturas | Clases magistrales |
| Prácticas / Resolución de ejercicios | Clases prácticas de resolución de problemas |
| Otras | Tutorías individuales o en grupos |
| Otras | Preparación individual de las clases teóricas, prácticas y de pruebas |

Fuente: https://bit.ly/2sOp3dY

Tras el análisis realizado, se observa que el "aplicacionismo" se encuentra presente tanto en los programas de matemáticas como en la propia bibliografía recomendada para el desarrollo de la asignatura y reconocido por los propios docentes a través de una encuesta diseñada para tal efecto.

Hemos analizado dos de los libros de texto de cálculo en varias variables, Mora Flores (2019) y Apóstol (2002) recomendados en las bibliografías de algunas de las guías docentes analizadas anteriormente. Dicha bibliografía, que contiene parte de los conocimientos que pretendemos desarrollar con nuestro REI, no hace referencia a ningún caso práctico (fig. 11 – 12) en los que se les pueda dar uso a cualquiera de los conocimientos que ahí aparecen. Ni si quiera contiene un bloque de ejercicios contextualizados al final de cada tema, como sí tienen otros libros de texto del mismo ámbito. Se limita a la exposición de teoremas, definiciones, etc. (fig. 9 – 10) para después ser aplicados en una serie de ejemplos y ejercicios abstractos que, para dotarles de cierta relevancia, indica

su alta probabilidad de ser evaluados en futuros exámenes puesto que muchos de ellos ya fueron evaluados en exámenes anteriores.

***FIGURA 9.*** *Definición de Trabajo*

**Definición 9.3 (Trabajo).**
Sea $\mathbf{F}$ un campo vectorial continuo sobre la curva $C$. Suponemos que $C$ está orientada, es regular y simple. Entonces

$$W = \lim_{\substack{k\to\infty \\ \|M\|\to 0}} \sum_{i=1}^{k} \mathbf{F}(\mathbf{r}_i)\cdot\Delta\mathbf{r}_i := \int_C \mathbf{F}\cdot d\mathbf{r}?$$

si el límite existe cuando es tomado sobre todas las particiones ordenadas $\mathbf{r}(t_0), \mathbf{r}(t_1), \ldots \mathbf{r}(t_{k+1})$ de $C$ con $\|M\| = \text{máx}_i\{\|\Delta\mathbf{r}_i\|\}$ y $\Delta\mathbf{r}_i = \mathbf{r}(t_{i+1}) - \mathbf{r}(t_i)$, $i = 1, \ldots, k$

Fuente: Mora Flores, 2019, p. 415

***FIGURA 10****. Definición de Trabajo*

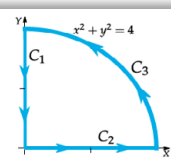
Sea $\boldsymbol{\alpha} = (\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ un camino que una $\boldsymbol{a}$ y $\boldsymbol{b}$, a saber $\boldsymbol{\alpha}(a) = \boldsymbol{a}$ y $\boldsymbol{\alpha}(b) = \boldsymbol{b}$, y escribamos $\boldsymbol{c} = (c_1, \ldots, c_n)$. Supongamos que $\boldsymbol{\alpha}'$ es continua en $[a, b]$. Entonces el trabajo realizado por $\boldsymbol{f}$ es igual a

$$\int \boldsymbol{f}\cdot d\boldsymbol{\alpha} = \sum_{k=1}^{n} c_k \int_a^b \alpha_k'(t)\,dt = \sum_{k=1}^{n} c_k[\alpha_k(b) - \alpha_k(a)] = \boldsymbol{c}\cdot[\boldsymbol{\alpha}(b) - \boldsymbol{\alpha}(a)] = \boldsymbol{c}\cdot(\boldsymbol{b} - \boldsymbol{a}).$$

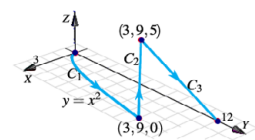
Fuente: Apostol, 1973, p. 400

***FIGURA 11****. Ejercicios propuestos sobre "Integrales de línea"*

9.4.6 Calcule la integral $\int_C \mathbf{F}\cdot d\mathbf{r}$ donde $C = C_1 \cup C_2 \cup C_3$, y además $\mathbf{F}(x, y) = (2y + \sqrt{9+x^3})\,\mathbf{i} + (5x + e^{\arctan y})\,\mathbf{j}$



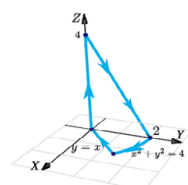

9.4.7 Calcule $\int_C x^2z\,dx - yx^2\,dy + 3xz\,dz$ donde $C = C_1 \cup C_2 \cup C_3$ (figura de la derecha).




9.4.8 Considere el campo de fuerzas

$\mathbf{F}(x, y, z) = 4xe^z\,\hat{\imath} + y\cos(z)\,\hat{\jmath} + 2x^2e^z\,\hat{k}$.

Sea $C$ la curva de la figura a la derecha. Calcule $\int_C \mathbf{F}\cdot d\mathbf{r}$.




Fuente: Mora Flores, 2019, p. 424

*FIGURA 12. Ejercicios propuestos sobre "Integrales de línea"*

**10.9 Ejercicios**

1. Un campo de fuerzas $f$ del espacio de tres dimensiones viene dado por $f(x, y, z) = xi + yj + (xz - y)k$. Calcular el trabajo realizado por esa fuerza al mover una partícula desde $(0, 0, 0)$ a $(1, 2, 4)$ a lo largo del segmento de recta que une esos puntos.
2. Hallar el trabajo realizado por la fuerza $f(x, y) = (x^2 - y^2)i + 2xyj$ al mover una partícula en sentido contrario al de las agujas del reloj recorriendo una vez el contorno del cuadrado limitado por los ejes coordenados y las rectas $x = a$ e $y = a$, $a > 0$.
3. Un campo de fuerzas bidimensional $f$ viene dado por la ecuación $f(x, y) = cxyi + x^6y^2j$ siendo $c$ una constante positiva. Esa fuerza actúa sobre una partícula que se mueve desde $(0, 0)$ hasta la recta $x = 1$ siguiendo una curva de la forma

$$y = ax^b, \text{ en donde } a > 0 \quad \text{y} \quad b > 0.$$

Fuente: Apostol, 1973, p. 403

En cuanto a las restricciones específicas que se detectaron en dicha investigación tras la aplicación del REI, cabe destacar la necesidad por parte de los estudiantes de clasificar las cuestiones tratadas por temas o áreas de conocimiento como consecuencia de la organización de conceptos heredada de las matemáticas desarrolladas en cursos previos, así como la dificultad que tuvieron para asimilar el orden inverso en el que aparecían ahora las cuestiones y las respuestas. En definitiva, existe la necesidad de eliminar con la estructura clásica de las clases tradicionales a nivel universitario.

Como condiciones necesarias para que la modelización matemática se normalice dentro de las instituciones, Barquero, B., Bosch, M. y Gascón, J. (2014) propone introducir nuevos dispositivos didácticos dentro de las matemáticas que transformen la actividad científica escolar, ya que actuar sobre las propias instituciones se torna una tarea ardua al incidir sobre el "aplicacionismo", un modelo muy anclado en la sociedad.

En esta línea existen gran cantidad de investigaciones analizadas por (Plaza & Villa-Ochoa, 2019) sobre restricciones detectadas en la formación matemática a futuros ingenieros, y que confirman las restricciones observadas por Barquero, B., Bosch, M. y Gascón, J. (2014) aunque sin usar la herramienta definida por los niveles de codeterminación

## 2. OBJETIVOS

Antes de analizar en profundidad los objetivos que se pretenden conseguir con este trabajo, vamos a plantear la hipótesis del estudio en la que nos basamos para llevar a cabo nuestra investigación y posterior desarrollo de la propuesta didáctica.

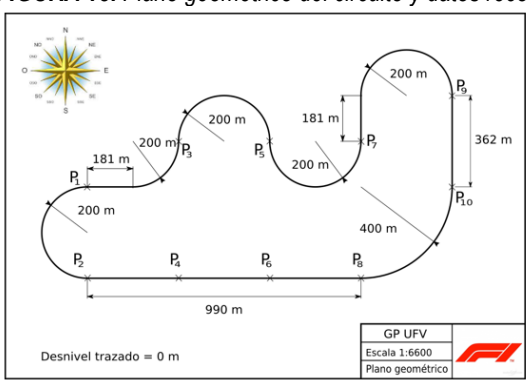
La hipótesis $H$ de trabajo que nos planteamos para realizar un primer intento de abordar dicho fenómeno es la siguiente:

> $H$: El desarrollo de un REI que parta de la cuestión $Q$ enfocada a una necesidad real basada en su futuro profesional, permitirá que los estudiantes de ingeniería doten de significado al trabajo de un campo vectorial mediante integrales de línea.

La cuestión $Q$, que nos referiremos a ella como la cuestión generatriz del estudio, es la que se muestra a continuación:

> $Q$: La Federación Internacional de Automovilismo (FIA) ha aprobado un nuevo circuito para la siguiente temporada de Formula 1. La organización ha enviado el plano del circuito a las distintas escuderías que participan en la carrera. Dichas escuderías necesitan saber **cuál es el trabajo realizado por el viento en cada tramo a lo largo del circuito** y, para ello, han colocado anemómetros en los puntos que se indican en el plano geométrico recogiendo la velocidad del viento y su orientación.

***FIGURA 13.*** *Plano geométrico del circuito y datos recogidos por los anemómetros*




| *P* | Vel (m/s) | Orientación |
|---|---|---|
| 1 | 20 | Este |
| 2 | 20 | Este |
| 3 | 17 | Este |
| 4 | 17 | Este |
| 5 | 16 | Este |
| 6 | 16 | Este |
| 7 | 13 | Este |
| 8 | 13 | Este |
| 9 | 12 | Este |
| 10 | 12 | Este |

Fuente: Elaboración propia

A partir del proceso de estudio que se generará mediante el planteamiento de la cuestión $Q$ anterior, cuya metodología describiremos más adelante, pretendemos conseguir los siguientes objetivos:

- Los alumnos, mediante la búsqueda y validación de la información recogida para dar respuesta a la cuestión generatriz, dotarán de razón de ser lo recogido al nacer de una cuestión que se les ha planteado previamente.
- Dado que la búsqueda de las respuestas se realizará de manera grupal, pretendemos fomentar el trabajo en equipo en una disciplina como el cálculo multivariable, comúnmente trabajada de forma autónoma.
- Como la cuestión $Q$ se les plantea sin haber mostrado a los estudiantes los conceptos necesarios para las posibles respuestas a $Q$, pretendemos abordar el fenómeno del aplicacionismo y fomentar la autonomía e iniciativa de los estudiantes en labores de investigación.
- Dado que la respuesta a $Q$ no es cerrada ni única, los estudiantes trabajarán sobre distintos métodos de modelización matemática para argumentar dicha respuesta.

Debido a que nuestro trabajo es un primer diseño de una propuesta didáctica, formando parte de una investigación más compleja y que se llevará a cabo en futuras investigaciones, no descartamos el cumplimiento de otros objetivos secundarios que analizaremos una vez obtenidos los resultados de dicha aplicación.

## 3. METODOLOGÍA

La metodología que se seguirá a lo largo de nuestra organización didáctica (OD) es la siguiente:

- Trabajo de investigación por parte de los alumnos se realizará en grupos de 3 o 4 personas asignados previamente de forma aleatoria.

- Cada grupo tiene acceso a un documento en el Aula Virtual en el que anotarán diariamente los descubrimientos asociados a cada sesión de trabajo.
- El profesor actúa como guía de estudio de las cuestiones planteadas en las sesiones, orientando y coordinando la búsqueda de las respuestas posibles en función del avance de dicha investigación.
- Al finalizar cada sesión el profesor y los estudiantes, es decir, toda la comunidad de estudio valida el camino buscado en la investigación o, en su defecto, planteará las cuestiones de confirmación, es decir, aquellas cuya respuesta permite a los estudiantes decidir el camino a seguir.
- Finalizada la OD, cada grupo elabora un informe evaluable especificando las respuestas a Q obtenidas y el proceso para obtenerlas. Después, toda la comunidad de estudio las validará para una mejor comprensión por parte de todos.

La organización matemática (OM) que pretendemos sea elaborada por los estudiantes en dicha OD son las *integrales de línea* dentro del cálculo multivariable, contenido impartido en 2º curso del GISI de la UFV de Madrid, que es donde pretendemos llevar a cabo la aplicación en el curso 2022 – 2023.

Basaremos la OD en el modelo del diseño de tareas dentro del marco de la TAD (García, Barquero, Florensa, & Bosch, 2019). Se parte de una cuestión generatriz $Q$ que es el motor del proceso, generando una serie de cuestiones derivadas $Q_i$. El estudio de estas cuestiones se realiza de forma compartida y colaborativa para encontrar posibles respuestas $R$ a $Q$ y $R_i$ a $R_i$, culminando el proceso una vez validadas las respuestas por toda la comunidad de estudio, es decir, todos los estudiantes y el profesor.

Una parte importante a la hora de diseñar un REI o una OD es ser conscientes de las restricciones que existen a la hora de su aplicación, lo que en la TAD se clasifican como restricciones ecológicas, económicas e institucionales, que intentaremos abordar más adelante.

Nuestro objetivo a largo plazo sería desarrollar toda la disciplina de Cálculo Multivariable a partir de cuestiones o tipos de tareas que permitan dar significado a todas las nociones que propone el currículo de dicha disciplina. La OD que hemos desarrollado partirá de la cuestión generatriz$Q$, ya explicitada en la sección anterior. La OM que se pretende estudiar corresponde a uno de los cinco temas que componen el cálculo multivariable a impartir en un cuatrimestre.

Debido a la restricción institucional de la temporalización, nos podemos ver obligados a diseñar la OD de dos formas distintas:

- A través de 5 sesiones de 1,5 h (2 sesiones por semana) siguiendo la temporalización reservada para dicha OM dentro de las clases lectivas de la asignatura. En este caso, la aplicación del REI se llevará a cabo a lo largo de 3 semanas de dedicación plena en cuanto a la asignatura se refiere.
- Mediante 8 sesiones de 1 h a la semana de forma paralela al desarrollo de la asignatura lo que implicaría una temporalización de unas 8 semanas de dedicación parcial en cuanto a la asignatura se refiere.

Como vimos en la sección anterior, $Q$ tiene un enfoque claramente automovilístico debido a las características del centro universitario donde queremos desarrollar la OD, instalado en el Motor Sport Institute. En el mismo edificio se realiza como actividad principal el diseño y puesta a punto de vehículos de automoción para la alta competición.

La parte de la OM que se pretende que desarrollen los estudiantes se enmarca en el *Tema 5: Integrales de Línea*. Por ello, si la OD se desarrolla dentro de las clases lectivas de la asignatura, la cuestión $Q$ se planteará una vez finalizado el *Tema 4: Integrales de Superficie.*

***FIGURA 14.*** *Esquema curricular en el que se ubica nuestro REI*

Fuente: Elaboración propia

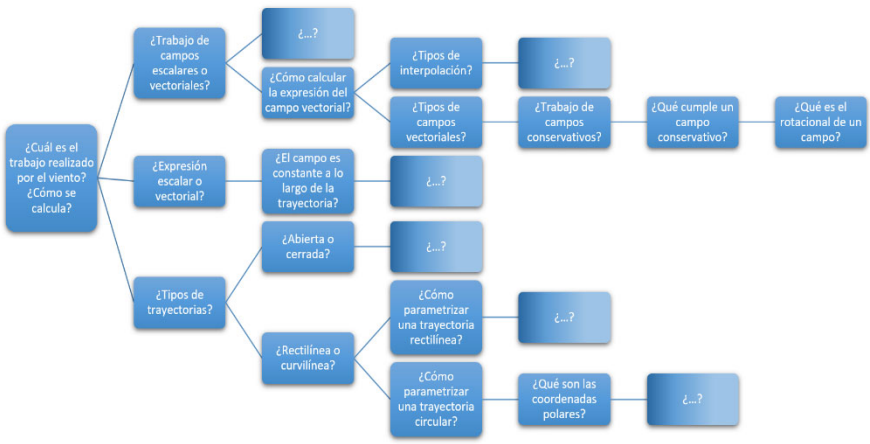
Nuestra intención es que los estudiantes lleguen a la OM que define el *trabajo generado por campos vectoriales* haciendo uso de la noción de *integrales de línea* que se define como:

$$W = \int \vec{\boldsymbol{F}} \cdot \overrightarrow{\boldsymbol{dr}} = \int \vec{\boldsymbol{F}}\,[\vec{\boldsymbol{r}}(t)] \cdot \vec{\boldsymbol{r}}'(t)\,dt$$

"Siendo $\vec{\boldsymbol{F}}[\vec{\boldsymbol{r}}(t)]$ el campo vectorial en la trayectoria $\vec{\boldsymbol{r}}(\boldsymbol{t})$ parametrizada en la variable $t$, y $\vec{\boldsymbol{r}}'(t)$ el vector tangente en cada punto de la trayectoria $\vec{\boldsymbol{r}}(t)$" (Mora Flores, 2019, p. 416)

Para poder dar una respuesta adecuada y significativa, hemos pensado en los contenidos necesarios que deben trabajar los estudiantes para poder elaborar $R$ y otros que puedan surgir en el estudio que, tras su validación, se descarten. Para ello, hemos elaborado previamente un *mapa de cuestiones* que contiene un análisis *a priori* de las cuestiones derivadas de $Q$ con la idea de intentar predecir el proceso de estudio de los estudiantes.

***FIGURA 15.*** *Mapa de cuestiones*




Fuente: Elaboración propia

No obstante, en cada una de las sesiones se irán registrando las cuestiones que son planteadas en los estudiantes de forma que, cada aplicación del REI, el mapa de cuestiones se retroalimente y se asemeje a las cuestiones realmente tratadas generándose así nuevas versiones del mapa.

En la primera sesión, se les plantea la cuestión $Q$ y se les explica la dinámica de trabajo. Todos los alumnos deben disponer de dispositivos electrónicos para la búsqueda de información, más allá de la bibliografía recomendada, a recopilar en los archivos compartidos.

Todas las sesiones, exceptuando la última, pueden desarrollarse con la siguiente estructura: durante la primera mitad de la sesión, los alumnos buscan y elaboran la información sobre las cuestiones planteadas, mientras que, en la segunda mitad, los representantes de cada grupo exponen por turnos lo recogido. Dicha información debe ser debatida por la comunidad de estudio. Mediante el uso de las pertinentes cuestiones de confirmación, que comentaremos más adelante, la intención es provocar que los propios estudiantes decidan el camino que realmente se busca. La información obtenida se va recopilando *in situ* a la vez que se va exponiendo para tener un esquema con los avances realizados en cada sesión.

Durante la última sesión, se reconstruyen todas las OM encontradas en las sesiones anteriores profundizando en aquellas cuya comprensión resultó más difícil. Para que los alumnos trabajen las técnicas descubiertas y den respuesta a $Q$.

Las características de la institución donde implementar una OD juegan un papel fundamental. El proyecto formativo, que promueve la UFV, denominado "Formar para transformar", no solo hace totalmente compatible la implementación de un REI, sino que considera explícitamente que la forma de llevar a cabo el estudio está muy relacionada con la metodología didáctica de los REI.

Dado el carácter abierto y la libertad en la búsqueda de información que tiene nuestro REI, la mayor complejidad que nos podemos encontrar es en la cantidad de conceptos que se pueden llegar a abordar a lo largo del proceso de estudio. Esta cantidad de información que podemos tratar estará limitada por la restricción institucional referente a la temporalización asignada a la OD.

Previamente a la aplicación, hemos diseñado uno o varios recorridos posibles que pueden desarrollar los estudiantes desde el momento en el que se les plantea la cuestión generatriz $Q$ hasta enlazar con los conocimientos con los que parten los estudiantes desde el inicio del REI. Algunos

de los elementos que forman parte de la OM que pretendemos desarrollar y que los estudiantes deben reconstruir para responder a $Q$ se recogen en la fig. 16 y que analizamos a continuación.

***FIGURA 16.*** *Reconstrucción de los elementos de la OM que dan una posible respuesta a Q*

DEFINICIÓN DE TRABAJO $\Rightarrow$ $\boxed{W = \int_C \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_C \vec{F}[\vec{r}(t)] \cdot \vec{r}'(t) \cdot dt}$ $\rightsquigarrow$ Forma INTEGRAL

$\boxed{W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha}$

↳ Forma ESCALAR: Para F y α cte en Δr

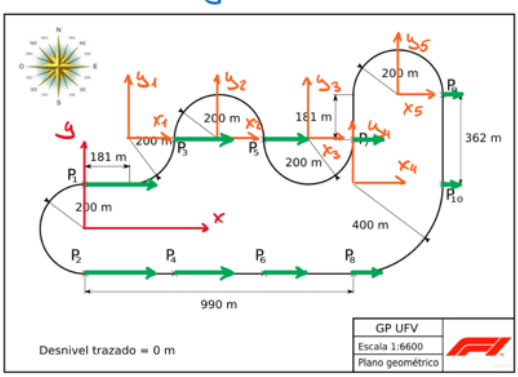
PARAMETRIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA

- Tramos RECTILÍNEOS $\rightsquigarrow$ Ecuación vectorial $\Rightarrow$ $\boxed{\vec{r}(t) = P + t\,\vec{u}}$
- Tramos CIRCULARES $\rightsquigarrow$ Ec. coordenadas POLARES

$\boxed{\vec{r}(t) = (x_0 + R\cos t)\vec{i} + (y_0 + R\sin t)\vec{j}}$ R: Radio trayectoria; $(x_0, y_0)$: Centro de la trayectoria

Elección arbitraria de los ejes

* Mismos ejes para todo el circuito $\rightsquigarrow$ Origen en $M_{APZ}$, p.e
* Cambiando el origen al centro de cada tramo circular usando uno de para todos los tramos rectilíneos




Una vez elegido el sist. de referencia, se calcula la parametrización de cada tramo $\vec{r}_i(t)$ y su correspondiente $\vec{r}_i'(t)$

* Dominio de $t_i \in [t_0, t_1]$

$\vec{r}(t_0) \rightsquigarrow$ Pto inicial

$\vec{r}(t_1) \rightsquigarrow$ Pto final

(De cada tramo)

EXPRESIÓN ALGEBRAICA DEL CAMPO VECTORIAL (Viento)

| P | Vel (m/s) | Orientación |
|---|---|---|
| 1 | 20 | Este |
| 2 | 20 | Este |
| 3 | 17 | Este |
| 4 | 17 | Este |
| 5 | 16 | Este |
| 6 | 16 | Este |
| 7 | 13 | Este |
| 8 | 13 | Este |
| 9 | 12 | Este |
| 10 | 12 | Este |

* Dado que siempre tiene dirección "ESTE", se puede suponer que solo tendrá componente $\vec{i}$
* El viento es cte en los puntos que están en la misma vertical $\Rightarrow$ Solo varía en Horizontal
* La variación parece "LINEAL" pudiendo usar los puntos $P_1$ y $P_{10}$ para sacar $\vec{V}(x, y, z) = \vec{V}(x)$ o con ajuste lineal usando todos los puntos

$\boxed{\vec{V}(x) = (mx + n)\vec{i}}$

Valor del campo V(x) en cada punto de la trayectoria $\rightsquigarrow$ $\boxed{\vec{V}[\vec{r}_i(t)]}$

CÁLCULO INTEGRAL $\rightsquigarrow$ Integrales inmediatas de 3 tipos:

* POLINÓMICAS
* POTENCIALES
* TRIGONOMÉTRICAS

Fuente: Elaboración propia

Es de esperar que inicialmente los estudiantes busquen la definición de trabajo, pudiendo encontrar tanto la expresión en su forma integral, la cual queremos que desarrollen como la expresión en su forma escalar ya conocida previamente por los estudiantes a lo largo de su formación académica. Para que los estudiantes descarten la forma escalar, se hace uso de las cuestiones de confirmación que comentamos anteriormente como, por ejemplo, *¿La forma escalar sirve para el cálculo del trabajo de campos vectoriales que no sean constantes a lo largo de la trayectoria?* La búsqueda a esta respuesta debería permitir a los estudiantes desechar la forma escalar validando la forma integral como la idónea para poder dar respuesta a $Q$. Analizando cada término de la forma integral, deberán buscar a qué hace referencia $\vec{r}(t)$ (parametrización de la trayectoria) y $\vec{F}[\vec{r}(t)]$ (expresión algebraica del campo vectorial en cada punto de la trayectoria $\vec{r}(t)$).

Por un lado, en cuanto a la parametrización de las trayectorias que aparecen en el circuito, es de esperar que los estudiantes detecten los dos tipos de tramos que aparecen: *rectas* y *arcos de circunferencia*. En base a la formación matemática básica que deben poseer los estudiantes en el nivel en el que se aplica el REI, sabrán que las rectas pueden ser descritas por su ecuación vectorial y/o paramétricas, pero la parametrización de las circunferencias posiblemente deberá ser buscada hasta dar con las coordenadas polares que se indican, aunque no sea la única forma de parametrizar dichos arcos ya que podrían recurrir a la ecuación de la circunferencia en cartesianas: $(x - x_o)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$ asignando $x = t$.

Para la obtención de cada una de las parametrizaciones deberán elegir un sistema de referencia arbitrario evidenciando que dicha elección debe ser irrelevante para el resultado final. Posteriormente a la obtención de las parametrizaciones, no debería haber problema en el cálculo de $\vec{r}'(t)$ y el dominio de $t$ para cada tramo.

Por otro lado, en la obtención de la expresión algebraica del campo vectorial que describe el viento entra en juego, en un papel más destacable, la modelización matemática, ya que los estudiantes podrían recurrir a varias formas de obtener la expresión matemática. Tras la observación, en base a los datos proporcionados, de que el viento solo tiene

componente Este (dirección $\vec{\imath}$) y que su intensidad varía de forma aproximadamente lineal en aquellos puntos cuya coordenada horizontal es distinta, los estudiantes pueden llegar a una expresión como $\vec{V}(x, y) = (mx + n)\vec{\imath}$, pero la forma de obtener de los parámetros $m$ y $n$ puede ser distinta como, por ejemplo:

- Realizando un ajuste lineal de la nube de puntos
- Obteniendo la recta que une los puntos $P_1$ y $P_{10}$ a pesar de que los puntos intermedios no coincidan.

A lo largo del REI se darán situaciones como la anterior, en las que el docente guiará a los alumnos por una u otra metodología que quiera que desarrollen en función de las restricciones existentes en el momento en el que se desarrolla el REI.

Tras la obtención de las distintas parametrizaciones junto con la expresión matemática que describe el campo, los estudiantes de deberán enfrentar al cálculo de la integral en una variable. Los tipos de integrales que con más probabilidad pueden aparecer son las *polinómicas, potenciales, trigonométricas* o de cualquier otro tipo en función de las parametrizaciones realizadas las cuales, en su mayoría, se pueden obtener de forma inmediata, por partes o por cambio de variable. Aquí el docente también tiene la posibilidad de introducir el concepto de *integración numérica* con metodologías como la del *trapecio*, etc en función los intereses que se persigan en ese momento.

## 4. DISCUSIÓN

En este trabajo hemos partido de la premisa de que el fenómeno del aplicacionismo está presente en la formación universitaria de los grados de ingeniería y, tras el análisis de algunas guías docentes de universidades en las que se imparten la disciplina objeto de estudio, se detectan los distintos indicadores en los que varios investigadores basan la existencia de este fenómeno.

La TAD entiende que la actividad matemática nace de la necesidad de responder a cuestiones humanas que en algún momento han sido

planteadas y, por ello, es fundamental el momento en el que se plantea la cuestión $Q$ a los estudiantes. De otra forma, caeríamos de nuevo en el monumentalismo y el paradigma de la visita de las obras.

Para el diseño de la cuestión $Q$ es fundamental apoyarse en un mapa de cuestiones que proporcione al profesor un posible recorrido de los estudiantes para plantear las pertinentes cuestiones de confirmación y los elementos de la OM que se pueden desarrollar.

Lo último que hemos analizado es uno de los posibles caminos que pueden tomar los estudiantes. Es evidente que, no solo cada clase, sino que, cada grupo de estudiantes seguirá un recorrido distinto y puede no coincidir exactamente con el descrito, pero sí en su mayoría.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La aplicación de la OD que planteamos en este trabajo en forma de REI abre un abanico de posibilidades para que los estudiantes desarrollen una gran cantidad de contenidos matemáticos. La gran versatilidad que existe en el momento de diseñar $Q$ hace que podamos trabajar más o menos elementos de una OM concreta en función de las restricciones que tengamos en el momento de la aplicación. Cuanta menos información (datos) se proporcionen en $Q$, más abierta podrá ser su respuesta $R$ y viceversa. Si la restricción temporal de la institución fuera muy fuerte, también se podría proporcionar una $Q$ cuya respuesta fuera cerrada y única, pero estaríamos hablando de lo que en la TAD se conoce como una Actividad de Estudio e Investigación (AEI) y no un REI al no existir la posibilidad de debatir entre varias respuestas posibles.

La elección y el diseño de la cuestión generatriz $Q$ es fundamental, ya que también debe ser lo suficientemente motivadora para que promueva una investigación matemática por parte de los estudiantes. Durante la actividad se pueden detectar ciertas restricciones en los estudiantes como la falta de autonomía e iniciativa en la investigación, actitud precisamente heredada del paradigma de la visita de las obras y como ya ha detectado varios investigadores en aplicaciones similares.

Como ya hemos comentado, el mapa de cuestiones elaborado previamente por el profesor debe ser alimentado por las cuestiones que realmente han surgido en los estudiantes a lo largo del REI para tener presente las posibles variantes en los caminos elegidos por los estudiantes en futuras aplicaciones.

En cuanto al planteamiento de las cuestiones de confirmación para validar o descartar información recogida por los estudiantes, lo idóneo sería que nacieran de los estudiantes, pero podría ralentizar el desarrollo de la actividad. En función de la restricción temporal, el docente puede plantearlas a los estudiantes una vez que localizan la información a validar o descartar. De esta forma se puede acelerar el proceso, pero el significado del concepto tratado en ese momento perdería cierto valor.

La gran pregunta que se hacen los estudiantes en la gran mayoría de las disciplinas matemáticas es: "*¿Y esto para qué vale?*" Por ello, planteando las cuestiones pertinentes, los estudiantes pueden saber para qué se usa el concepto localizado en ese momento. En base a esto y como propuesta para futuras investigaciones se pretende desarrollar un REI o varios con los que se puedan dotar de razón de ser a gran parte del currículo o de toda la disciplina impartida en dicha institución.

## 6. BIBLIOGRAFÍA


Apostol, T. M. (2002). *Calculus (Vol. II): Cálculo con funciones de varias variables y álgebra lineal, con aplicaciones a las ecuaciones diferenciales y a las probabilidades* (7.ª ed.). Reverte. Barcelona, España.

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2007). Ecología de la modelización matemática: Restricciones transpositivas en las instituciones universitarias. *2e congrès TAD*, (págs. 1-22). Barcelona.

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2011). ECOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA: LOS RECORRIDOS DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN. *ResearchGate*.

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 83-100.

Curbeira, D., Bravo, M. d., & Bravo, G. (2013). LA FORMACIÓN INICIAL DE HABILIDADES PROFESIONALES DEL INGENIERO INDUSTRIAL DESDE EL CONTEXTO DE LA MATEMÁTICA. *Ciencia y Sociedad*, 377-403.

Florensa, I., Bosch, M., Gascón, J., & Winslow, C. (2018). Itinerarios de estudio e investigación: una nueva herramienta para el diseño y la gestión del aprendizaje basado en proyectos en ingeniería. *Revista internacional de educación en ingeniería*, 1848-1862.

García, F. J., Barquero, B., Florensa, I., & Bosch, M. (2019). Diseño de tareas en el marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico. *AIEM - Avances de Investigación en Educación Matemática*, 75-94.

Mora Flores, W. (2019). *Cálculo en varias variables.* Costa Rica: Revista digital Matemática, Educación e Internet.

Ortigoza, C. (2006). Currículum: Diseño, desarrollo y evaluación en la educación superior.

Plaza, L. F., & Villa-Ochoa, J. A. (2019). Obstáculos detectados en la formación matemática de ingenieros. Una revisión de literatura. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 223-241.

RAE. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de RAE: https://dpej.rae.es/lema/ingenier%C3%ADa

Romo-Vázquez, A. (2014). La modelización matemática en la formación de ingenieros. *Educación matemática*, 314-338.

Trejo, E., Camarena, P., & Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, 397-424.

Vázquez. (2012). ¿Qué ingenieros necesita México? *Innovación Educativa*, 125-136.

CAPÍTULO 6

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN INTEGRAL EN INGENIEROS

PEDRO VIVAS CABALLERO
*Universidad Francisco de Vitoria*

JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
*Universidad Francisco de Vitoria / Universidad a Distancia de Madrid*

ANTONIO NARANJO REDONDO
*Schiller International University*

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo pretendemos realizar un breve análisis sobre el tipo de actividades que se trabajan en la formación matemática de ingenieros en los grados universitarios de algunas de las universidades de Madrid en las que se imparte. Este análisis se realizará en base a investigaciones amparadas bajo el marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) y de cómo se entiende la actividad matemática desde este punto de vista.

Haremos un repaso de algunos de los libros de texto recomendados en las bibliografías de las disciplinas matemáticas impartidas en los grados de ingeniería, profundizando en las actividades matemáticas que se les plantean a los estudiantes y en cómo pretenden los autores que se desarrollen dichas actividades.

Para realizar, de forma breve, un repaso del marco teórico en el que centramos nuestra investigación se podría afirmar que la TAD nace a raíz de los trabajos realizados por Yves Chevallard en los que se plantea la *transposición didáctica* (Chevallard, 1985) en la enseñanza de las matemáticas dándole, de forma posterior, un *enfoque antropológico en didáctica* (Chevallard, 1999) a la propia actividad matemática. Guy

Brousseau planteó la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) donde se inaugura el *programa epistemológico* en didáctica de las matemáticas y seguido por Josep Gascón (1998) quien muestra la diferencia con respecto a las investigaciones existentes hasta la fecha en las condiciones y difusión de *la actividad matemática que se lleva a cabo en las diferentes instituciones*. En base a esto, se pudo definir la didáctica de las matemáticas como la *"ciencia de las condiciones específicas de la difusión (impuesta) de los saberes matemáticos útiles para las personas y las instituciones humanas"* (Brousseau, 1994).

El programa epistemológico se centra en los objetos matemáticos que son enseñados o se quieren enseñar a los estudiantes y no en las adversidades que tienen cuando aprenden matemáticas o en las que tienen los docentes cuando las enseñan, objetos de estudio de las investigaciones previas existentes hasta la fecha.

## 1.1. PRAXEOLOGÍA. CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO

Para analizar los distintos objetos matemáticos que se desarrollan en los centros educativos y, más concretamente, en las disciplinas matemáticas a nivel universitario, la TAD propone un *modelo de la actividad matemática* y un *modelo del proceso de enseñanza y aprendizaje* de las matemáticas basados en la noción de *praxeología* (Ruiz, 2010). En dicho modelo se considera que *"hacer matemáticas"* está formado por la actividad matemática, referente al proceso en el que se estudian los problemas, y el saber matemático construido, correspondiente al resultado de dicho proceso. Ambos elementos conforman la *praxeología* u *Organización Matemática* (OM).

Por lo tanto, la praxeología conjuga dos bloques indivisibles en la construcción del conocimiento matemático:

- *Praxis,* que hace referencia a la práctica de las matemáticas y que está formado por dos componentes: *tareas* ($T$) o *tipos de problemas* que se realizan y las distintas *técnicas* ($\tau$) que se utilizan para resolverlas.

- *Logos,* que hace referencia al marco en el que se ampara y argumenta la praxis matemática. Este logos está compuesto por dos niveles: la *tecnología* $(\theta)$ en la que se amparan las técnicas usadas en la praxis, y la *teoría* $(\Theta)$ que justifica cada una de las tecnologías.

Para una mejor compresión de cada uno de los componentes que forman la praxeología, vamos a explicaros brevemente:

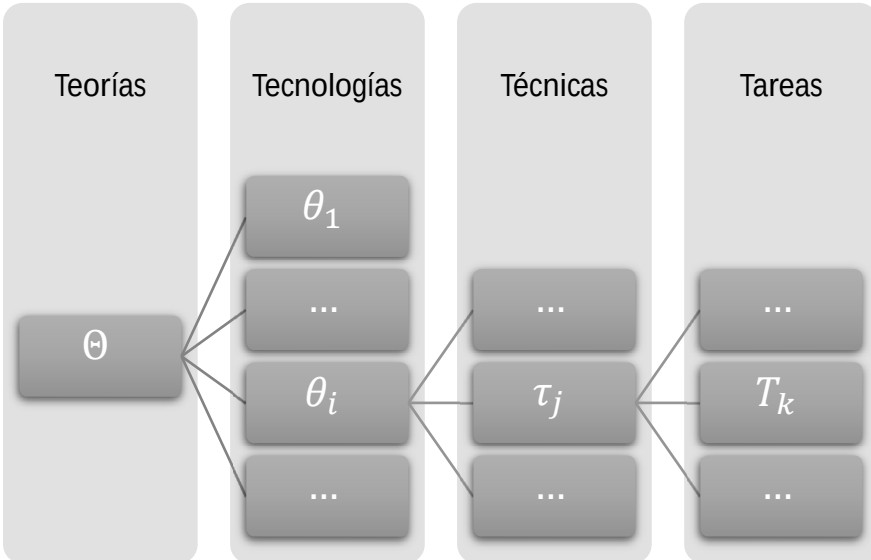
- *Tareas* $(T)$: Se tratan de los tipos de problemas o cuestiones planteadas en una determinada institución que pueden ser abordadas o respondidas por una serie de técnicas justificadas por una o varias tecnologías. Las tecnologías justificantes pueden pertenecer a distintas teorías siendo todas ellas válidas para responder a la tarea o cuestión planteada.

- *Técnicas* $(\tau)$: Se trata de la manera sistemática y resolutiva que precisa la OM que se pretende desarrollar en el abordaje de un determinado tipo de tareas $T$. Es importante hacer la comparativa entre varias técnicas por razones de fiabilidad o ámbito de aplicabilidad. No obstante, en cada institución suele existir una determinada técnica "privilegiada" considerándola como la única forma de contestar a ese tipo de tareas provocando la exclusión de otras técnicas alternativas que podrían responder a $T$

- *Tecnología* $(\theta)$: Hace referencia al discurso que justifica y hace entender la técnica además de dar la posibilidad de que dicha pueda ser modificada, cambiada o generando técnicas nuevas bajo su argumentación. Las tareas "privilegiadas" de las instituciones en las que éstas existen toman un carácter auto tecnológico sin justificación aparente, ya que dicha tecnología está integrada en la propia técnica, sin considerar ninguna otra.

- *Teoría* $(\Theta)$: Se trata del discurso matemático genérico, abstracto y suficientemente amplio que justifica e interpreta una o varias tecnologías, cada una de ellas asociada a una determinada técnica, siendo la relación entre técnica y tecnología análoga a la relación existente entre tecnología y teoría.

***FIGURA 17.*** *Componentes de una praxeología*




Fuente: Elaboración propia

Consideremos el siguiente ejemplo. En una determinada institución se plantea la tarea $T$ o cuestión de obtener el beneficio máximo de una empresa dada por la expresión algebraica $B(x)$. Para responder a esta tarea existen una serie de técnicas, de las cuales vamos a considerar dos de ellas:

- $\tau_1$: Calculando el valor numérico $B(x_i)$ en el intervalo considerado y comparando para qué valor $x_M$ de los $x_i$ usados corresponde al mayor valor numérico de los obtenidos.
- $\tau_2$: Calculando la derivada $B'(x)$ de la función e igualando a cero obteniendo el punto crítico $x_M$

Las tecnologías que justifican cada una de estas dos técnicas serían:

- $\theta_1$: La elección del $x_M$ se basa en la definición de concepto de máximo en el que se cumple que $B(x_i) < B(x_M)$.
- $\theta_2$: Dicha técnica se basa en que la derivada de una función $B'(x)$ en un punto $x_i$ es la pendiente de la recta tangente a la función $B(x)$ en dicho punto, siendo en $x_M$ la recta tangente horizontal de pendiente nula.

Ambas tecnologías podrían estar argumentadas bajo las teorías siguientes:

- $\Theta_1$: Las pendientes de las rectas secantes a la función $B(x)$ en dos puntos de ésta cumple:

$$m^- = \frac{B(x_{i=M}) - B(x_{i-1})}{x_{i=M} - x_{i-1}} > 0$$

$$m^+ = \frac{B(x_{i=M}) - B(x_{i+1})}{x_{i=M} - x_{i+1}} < 0$$

- $\Theta_2$: Definiendo $h = x_i - x_{i-1} = x_{i+1} - x_i$, la derivada se define como:

$$B'(x_M) = \lim_{h \to 0} \frac{B(x_M + h) - B(x_M)}{h} = 0$$

Como se puede observar y salvando las distancias, podrían considerarse que las tecnologías se basan en una misma teoría[1].

Los distintos elementos analizados que conforman una praxeología son relativos tanto a la institución considerada como al propio objeto matemático desarrollado. Siguiendo con el ejemplo anterior, si la tarea planteada por la institución fuera la obtención de la pendiente de la recta tangente a $B(x)$ en un determinado punto, $\Theta_2$ pasaría de teoría a tecnología necesitando ésta una justificación teórica de nivel superior.

Una vez definida la noción de praxeología y el nivel de relatividad que poseen, se puede hacer una clasificación de éstas según el grado de complejidad creciente como introdujo Chevallard (1999):

- *Puntuales:* Generadas por un único tipo de tareas $T$ asociadas a una determinada técnica $\tau$.
- *Locales:* Integradas por aquellas praxeologías puntuales que se pueden justificar a través de una tecnología $\theta$.
- *Regionales*: Obtenidas por la integración de diversas praxeologías locales alrededor de una teoría matemática común $\Theta$.

[1] Se han prescindido de definiciones matemáticas rigurosas al no tratarse del objetivo perseguido con el ejemplo. Tan solo se han proporcionado definiciones orientativas.

- *Globales*: Surgidas de la integración de praxeologías regionales referentes a distintas teorías.

## 1.2. LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA SEGÚN LA TAD

Desde los inicios de la TAD, no se concibe la actividad matemática o el "hacer matemáticas" sin el uso de la modelización matemática siendo toda actividad matemática capaz de poder ser interpretada mediante un proceso de modelización. En torno a un sistema, que ha sido identificado en una actividad matemática, se pueden formular cuestiones que motiven la generación y construcción de modelos que permitan la obtención de respuestas a las cuestiones generatrices.

El proceso de modelización, en el que intervienen tanto un sistema matemático o extra-matemático como un modelo matemático del propio sistema, se puede describir en tres etapas:

- 1. Se define el sistema a estudiar mediante la asignación simbólica de las variables intervinientes.
- 2. Se construye el modelo propiamente dicho asignando las relaciones entre las variables consideradas en la etapa anterior.
- 3. Se trabaja sobre el modelo obtenido para construir el conocimiento matemático esperado del sistema siendo, esta etapa, la de trabajo matemático que las anteriores.

En este modelo del proceso de enseñanza y aprendizaje, que es generado por el sistema con el cual se pretende desarrollar una determinada praxeología u OM a través de una Organización Didáctica (OD), se pueden detectar una serie de *momentos didácticos* independientes a lo largo de la OD y que fueron introducidos por Chevallard (1999, pp. 250-255):

- $M_1$: El *momento del primer encuentro* con la OD que consiste en localizar la praxeología a través de un tipo de tareas.

- $M_2$: El *momento exploratorio* y de *elaboración de una técnica* relativa a un tipo de tarea a partir de la cual una técnica más desarrollada pueda emerger.

- $M_3$: El *momento tecnológico-teórico* en el que se establece la relación del entorno tecnológico-teórico con la técnica

elaborada. En las metodologías de enseñanza tradicionales basadas en el monumentalismo y aplicacionismo, este momento suele ser el primero del proceso de estudio.

- $M_4$: El *momento del trabajo de la técnica* con el objetivo de dominarla y refinarla, cuando la OD así lo requiera, haciéndola más eficaz y fiable.
- $M_5$: El *momento de la institucionalización* correspondiente a distinción de aquellos elementos localizados que formen, o no, parte de la OM en desarrollo y posterior reconstrucción.
- $M_6$: El *momento de la evaluación* correspondiente al instante donde se examina lo aprendido en base a qué resultados se pueden garantizar, cómo se debe continuar el estudio, etc.

Para que la actividad de modelización matemática se pueda dar el desarrollo de las OM, en el marco de la TAD se definen una serie de herramientas para el diseño de procesos de estudio denominados los Recorridos de Estudio e Investigación (REI). Dichos procesos se inician a través del planteamiento de una cuestión generatriz $Q$ de interés real para los estudiantes y cuya respuesta $R$ requiera del uso de una OM todavía desconocida para ellos. Es, por ello, que se generarán una serie de cuestiones secundarias derivadas de $Q$ cuyas posibles respuestas y su posterior reconstrucción desarrollen la OM. Investigadores como García, Barquero, Florensa, & Bosch (2019) definen las características de un REI y la manera de diseñarlo.

## 1.3. BREVE ANÁLISIS DEL MODELO EPISTEMOLÓGICO DE REFERENCIA (MER)

Una herramienta desarrollada por la TAD y usada por los investigadores es el desarrollo de un MER mediante el cuál se analizan los procesos didácticos llevados a cabo en las instituciones. En nuestro caso, hemos analizado los objetos matemáticos desarrollados en algunos centros universitarios. Para ello, hemos revisado los libros de texto recomendados en la bibliografía de las guías docentes correspondientes a las disciplinas matemáticas de los grados en Ingeniería.

Nos hemos centrado en la unidad didáctica *Integrales de Línea* de uno de los libros de las guías docentes (Mora Flores, 2019) y hemos observado que la modelización matemática no es trabajada por los estudiantes de ingeniería en la formación matemática recibida en los centros universitarios ya que:

- Se presentan los conocimientos sin plantear las cuestiones a las que dan respuesta para después aplicarlos en una serie de ejemplos y ejercicios abstractos (fig. 2).
- Los ejercicios planteados no responden a cuestiones que se hayan planteado los estudiantes previamente (fig. 3).
- Las condiciones cerradas en las que se plantean los ejercicios no promueven la actividad investigadora al poseer soluciones únicas (fig. 4).

***FIGURA 18.*** *Inicio del tema Integrales de Línea*

En el capítulo 4 estudiamos las curvas y sus parametrizaciones. Recordemos que una *trayectoria* $C$ en $\mathbb{R}^n$ es una función continua $\mathbf{r}:[a,b]\to\mathbb{R}^n$. Si la función vectorial $\mathbf{r}$ es continua en $[a,b]$, entonces a la representación gráfica de $\mathbf{r}$ se le llama *curva* y decimos que esta curva esta descrita paramétricamente por $\mathbf{r}(t)$. Escribimos

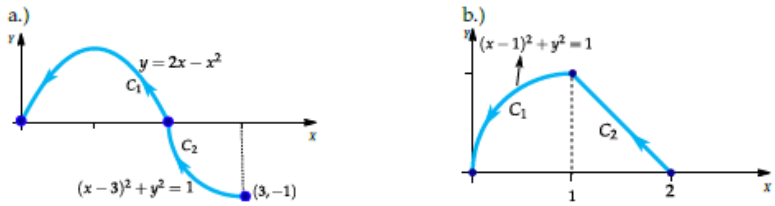
$$C:\ \mathbf{r}(t) \quad \text{con} \quad t\in[a,b]$$

Fuente: Mora Flores, 2019, p. 399

***FIGURA 19.*** *Ejercicios propuestos sin planteamiento de la cuestión*

**Ejercicios**

**9.0.1** Determine una parametrización para cada una de las siguientes curvas.




Fuente: Mora Flores, 2019, p. 406

***FIGURA 20****. Ejercicios propuestos con solución cerrada*

**Ejercicios**

**9.1.1** Calcular la longitud de la curva $C: \ y = \sqrt{x^3}, \ \ x \in [0, 44]$

**9.1.2** Calcular la longitud de la curva $C: \ x = \frac{2}{3}(y-1)^{3/2}, \ \ y \in [1, 4]$.

Fuente: Mora Flores, 2019, p. 409

Con el fin de abordar el fenómeno descrito y para que los estudiantes de los grados de ingeniería desarrollen de forma completa la actividad de modelización matemática, nuestra propuesta es el diseño de un REI, que se enmarca en el tema de Integrales de Línea, para que sea implementada en la formación matemática de ingenieros.

## 2. OBJETIVOS

Antes de analizar en profundidad los objetivos que se pretenden conseguir con este trabajo, vamos a plantear la hipótesis del estudio en la que nos basamos para llevar a cabo nuestra investigación y posterior desarrollo de la propuesta didáctica.

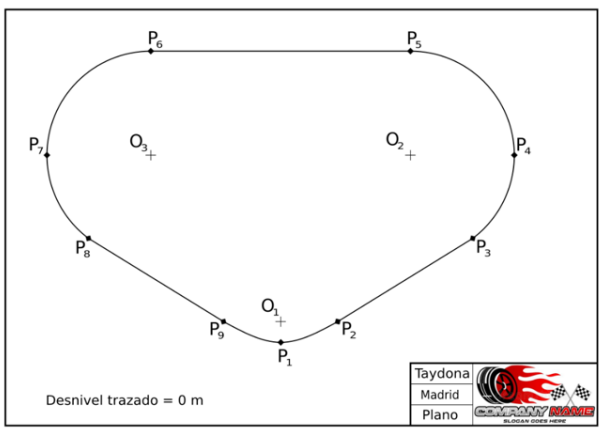
La hipótesis $H$ de trabajo que nos planteamos para realizar un primer intento de abordar dicho fenómeno es la siguiente:

> $H$: El desarrollo de un REI que parta de la cuestión Q enfocada a una necesidad real basada en su futuro profesional, permitirá que los estudiantes de ingeniería doten de significado la longitud de una trayectoria mediante integrales de línea.

La cuestión $Q$, que nos referiremos a ella como la cuestión generatriz del estudio, es la que se muestra a continuación:

> $Q$: La Federación Madrileña de Automovilismo quiere construir un circuito que emule al mítico Daytona Speedway. Para la puesta a punto de los vehículos que participarán en la carrera, los equipos necesitan **averiguar la longitud total del circuito lo más exacta posible**. Para ello, se adjunta un plano provisional del trazado con las coordenadas polares de una serie de puntos tomados desde $O_1$ con una estación total.

***FIGURA 21**. Plano geométrico del circuito y datos recogidos por las estaciones totales*




| $P$ | $\rho\ (m)$ | $\theta\ (°)$ |
|---|---|---|
| 1 | 80,00 | -90,0 |
| 2 | 220,00 | 0,0 |
| 3 | 806,23 | 23,4 |
| 4 | 1104,36 | 35,4 |
| 5 | 1153,95 | 64,3 |
| 6 | 1153,95 | 115,7 |
| 7 | 1104,36 | 144,6 |
| 8 | 806,23 | 156,6 |
| 9 | 220,00 | 180,0 |
| $O_2$ | 812,16 | 52,0 |
| $O_3$ | 812,16 | 128,0 |

Fuente: Elaboración propia

A partir del proceso de estudio que se generará mediante el planteamiento de la cuestión $Q$ anterior, cuya metodología describiremos más adelante, pretendemos conseguir los siguientes objetivos:

- Los alumnos, mediante la búsqueda y validación de la información recogida para dar respuesta a la cuestión generatriz, dotarán de razón de ser las técnicas, tecnologías y teorías descubiertas al nacer de una cuestión que se les ha planteado previamente.

- Pretendemos que a través de técnicas conocidas y/o descubiertas, trabajen la modelización matemática para refinar la respuesta $R$ lo máximo posible.
- Dado que la búsqueda de las respuestas se realizará de manera grupal, pretendemos fomentar el trabajo en equipo en una disciplina como el cálculo multivariable, comúnmente trabajada de forma autónoma.
- Como la cuestión $Q$ se les plantea sin haber mostrado a los estudiantes los conceptos necesarios para las posibles respuestas a $Q$, pretendemos abordar el fenómeno del aplicacionismo y fomentar la autonomía e iniciativa de los estudiantes en labores de investigación.

Dado que nuestro trabajo es un primer borrador de una propuesta didáctica, que forma parte de un estudio más complejo a realizar en futuras investigaciones, no descartamos realizar otras subtareas, que analizaremos una vez que se disponga de los resultados de esta propuesta.

## 3. METODOLOGÍA

La metodología que se seguirá a lo largo del desarrollo del dispositivo didáctico diseñado con los criterios de los REI es la siguiente:

- El trabajo de investigación de los estudiantes se realizará en grupos de 3 o 4 personas asignadas al azar.
- Cada grupo tiene acceso a un documento en el Aula Virtual donde registran los descubrimientos diarios relevantes para cada sesión.
- Los docentes actúan como facilitadores de la instrucción a través de las cuestiones planteadas en el aula, dirigiendo y coordinando la búsqueda de posibles respuestas a partir de los avances de dicha investigación.
- Al final de cada sesión, profesores y estudiantes, es decir, toda la comunidad de estudio, confirman el camino a seguir en la

investigación, o formulan preguntas de confirmación, es decir, aquellas cuyas respuestas permiten a los estudiantes aprender, decidir qué camino seguir.

- Tras la conclusión de la OD, cada grupo elabora un informe de evaluación indicando las respuestas a la cuestión generatriz $Q$ y el proceso para conseguirlas. Posteriormente, toda la comunidad de estudio los aprueba para una mejor comprensión.

La organización matemática (OM) que pretendemos sea elaborada por los estudiantes en dicha OD son las *integrales de línea* dentro del cálculo multivariable, contenido impartido en 2º curso del GISI de la UFV de Madrid, que es donde pretendemos llevar a cabo la aplicación en el curso 2022 – 2023.

Basaremos la OD en el modelo del diseño de tareas dentro del marco de la TAD (García, Barquero, Florensa, & Bosch, 2019). Se parte de una cuestión generatriz $Q$ que es el motor del proceso, generando una serie de cuestiones derivadas $Q_i$. El estudio de estas cuestiones se realiza de forma compartida y colaborativa para encontrar posibles respuestas $R$ a $Q$ y $R_i$ a $R_i$, culminando el proceso una vez validadas las respuestas por toda la comunidad de estudio, es decir, todos los estudiantes y el profesor.

Una parte importante a la hora de diseñar un REI o una OD es ser conscientes de las restricciones que existen a la hora de su aplicación, lo que en la TAD se clasifican como restricciones ecológicas, económicas e institucionales, que intentaremos abordar más adelante.

Nuestro objetivo a largo plazo sería desarrollar toda la disciplina de Cálculo Multivariable a partir de cuestiones o tipos de tareas que permitan dar significado a todas las nociones que propone el currículo de dicha disciplina. La OD que hemos desarrollado partirá de la cuestión generatriz $Q$, ya explicitada en la sección anterior. La OM que se pretende estudiar corresponde a uno de los cinco temas que componen el cálculo multivariable a impartir en un cuatrimestre.

Debido a la restricción institucional de la temporalización, nos podemos ver obligados a diseñar la OD de dos formas distintas:

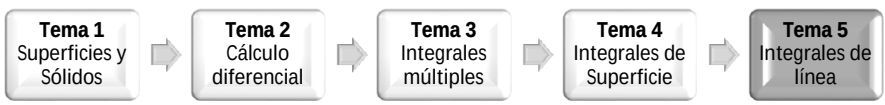
– A través de 5 sesiones de 1,5 h (2 sesiones por semana) siguiendo la temporalización reservada para dicha OM dentro de las clases lectivas de la asignatura. En este caso, la aplicación del REI se llevará a cabo a lo largo de 3 semanas de dedicación plena en cuanto a la asignatura se refiere.

– Mediante 8 sesiones de 1 h a la semana de forma paralela al desarrollo de la asignatura lo que implicaría una temporalización de unas 8 semanas de dedicación parcial en cuanto a la asignatura se refiere.

Como vimos en la sección anterior, $Q$ tiene un enfoque claramente automovilístico debido a las características del centro universitario donde queremos desarrollar la OD, instalado en el Motor Sport Institute. En el mismo edificio se realiza como actividad principal el diseño y puesta a punto de vehículos de automoción para la alta competición.

La parte de la OM que se pretende que desarrollen los estudiantes se enmarca en el *Tema 5: Integrales de Línea*. Por ello, si la OD se desarrolla dentro de las clases lectivas de la asignatura, la cuestión $Q$ se planteará una vez finalizado el *Tema 4: Integrales de Superficie.*

***FIGURA 22.*** *Esquema curricular en el que se ubica nuestro REI*




Fuente: Elaboración propia

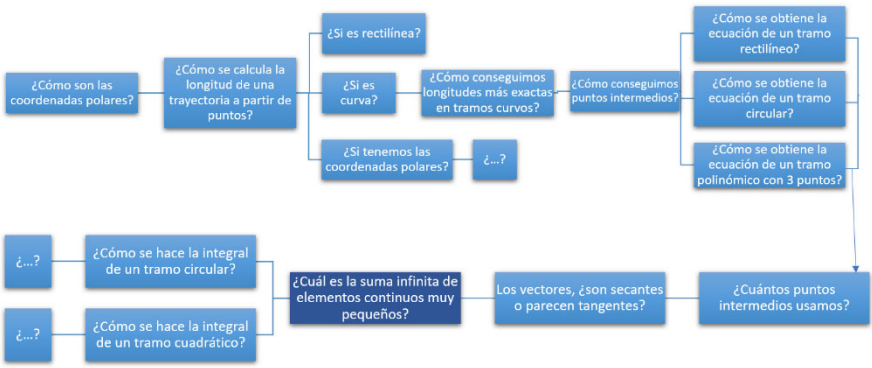
Como objetivo final en el transcurso del REI, pretendemos que los estudiantes desarrollen la OM correspondiente a la *longitud de una trayectoria parametrizada* haciendo uso de las integrales de línea y que se define como:

$$\boxed{L = \int \overrightarrow{\boldsymbol{dr}} = \int \|\vec{\boldsymbol{r}}'(\boldsymbol{t})\| \cdot \boldsymbol{dt}}$$

Siendo la trayectoria $\vec{\boldsymbol{r}}(\boldsymbol{t})$ parametrizada en la variable $\boldsymbol{t}$, y $\vec{\boldsymbol{r}}'(\boldsymbol{t})$ el vector tangente en cada punto de la trayectoria $\boldsymbol{dr}$ (Mora Flores, 2019, p. 408)

Para dar una respuesta completa y significativa, pensamos en los conceptos necesarios que deben trabajar los estudiantes para desarrollar $R$ y en otros que pueden surgir en la investigación y que no formen parte de $R$, los cuales se rechazan después de la pertinente verificación. Para ello, desarrollamos previamente un mapa de cuestiones y respuestas (fig. 7) que incluye un análisis a priori de preguntas que puedan derivar de $Q$ para intentar predecir el recorrido realizado por los alumnos.

***FIGURA 23.*** *Mapa de cuestiones*




Fuente: Elaboración propia

Como hemos comentado, en la fig. 7 se muestran las posibles preguntas que se plantearán los estudiantes durante el REI. Hemos querido resaltar la cuestión *"¿Cuál es la suma infinita de elementos continuos muy pequeños?"* ya que es, en esa cuestión, cuando los estudiantes tomen contacto con la OM objetivo de nuestro REI para después ser tratada matemáticamente.

No obstante, en cada una de las sesiones se irán registrando las cuestiones que son planteadas en los estudiantes de forma que, cada aplicación del REI, el mapa de cuestiones se retroalimente y se asemeje a las cuestiones realmente tratadas generándose así nuevas versiones del mapa.

En la primera sesión, se les plantea la cuestión $Q$ y se les explica la dinámica de trabajo. Todos los alumnos deben disponer de dispositivos electrónicos para la búsqueda de información, más allá de la bibliografía recomendada, a recopilar en los archivos compartidos.

Todas las sesiones, exceptuando la última, pueden desarrollarse con la siguiente estructura: durante la primera mitad de la sesión, los alumnos buscan y elaboran la información sobre las cuestiones planteadas, mientras que, en la segunda mitad, los representantes de cada grupo exponen por turnos lo recogido. Dicha información debe ser debatida por la comunidad de estudio. Mediante el uso de las pertinentes cuestiones de confirmación, que comentaremos más adelante, la intención es provocar que los propios estudiantes decidan el camino que realmente se busca. La información obtenida se va recopilando *in situ* a la vez que se va exponiendo para tener un esquema con los avances realizados en cada sesión.

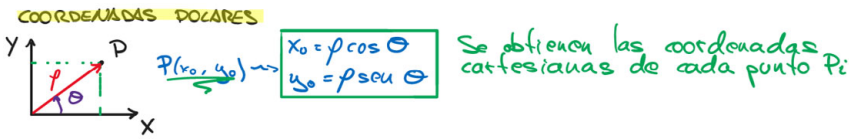
Durante la última sesión, se reconstruyen todas las OM encontradas en las sesiones anteriores profundizando en aquellas cuya comprensión resultó más difícil. Para que los alumnos trabajen las técnicas descubiertas y den respuesta a $Q$.

Dado el carácter abierto y la libertad en la búsqueda de información que tiene nuestro REI, la mayor complejidad que nos podemos encontrar es en la cantidad de conceptos que se pueden llegar a abordar a lo largo del proceso de estudio. Esta cantidad de información que podemos tratar estará limitada por la restricción institucional referente a la temporalización asignada a la OD.

## 3.1. ANÁLISIS DE ALGUNOS ELEMENTOS DE LA OM QUE PUEDEN DESARROLLAR LOS ESTUDIANTES

Previamente a la aplicación, hemos diseñado uno o varios recorridos posibles con los elementos de la OM que pueden desarrollar los estudiantes desde el momento en el que se les plantea la cuestión generatriz $Q$ hasta enlazar con los conocimientos con los que parten los estudiantes desde el inicio del REI. Algunos de los elementos que forman parte de la OM que pretendemos desarrollar y que los estudiantes deben reconstruir para responder a $Q$ se recogen en las siguientes figuras (fig. 8 – 12) y que analizamos a continuación.

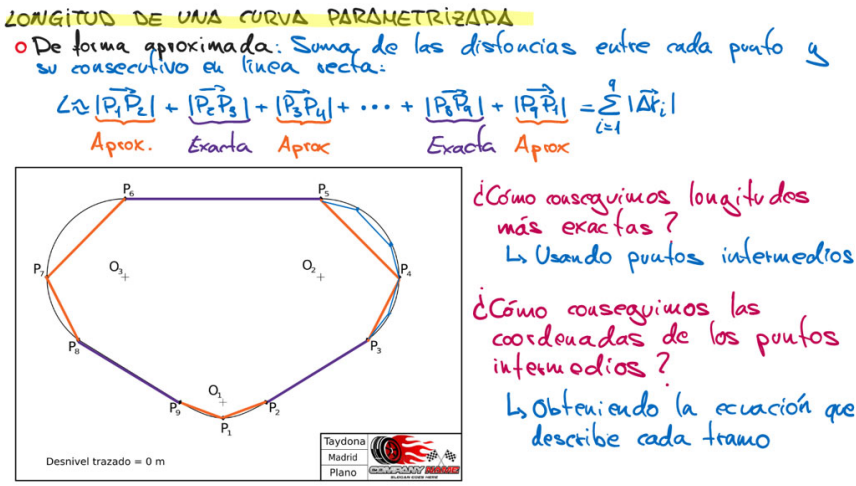
***FIGURA 24.*** *Tecnología de las coordenadas polares*




Fuente: Elaboración propia

Dado que las coordenadas de los puntos se proporcionan en forma polar, lo más probable es que la primera cuestión que se planteen los estudiantes es *"¿Cómo se definen las coordenadas polares?"* (si no han adquirido dicho concepto en su formación matemática previa) para obtener las coordenadas cartesianas, sistema de referencia más utilizado a lo largo de su vida académica y que previsiblemente sea más cómodo para ellos, de dichos puntos mediante técnicas de trigonometría básica. Previamente, deberán percatarse cuál es el origen de referencia de la coordenada $\theta$ a partir de los datos proporcionados en $Q$.

***FIGURA 25.*** *Técnica para la obtención de las longitudes*




Fuente: Elaboración propia

Motivados por proporcionar una respuesta a $Q$ en la mayor brevedad posible, el siguiente paso sea *"¿Cómo calcular la longitud de la trayectoria a partir de sus puntos?"* y recurran al módulo del vector que une los puntos para la obtención de las longitudes de tramos rectilíneos (fig. 9). Incluso, dado que se pide una longitud aproximada, también recurran a dicha técnica para los tramos curvos. No obstante, para que el REI no finalice ahí, las cuestiones de confirmación *"¿Cómo conseguimos longitudes más exactas?"*, usando puntos intermedios, y *"¿Cómo conseguimos las coordenadas de los puntos intermedios?"*, obteniendo las ecuaciones que describen cada tramo, deberían mantener viva la cuestión generatriz $Q$. Dichas cuestiones, si no son planteadas por los propios estudiantes, deberá ser el docente el que mantenga viva la $Q$ planteándolas ante la comunidad de estudio.

Las cuestiones vivas en ese momento deberán motivar la búsqueda que cómo obtener las ecuaciones de los tramos, si no de todos ellos, al menos de los tramos circulares y curvos, lo que los debería llevar, al menos, a la obtención de las ecuaciones paramétricas de dichos tramos (fig. 10).

***FIGURA 26.*** *Tecnologías de parametrización de trayectorias rectilíneas, circulares y polinómicas*

PARAMETRIZACIÓN DE TRAYECTORIAS

- Rectilíneas ⇝ Ecuaciones paramétricas de la recta

$\boxed{\vec{r}(t) = (x_0 + u_1 t,\ y_0 + u_2 t)}$ $(x_0, y_0)$ ⇝ Punto de la recta
$(u_1, u_2)$ ⇝ Vector director de la recta

Se obtienen las ecuaciones paramétricas de las trayectorias rectilíneas correspondientes a los tramos $P_2 - P_3$, $P_5 - P_6$, $P_8 - P_9$

$t \in [a, b]$ de modo que $\vec{r}(a) = P_0$ ∧ $\vec{r}(b) = P_f$

- Circulares ⇝ Ecuaciones polares

$\boxed{\vec{r}(t) = (x_c + R\cos t,\ y_c + R\operatorname{sen} t)}$ $(x_c, y_c)$ ⇝ Centro circunferencia
$R$ ⇝ Radio circunferencia

Ecuación de la circunferencia a partir de 3 puntos

$\boxed{x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0}$ ⇝ $\begin{cases} D = -2x_c \\ E = -2y_c \\ F = x_c^2 + y_c^2 - R^2 \end{cases}$

Se obtienen $x_c, y_c, R$ resolviendo un sistema de 3 ecuaciones (1 ec por cada punto)

Se hallan las parametrizaciones de los tramos circulares $P_3 - P_5$ ∧ $P_6 - P_8$

- Polinómica ⇝ $y = f(x)$ ∧ Si $x = t \Rightarrow y = f(t)$ ⇝ $\boxed{\vec{r}(t) = (t, f(t))}$

Expresión polinómica que pasa por 3 puntos ⇝ INTERPOLACIÓN CUADRÁTICA

$\boxed{f(x) = ax^2 + bx + c}$

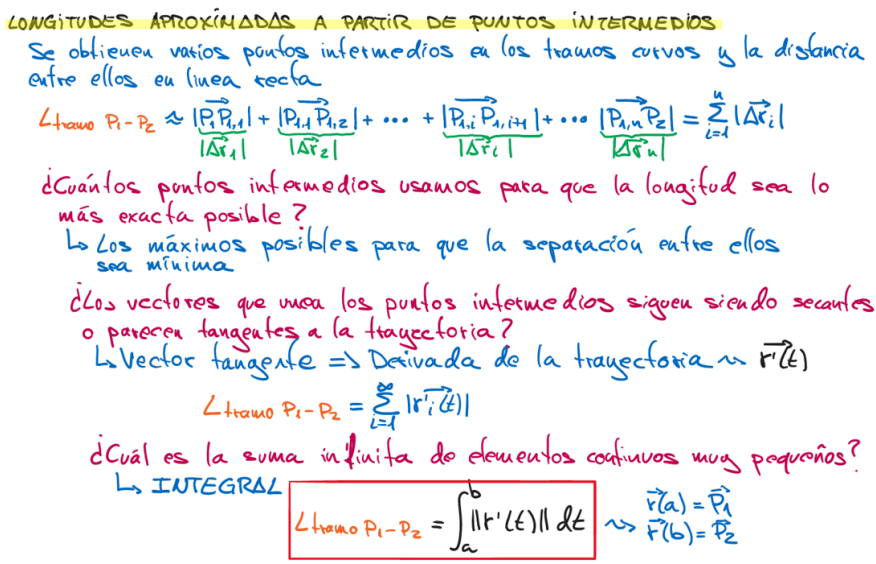
Se plantean 3 ecuaciones (1 por cada punto) para obtener los parámetros $a, b$ y $c$ del tramo $P_9 - P_2$.

Fuente: Elaboración propia

Una vez localizadas las tecnologías correspondientes a dios tramos, deberá trabajar las técnicas necesarias para la obtención de los parámetros influyentes en dichas relaciones como el centro y el radio en los tramos circulares o los parámetros de la función polinómica en el tramo curvo. Como se observa en la fig. 10, deberán hacer uso de técnicas adquiridas en su formación previa como la resolución de sistemas de ecuaciones.

Haciendo uso de las parametrizaciones obtenidas, calcularán una serie de puntos intermedios para hallar de nuevo la longitud de los tramos, que seguirá siendo aproximada.

***FIGURA 27**. Desarrollo de la modelización para la obtención de longitudes usando integrales de línea*

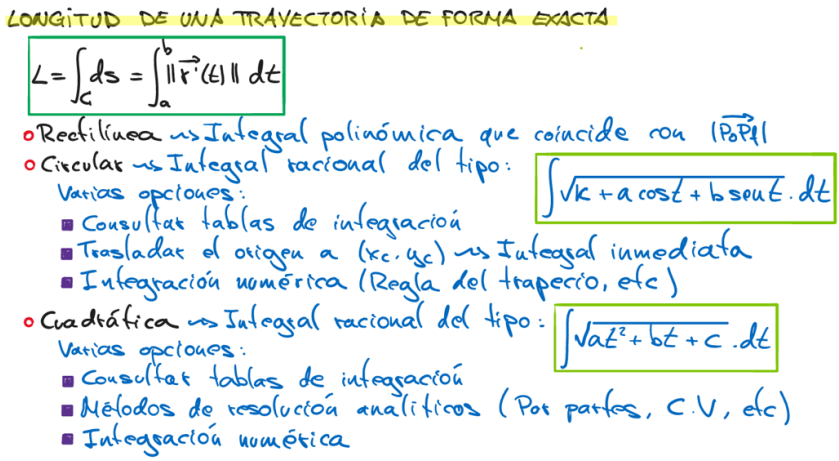



Fuente: Elaboración propia

Posiblemente, los estudiantes se pregunten *"¿Cuántos puntos intermedios usar para que la longitud sea lo más exacta posible?"* que, mediante un análisis gráfico, descubran que, cuanto mayor sea esa cantidad, menor será el error cometido. La cuestión de si *"¿los vectores ahora parecen tangentes?"* debe salir, ya sea planteada por los estudiantes o por el docente, para que descubran de que se tratan de los vectores correspondientes a la derivada de los tramos y el recorrido finalice en que la longitud de los tramos sea la suma infinita de los módulos de dichos vectores, es decir, la OM que perseguíamos.

Llegados a este punto, los estudiantes deberán plantear las integrales requeridas, ahora motivadas por la resolución de una cuestión $Q$ que fue la originadora del proceso de estudio, dotando de significado, no solo a la OM buscada, sino también a cada uno de los elementos que han aparecido durante el REI.

***FIGURA 28.*** *Técnicas en la obtención de las integrales*




Fuente: Elaboración propia

Por último, deberán trabajar técnicas de resolución de integrales de una variable conocidas o por conocer para dar la respuesta final $R$ a la cuestión $Q$ como las mostradas en la fig. 12.

## 4. DISCUSIÓN

En este trabajo hemos partido de la premisa de que la actividad de la modelización matemática no es trabajada por los estudiantes de ingeniería en la formación matemática recibida en los grados de ingeniería.

En base a investigaciones realizadas bajo el marco de la TAD, se ha definido la construcción del conocimiento matemático haciendo uso del concepto de *praxeología* detallando cada uno de sus componentes (tarea, técnica, tecnología y teoría). Para el desarrollo de una praxeología u OM, así como de cada uno de sus componentes, es imprescindible que se propicien una serie de etapas y momentos didácticos que definen la actividad de modelización.

Tras el análisis de algunas actividades que se proponen a los estudiantes de ingeniería, a través de la revisión bibliográfica recomendada, se observa que dichos objetos matemáticos no propician que los estadios y

momentos que forman parte de la actividad de modelización matemática se den en los centros universitarios.

Como propuesta de innovación educativa, se plantea la posibilidad de aplicar un objeto didáctico conocido, según la TAD, como REI (Barquero, Bosch, & Gascón, 2011). La aplicación y desarrollo de este dispositivo pensamos que generará en su proceso aquellos estadios y momentos didácticos necesarios para que la actividad de modelización se desempeñe de forma completa.

Además, también se pretende abordar el fenómeno del aplicacionismo y monumentalismo cuya metodología didáctica está arraigada en los centros universitarios (Barquero, Bosch, & Gascón, 2014).

Para el diseño de la cuestión $Q$ es fundamental apoyarse en un mapa de cuestiones que proporcione al profesor un posible recorrido de los estudiantes para plantear las pertinentes cuestiones de confirmación y los elementos de la OM que se pueden desarrollar.

Lo último que hemos analizado es uno de los posibles caminos que pueden tomar los estudiantes. Es evidente que, no solo cada clase, sino que, cada grupo de estudiantes seguirá un recorrido distinto y puede no coincidir exactamente con el descrito, pero sí en su mayoría.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La aplicación de la OD que planteamos en este trabajo en forma de REI abre un abanico de posibilidades para que los estudiantes desarrollen una gran cantidad de contenidos matemáticos. La gran versatilidad que existe en el momento de diseñar $Q$ hace que podamos trabajar más o menos elementos de una OM concreta en función de las restricciones que tengamos en el momento de la aplicación. Cuanta menos información (datos) se proporcionen en $Q$, más abierta podrá ser su respuesta $R$ y viceversa.

La problemática surgida en los docentes para aplicaciones de dispositivos didácticos como los REI, la TAD los clasifica en tres dimensiones. Por un lado, la epistemológica, que aborda qué entiende el docente por modelización y cómo construir dicho concepto para llevarlo a cabo. Por

otro lado, la económica, que hace referencia al MER de la propia institución y si dicho paradigma didáctico puede vivir en ella. Por último, la ecológica, que analiza las condiciones y restricciones que pueden surgir en el desarrollo del dispositivo dentro del aula y que puedan favorecer o dificultar su implementación. Todas y cada una de estas dimensiones se deben tener en cuenta para poder desempeñar esta labor didáctica con viabilidad.

En cuanto al planteamiento de las cuestiones de confirmación para validar o descartar información recogida por los estudiantes, lo idóneo sería que nacieran de los estudiantes, pero podría ralentizar el desarrollo de la actividad. En función de la restricción temporal, el docente puede plantearlas a los estudiantes una vez que localizan la información a validar o descartar. De esta forma se puede acelerar el proceso, pero el significado del concepto tratado en ese momento perdería cierto valor.

La gran pregunta que se hacen los estudiantes en la gran mayoría de las disciplinas matemáticas es: "*¿Y esto para qué vale?*" Por ello, planteando las cuestiones pertinentes, los estudiantes pueden saber para qué se usa el concepto localizado en ese momento. En base a esto y como propuesta para futuras investigaciones se pretende desarrollar un REI o varios con los que se puedan dotar de razón de ser a gran parte del currículo o de toda la disciplina impartida en dicha institución.

## 6. BIBLIOGRAFÍA


Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2007). Ecología de la modelización matemática: Restricciones transpositivas en las instituciones universitarias. *2e congrès TAD*, (págs. 1-22). Barcelona.

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2011). ECOLOGÍA DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA: LOS RECORRIDOS DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN. *ResearchGate*.

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 83-100.

Bartolomé, E., Florensa, I., Bosch, M., & Gascón, J. (2019). Un 'camino de estudio e investigación' que enriquece el aprendizaje de la ingeniería mecánica. *Revista europea de educación en ingeniería*, 330-346.

Brousseau, G. (1994). Problèmes et résultants de didactique des mathématiques. *8th ICMI Study: What is Research in Mathematics Education and What are its Results?* University of Maryland: (Manuscrito no publicado).

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble: La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 19(2)*, 221-266.

Florensa, I., Bosch, M., & Gascón, J. (2021). Los mapas de preguntas y respuestas como herramienta epistemológica en la formación docente. *Revista de formación de profesores de matemáticas*, 203-225.

Florensa, I., Bosch, M., Gascón, J., & Winslow, C. (2018). Itinerarios de estudio e investigación: una nueva herramienta para el diseño y la gestión del aprendizaje basado en proyectos en ingeniería. *Revista internacional de educación en ingeniería*, 1848-1862.

Florensa, I., García, F. J., & Sala, G. (2020). Condiciones para la enseñanza de la modelización matemática: Estudios de caso en distintos niveles educativos. *AIEM - Avances de Investigación en Educación Matemática, 17*, 21-37.

García, F. J., Barquero, B., Florensa, I., & Bosch, M. (2019). Diseño de tareas en el marco de la Teoría Antropológica de lo Didáctico. *AIEM - Avances de Investigación en Educación Matemática*, 75-94.

Gascón, J. (1998). Evolución de la didáctica de las matemáticas como disciplina científica. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 18(1)*, 7-34.

Mendible, A., & Ortiz, J. (2007). MODELIZACIÓN MATEMÁTICA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS. LA IMPORTANCIA DEL CONTEXTO. *Enseñanza de la matemática*, 133-150.

Messina, V., Nuñez, P., & Ripollés, M. Á. (2019). Del modelo matemático al modelo real. Una experiencia con alumnos universitarios no tradicionales. *1º Congreso internacional de Ciencias Humanas - Humanidades entre pasado y futuro.* San Martín.

Mora Flores, W. (2019). *Cálculo en varias variables.* Costa Rica: Revista digital Matemática, Educación e Internet.

Plaza, L. F., & Villa-Ochoa, J. A. (2019). Obstáculos detectados en la formación matemática de ingenieros. Una revisión de literatura. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 223-241.

Romo-Vázquez, A. (2014). La modelización matemática en la formación de ingenieros. *Educación matemática*, 314-338.

Ruiz, N. (2010). *La introducción del álgebra elemental y su desarrollo hacia la modelización funcional.* Universitat Autònoma de Barcelona.

Trejo, E., Camarena, P., & Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, 397-424.

Vázquez. (2012). ¿Qué ingenieros necesita México? *Innovación Educativa*, 125-136.

# MATESCAPE: COMBINACIÓN DE LUDIFICACIÓN Y PROJECT BASED LEARNING EN ÁREA DE MATEMÁTICAS DENTRO DEL GRADO DE CIENCIA DE DATOS

ALBERT REGO MAÑEZ
*Universidad Europea de Valencia*

HECTOR ESPINÓS MORATÓ
*Universidad Europea de Valencia*

## 1. INTRODUCCIÓN

La ludificación y la gamificación son estrategias educativas que, durante los últimos años, se han estado introduciendo en las aulas de los distintos niveles educativos a nivel nacional e internacional (Buckley, P., y Doyle, E, 2014), (Martí et al., 2016).

A su vez, gracias al impulso pedagógico en las innovaciones docentes, el proceso de enseñanza aprendizaje ha ido virando poco a poco hacia una formación transversal y donde el papel del alumno en las sesiones es cada vez mayor.

No obstante, abordar estos dos conceptos, la ludificación y la gamificación, y la transversalidad, junto a la transdisciplinariedad, de forma aisladas, como herramientas aisladas no es más que un error. Esto ocurre también con metodologías de aprendizaje como el aprendizaje basado en proyectos o el aprendizaje basado en retos (Malmqvist, Jet al ., 2015).

En la Universidad Europea de Valencia, se sigue un modelo académico definido por diversos pilares. Uno de ellos es la transdisciplinariedad. A su vez, el aprendizaje basado en retos es una metodología implantada en los distintos cursos de los grados que imparte la universidad, entre ellos el grado de ciencia de datos.

En este trabajo, se presenta una experiencia de aplicación de ludificación que pretende impulsar específicamente la transdisciplinariedad, aspecto poco trabajado en el nivel educativo superior (Gillis, D. et al., 2017). Además, se trabajarán otros objetivos secundarios que se desarrollarán en la segunda sección. Esta actividad es similar a un Escape Room, cuyo diseño ya ha sido objeto de estudio como actividad transdisciplinar (Karageorgiou, Z. et al., 2019).

La estructura del artículo es la siguiente: en la segunda sección se describirán los objetivos planteados en este estudio. En la tercera sección se describirá la metodología, a nivel de diseño de actividad y herramientas empleadas. La cuarta sección mostrará los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad. Dichos resultados, junto a la metodología empleada, serán discutidos en la quinta sección. Finalmente, la sexta sección describirá brevemente las conclusiones obtenidas.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos que se marcan en este trabajo vienen diferenciados en dos claras vertientes. Por un lado, está el conjunto de objetivos derivados de la inclusión de una actividad de ludificación, que también pueden encontrarse al incorporar elementos de gamificación en la enseñanza. Estos objetivos están más centrados en la implicación del alumno en las sesiones de la asignatura, así como de garantizar una motivación óptima que les permitan involucrarse en las actividades de aprendizaje diseñadas en la asignatura.

En el otro lado, se encuentran los objetivos que se centran en la transdisciplinariedad y la aplicación del aprendizaje basado en retos (Whitney B.G et al., 2015), elemento central, punto de unión de los distintos grupos. Estos objetivos, al fin y al cabo, surgen de la pregunta "¿Podemos elaborar una actividad de aprendizaje basado en retos con ludificación y transversal?". Esto lleva como objetivo principal, el diseño, aplicación y evaluación de una actividad que consiga los objetivos comentados anteriormente, los cuales se pueden enumerar en los siguientes puntos:

- Incorporar el aprendizaje basado en retos en las asignaturas "Matemáticas Discreta" y "Estadística", extendiendo el modelo curricular de la universidad a asignaturas que todavía no contaban con él.
- Aumentar la participación mediante la introducción de elementos lúdicos en el aula.
- Cambiar la dinámica en el aula, facilitando el protagonismo de los alumnos que tienen una participación más baja en las clases magistrales o en sesiones de resolución de problemas.
- Trabajar competencias transversales como el trabajo en equipo y la resolución de problemas.
- Ser capaz de evaluar de forma crítica la información, descomponer situaciones complejas en sus partes constituyentes, reconocer patrones, y considerar otras alternativas, enfoques y perspectivas para encontrar soluciones óptimas.
- Adaptación al cambio: Ser capaz de aceptar, valorar e integrar posiciones distintas, adaptando el enfoque propio a medida que la situación lo requiera, así como trabajar con efectividad en situaciones de ambigüedad.
- Fomentar el liderazgo: Ser capaz de orientar, motivar y guiar a otras personas, reconociendo sus capacidades y destrezas para gestionar eficazmente su desarrollo y los intereses comunes.
- Potenciar el espíritu emprendedor, para asumir y llevar a cabo actividades que generan nuevas oportunidades, anticipan problemas o suponen mejoras.

## 3. METODOLOGÍA

En esta sección se explicará la metodología llevada a cabo en la experiencia. Se empezará comentando la idea general de la actividad y la participación de los alumnos junto a su organización. Después, se comentará la estructura de retos de la actividad. A continuación, se describirá la ambientación como elemento motivador en la actividad.

Finalmente, se describirán las herramientas que se usaron tanto para implementar la actividad como para evaluarla.

### 3.1. Descripción general de la actividad

La metodología seguida fue introducir una actividad lúdica por equipos en una sesión de la asignatura "Matemática Discreta" del grado de ciencia de datos, involucrando a alumnos de la asignatura "Estadística", del grado de física. Esta sesión se encontraba en la última semana del cuatrimestre.

Los equipos o grupos de la actividad son de cuatro a seis alumnos, tamaño suficiente para no tener un alto número de grupos y a la vez que cada alumno pueda aportar a la actividad. Los alumnos pertenecen tanto a la asignatura de "Estadística" como a la de "Matemática Discreta". En cada grupo se intenta que haya la mitad de los alumnos de una asignatura y la otra mitad de la otra. Estos grupos competirán en un Escape Room que tiene como tema las matemáticas, materia común entre las dos asignaturas.

Para ello, los profesores de las asignaturas diseñan una serie de acertijos que los estudiantes han de resolver en un tiempo máximo, de forma que, al resolver un acertijo, se accede a un problema matemático que tienen que superar. Los alumnos del grupo han de colaborar, explicar y consensuar las soluciones a los problemas. Dichas soluciones, debido a la temática de Escape Room, al área de conocimiento de las asignaturas, y a las limitaciones de las herramientas disponibles, siempre se trata de un número de tres dígitos.

### 3.2. Estructura de la actividad

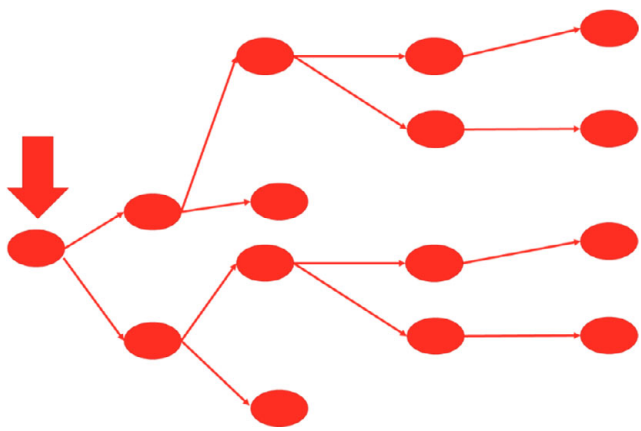
En la actividad, la resolución del problema de un reto no lleva a un único siguiente acertijo, en lo que sería un camino lineal hacia el fin de la actividad, sino que se abren diversos caminos que llevan a la conclusión del reto y por los que los alumnos pueden transitar siempre que resuelvan los acertijos. Esta conclusión es un último reto donde, al finalizarlo exitosamente, se obtiene una contraseña que el equipo debe comunicar al profesor. La contraseña es distinta en cada posible camino, lo cual

puede ser usado por el profesor para saber por qué camino ha ido el grupo. aunque esto no es relevante de ningún modo en la calificación final, puede ayudar a mejorar la actividad rediseñando los retos de cada camino en futuras ediciones de la misma.

La actividad puede tener repercusión o no en la calificación de los alumnos. En el caso de nuestra experiencia, la actividad daba un pequeño incremento en la nota de la asignatura a los alumnos de aquellos equipos que terminaran antes. De forma que el primer equipo obtenía un incremento algo mayor que el segundo y éste que el tercero.

En cuanto a los distintos caminos, debemos imaginarnos la sucesión de retos como un árbol. El árbol mostrado en la figura 1 es un ejemplo ilustrativo de un posible diseño de los retos de la actividad. En este árbol, tenemos un nodo inicial, que está señalado con una flecha y el cual corresponde al reto inicial, un reto que todos los grupos realizan, de dificultad baja y que sirve a modo de calentamiento para que los alumnos se introduzcan a la mecánica y a las herramientas. Los arcos representan la transición entre los distintos retos, que son guardados por acertijos.

***FIGURA 1.*** *Árbol de retos de ejemplo.*



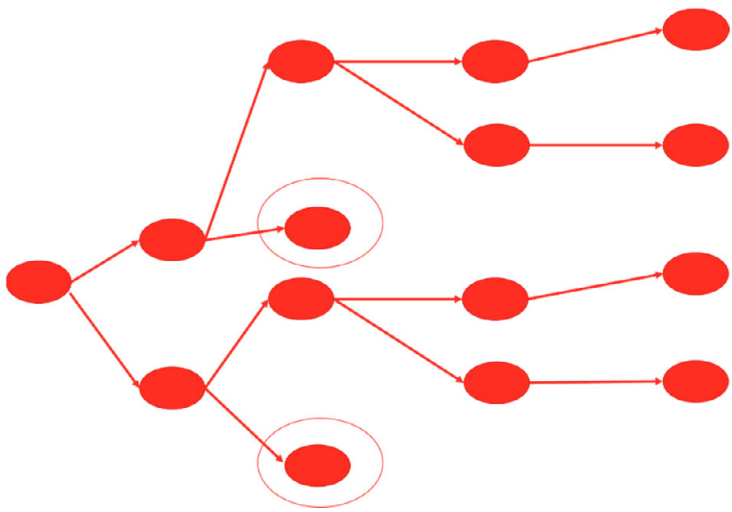
Fuente: Elaboración propia

Los acertijos permiten, a la vez que ponen a prueba a los alumnos, bloquear el acceso a algunos retos a los que se desee que los alumnos

accedan después de superar otros. Esto permite trabajar el razonamiento y la capacidad de autonomía de los alumnos.

Los nodos hoja son aquellos cuya solución da acceso a la contraseña final. De hecho, vemos en el árbol que hay nodos hoja en diferentes niveles del árbol. Estos nodos aparecen señalados en la figura 2. Puede parecer a simple vista que hay caminos más cortos que otros y que, por el hecho de elegir un reto, y no otro, habrá equipos que terminarán antes que otros obteniendo la contraseña. Sin embargo, esos nodos pueden tener acertijos que requieren haber solucionado un reto de un nivel del árbol más profundo del que se encuentra ese nodo hoja, ese reto final.

***FIGURA 2.*** *Retos "atajo" en el camino del juego.*



Fuente: Elaboración propia

Esto introduce un elemento de *backtracking* a la actividad, es decir, dota a los alumnos de la posibilidad de volver a retos anteriores, más allá de cambiar de camino por no ser capaz de resolver el acertijo o reto del camino en el que te encuentras. En nuestra experiencia, el árbol tenía una profundidad de cinco niveles, siendo el primer nivel el reto inicial. Sin embargo, se diseñaron dos retos a los cuales no se podía acceder al acceder a ese nivel del árbol, sino que se debía relacionar conceptos de ambas asignaturas y la solución del siguiente reto, de modo que no fuera

fácil para un alumno hacerlo y terminar por un camino más corto, pero sin que fuera imposible. De esta forma. si se accedía a estos retos, gracias a esa relación de conceptos y trabajo en equipo necesario, era posible conseguir la contraseña final realizando un camino más corto, por lo que tenía una recompensa. Concretamente, en nuestra experiencia, un grupo fue capaz de acceder a uno de estos retos y terminar los primeros la actividad, obteniendo la mayor bonificación de nota de todos los equipos.

### 3.3. La ambientación y la motivación en la actividad

Junto al diseño de la actividad y los retos, los profesores preparamos un video introductorio y una temática para el Escape Room. Este vídeo, de corta duración tenía como finalidad aumentar la motivación y la implicación de los alumnos desde el comienzo de la sesión (Robin, B., 2006).

La decisión de otorgar una recompensa en términos de bonificación en la calificación también tiene una justificación a nivel de motivación, ya que solamente los mejores obtienen dicha recompensa. Sin embargo, al espolear a los alumnos generando motivación, nunca debemos olvidar controlar la posible frustración que genere la actividad que estamos realizando. Para ello y para evitar que los alumnos no se quedasen atascados en los retos o acertijos, se les proporcionó un sistema de pistas.

Cada grupo podía, a través de un representante, comunicarse con el profesor para solicitar una pista que ayudase a resolver el reto o acertijo con el que tuvieran problemas. Sin embargo, las pistas eran limitadas. En nuestro caso, con el árbol de cinco niveles, se decidió otorgar hasta tres pistas por equipo.

Por último, otro elemento que se introdujo para mantener la motivación de los alumnos desde un punto de vista distinto fue el storytelling (Abrahamson, C. E., 1998). Una vez que se estableció el tema y la ambientación de la actividad con el uso del video introductorio, se les comunicó a los alumnos que, mientras fueran realizando la actividad, podían ir desarrollando una pequeña historia, e incluso añadir fotografías. La mejor historia obtendría también una pequeña bonificación en la calificación.

### 3.4. Herramientas utilizadas

En lo que respecta a las herramientas utilizadas, éstas cumplieron diversas tareas. Primero, la implementación de la actividad, del Escape Room. Éste se realizó de forma digital, esto es, sin candados físicos. Los alumnos accedían a una presentación a través de un enlace, en la cual iban avanzando por los diferentes caminos del juego e introduciendo las respuestas a los acertijos y a los retos. Para ello, se utilizó la herramienta Genialy (Jiménez, C., et al. 2020), que permitió realizar una presentación interactiva y compartirla fácilmente con los alumnos.

En la figura 3 se puede observar una diapositiva que sirve para que los alumnos introduzcan el tercer dígito de la solución de uno de los retos. Para ello, el dígito correcto debe llevar a la diapositiva donde el alumno ha solucionado el reto y puede avanzar y el resto de los dígitos deben dirigir a una diapositiva de error que permite a los alumnos volver a intentarlo o acceder a la lista de retos desbloqueados en ese momento.

***FIGURA 3.*** *Ejemplo de diapositiva de introducción de solución.*

Fuente: Elaboración propia

El vídeo motivador se editó con Adobe Premier Pro. Tanto el sistema de pistas como el de storytelling, se implementaron haciendo uso de la herramienta Canvas, que es la usada como aula virtual en la Universidad

Europea de Valencia. Para la evaluación de la actividad se usaron dos herramientas.

Por un lado, se usó Google Forms para proporcionar encuestas a los alumnos sobre la actividad y así medir su motivación y su valoración de la misma.

Por otro lado, se hizo uso de Mentimeter para generar un grupo de control y observar si la percepción de la asignatura había variado después de realizar la actividad.

## 4. RESULTADOS

Como se ha comentado en la sección anterior, la actividad fue evaluada desde dos perspectivas diferentes. Primero, usando la herramienta Mentimeter, se consultó al grupo de "Estadística" antes de realizar la actividad. Para ello, se pidió a cada uno de los alumnos que reflejase su situación respecto a la asignatura, clasificándose en una de las cinco categorías que se les proporcionaba.

Estas categorías eran: "Cansado", que refleja la fatiga acumulada a lo largo del curso, "Perdido", que refleja la incomprensión de contenidos de la asignatura, "Enfadado", que refleja situaciones individuales respecto a calificaciones o metodologías, "Sobrado / pletórico" que refleja la confianza en obtener una buena calificación en la asignatura y "Aburrido", que refleja la motivación en ese momento.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos antes de realizar la actividad. Se obtienen 7 alumnos en la categoría "Cansado", 22 alumnos en la categoría "Perdido", ningún alumno se autoclasificó como "Enfadado", hasta 8 alumnos se determinaban como "Sobrado / pletórico" y, de nuevo, ningún alumno se clasificaba como "Aburrido".

Después de hacer la actividad, la cual se encontraba en la última semana del cuatrimestre, los alumnos volvieron a pasar por la misma encuesta, debiendo clasificarse en uno de esos grupos. La figura 5 muestra los resultados obtenidos entonces, donde se observa que los alumnos que se clasificaban como "Cansado" aumentaban hasta 12, se obtuvo 10 alumnos que se encontraban en el grupo "Perdido", se incrementó el número

de alumnos en “Enfadado” hasta 2, se obtuvo 6 alumnos en “Sobrado / pletórico” y 4 alumnos se autodenominaron “Aburrido”.

*FIGURA 4. Resultados de Mentimeter antes de la sesión.*

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la encuesta realizada después de la actividad usando Google Docs, tenía como objetivo evaluar distintos aspectos de los alumnos respecto a la propia actividad concretamente.

La encuesta tenía una duración de unos 5-10 minutos aproximadamente, constaba de 10 preguntas y obtuvo 36 respuestas.

***FIGURA 5.*** *Resultados de Mentimeter después de la sesión.*

Fuente: Elaboración propia

La figura 6 muestra el resultado de la primera pregunta, donde se consultaba a los alumnos acerca de la diversión de la actividad, pudiendo clasificar a la actividad como muy aburrida, aburrida, algo aburrida, algo divertida, divertida y muy divertida.

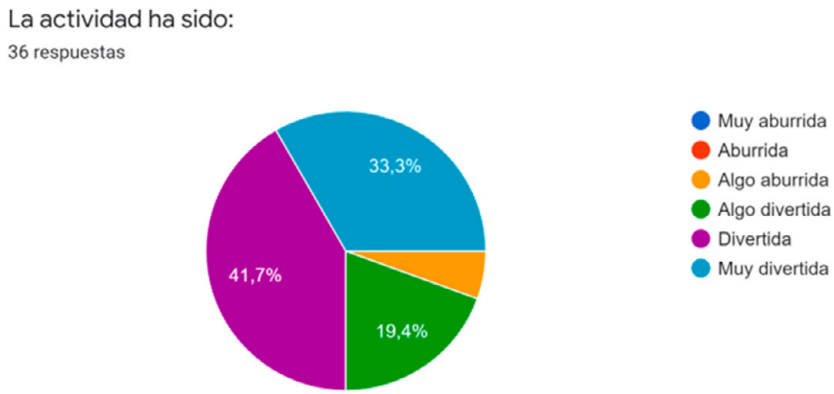
El 41,7% de los encuestados calificó a la actividad como divertida, el 33,3% lo hizo como muy divertida, el 19,4% como algo divertida y el resto como algo aburrida.

En cuanto a la duración de la actividad, la figura 7 muestra los resultados obtenidos.

Esta vez, los alumnos podían calificar la duración de la actividad como demasiado corta, demasiado larga o adecuada.

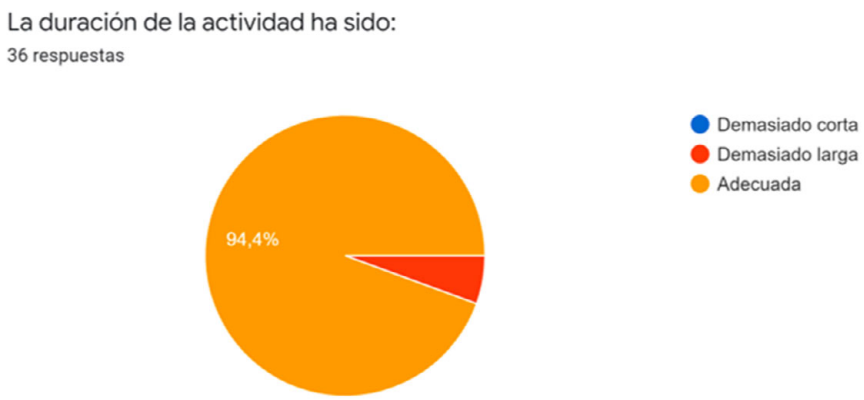
El 94,4% la calificó como adecuada, mientras que el 5,6% restante como demasiado larga.

***FIGURA 6.*** *Resultados de la pregunta sobre la diversión de la actividad.*




Fuente: Elaboración propia

***FIGURA 7.*** *Resultados de la pregunta sobre la duración de la actividad.*

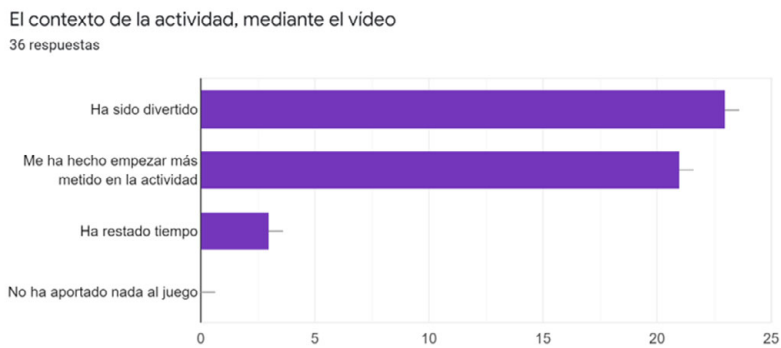



Fuente: Elaboración propia

Para profundizar más en estas calificaciones y poder determinar aspectos de mejora, se consultó a los alumnos acerca del contexto de la actividad y de la dinámica. Estas dos preguntas contenían diversas opciones que los alumnos podían escoger de forma independiente, de manera que un alumno podía destacar más de un aspecto en cada pregunta.

La figura 8 muestra la respuesta a la pregunta sobre el contexto de la actividad, reflejado con el vídeo introductorio al inicio de la sesión. En esta pregunta, 23 alumnos señalaron que éste ha sido divertido. 21 alumnos recalcaron que les ha hecho empezar la actividad estando más implicados en ella. Tres alumnos resaltaron que restó tiempo a la actividad. Ningún alumno destacó que no aportara nada al juego.

***FIGURA 8.*** *Resultados de la pregunta sobre el contexto de la actividad.*




Fuente: Elaboración propia

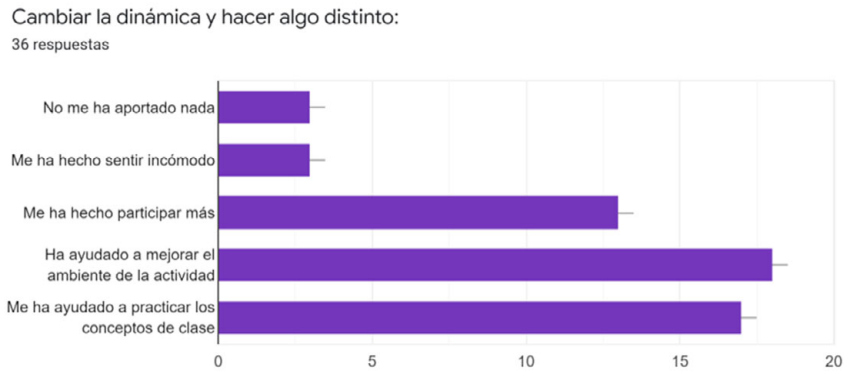
En la figura 9 podemos ver los resultados obtenidos en la pregunta acerca de la dinámica, centrándose en el cambio de esa respecto al resto de sesiones.

El cambio de dinámica respecto a las sesiones anteriores no aportó nada a 3 alumnos e hizo sentir incómodo también a 3 alumnos.

Trece alumnos resaltan que ha causado un aumento de su participación en la actividad de la sesión.

La dinámica escogida ha ayudado a mejorar el ambiente de la actividad según 18 alumnos y 17 indican que les ha ayudado a practicar los conceptos vistos en clase.

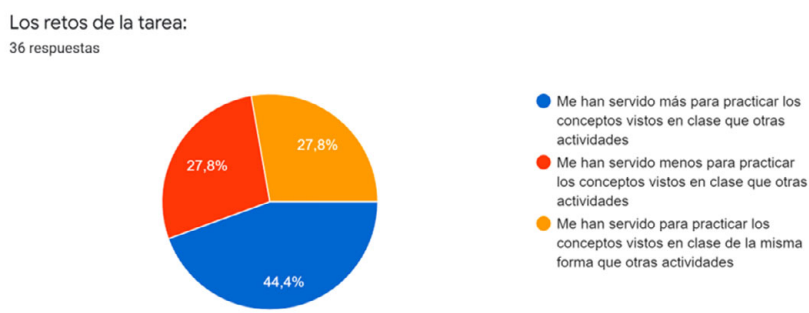
***FIGURA 9.*** *Resultados de la pregunta sobre la dinámica de la actividad.*




Fuente: Elaboración propia

El siguiente bloque de preguntas se centra en el aprendizaje basado en retos y en el trabajo en equipo. En la figura 10, se muestran los resultados obtenidos en la pregunta acerca de los retos de la tarea. El 44,4% responde que los retos les han servido para practicar los conceptos vistos en clase más que otras actividades. El 27,8% indica que no ha encontrado ninguna diferencia a la hora de practicar los conceptos vistos en clase respecto a otras actividades realizadas previamente. Por último, el 27,7% resalta que otras actividades realizadas previamente les ayudaron más para practicar los conceptos vistos en clase.

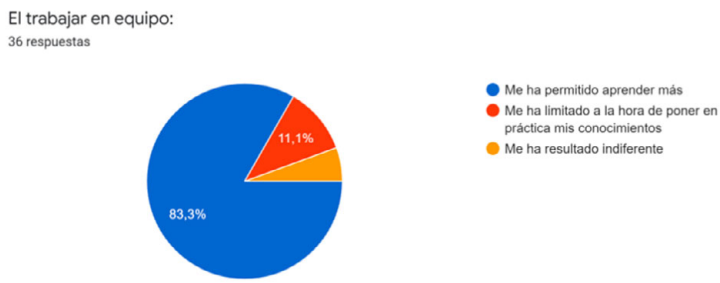
***FIGURA 10.*** *Resultados de la pregunta sobre los retos de la actividad.*




Fuente: Elaboración propia

La figura 11 muestra el impacto del trabajo en equipo en la actividad. El 83,3% indica que el trabajar en equipo les ha permitido aprender más. El 11,1% resalta que le ha limitado a la hora de poner en práctica sus conocimientos. Finalmente, el 5,6% restante indica que le ha resultado indiferente.

***FIGURA 11.*** *Resultados de la pregunta sobre el trabajo en equipo.*




Fuente: Elaboración propia

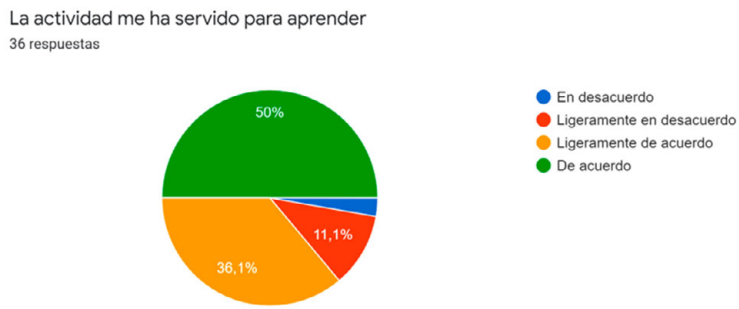
También se preguntó a los alumnos acerca de la temporalización y la utilidad de la actividad para el aprendizaje. La figura 12 muestra las respuestas acerca de la temporalización de la actividad. El 72,2% de los alumnos indica que la actividad se ha realizado en un buen momento en el semestre. El 25% que ha sido demasiado tarde en el semestre y el 2,8% que ha sido demasiado pronto.

***FIGURA 12.*** *Resultados de la pregunta sobre la temporalización de la actividad.*

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al aprendizaje, en la figura 13 podemos observar que el 50% de los alumnos están de acuerdo en que la actividad les ha servido para aprender. El 36,1% está ligeramente de acuerdo con esa afirmación mientras que el 11,1% está ligeramente en desacuerdo y el 2,8% en desacuerdo.

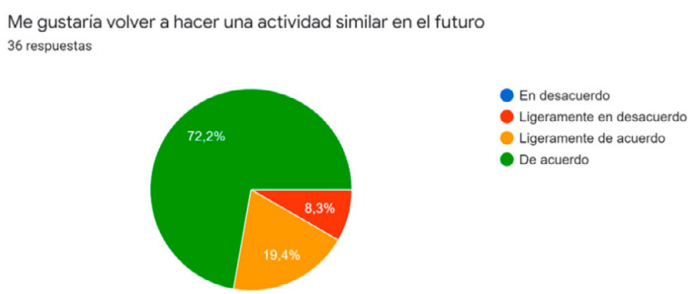
***FIGURA 13.*** *Resultados de la pregunta sobre la eficacia de aprendizaje de la actividad.*




Fuente: Elaboración propia

Respecto a la satisfacción general con la actividad, la figura 14 muestra que el 72,2% está de acuerdo con que le gustaría volver a realizar una actividad similar en el futuro. El 19,4% está ligeramente de acuerdo y el 8,3% restante ligeramente en desacuerdo con volver a participar en una actividad parecida en futuras ocasiones.

***FIGURA 14.*** *Resultados de la pregunta sobre la posibilidad de repetir actividad en el futuro.*




Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, en la figura 12 se puede ver los resultados en cuanto a la decisión de otorgar puntos extra a la calificación y la forma en la que se han asignado. El 72,2% de los encuestados están de acuerdo con otorgar puntos extra de la forma que se ha hecho. El 22,2% están ligeramente de acuerdo. Finalmente, el 5,6% se muestran ligeramente en desacuerdo con esa decisión.

***FIGURA 15.*** *Resultados de la pregunta sobre la calificación extra en la actividad.*

Fuente: Elaboración propia

## 5. DISCUSIÓN

En esta sección se va a introducir la discusión a partir de la experiencia descrita en la metodología y los resultados obtenidos, que fueron mostrados en la sección anterior. En primer lugar, la valoración que han hecho los alumnos acerca de la motivación en la actividad es más que satisfactoria. Incluir una dinámica de ludificación en el aula supone un incremento en la motivación general de los alumnos, así como ayuda a romper la monotonía en el aula (Yildrim, I., 2017). En el caso de las asignaturas de matemáticas, ayudó a que los alumnos relacionasen los conceptos vistos en la asignatura con un reto mayor. Estos retos, también evaluados de forma positiva por la mayoría de los encuestados, introduce el aprendizaje basado en retos de una forma divertida. Además, permite la puesta en práctica de competencias transversales como el trabajo en equipo (Brown Net al., 2019,). De nuevo, la mayoría de los alumnos valoraron positivamente el hecho de trabajar en equipo con

otros compañeros. Finalmente, en cuanto al aprendizaje percibido por los alumnos, también se encuentran valoraciones positivas, mostrando que la actividad lúdica, en este caso un Escape Room, también tiene un impacto positivo en la consolidación de los conceptos de la asignatura.

En cuanto a la transdisciplinariedad de la actividad, solamente el 11,1% de los alumnos sintió que no pudo poner en práctica sus conocimientos. Además, desde el punto de vista del profesor, la actividad transcurrió de forma normal y los equipos se nutrieron de una participación homogénea.

Sin embargo, hay ciertos aspectos que deben ser recalcados a la hora de diseñar una actividad similar. El primero es que, si se busca incorporar ese elemento de transdisciplinariedad, se debe ser cuidadoso a la hora de escoger asignaturas que tengan elementos en común, pero con un margen de coincidencia no excesivamente alto. Nuestra aproximación fue generar retos donde se aplicasen conceptos de ambas asignaturas con un hilo conductor. No obstante, también se puede escoger asignaturas donde la combinación de conceptos diferentes se enmarque en una temática común. De hecho, respecto a la temática, valoramos positivamente el hecho de introducir un vídeo y de sugerir a los alumnos la creación de una historia alrededor de la temática planteada. Valoramos el impacto positivo que tiene esta acción en la motivación de los alumnos y en la compenetración de los compañeros de equipo, tanto entre los alumnos de la misma asignatura como entre aquellos que no la comparten.

La calificación extra, tal y como muestran los resultados obtenidos, también ha servido para implicar en mayor medida a los alumnos. Esto es algo totalmente opcional, pero creemos que un pequeño incentivo motiva a aquellos alumnos que suelen tener un papel menos participativo en las actividades opcionales del aula.

En cuanto al diseño de la actividad en sí, la duración en nuestra experiencia fue de una sesión de dos horas. Creemos que es la duración idónea, ya que les permite a los alumnos disponer de tiempo para afrontar retos que cubran una gran parte de los conceptos vistos en clase e incluso incorporar otros elementos a la actividad como el vídeo introductorio, el storytelling, posibles desplazamientos por el campus o por un área ajena

al campus si así se desea, además de dejar tiempo para dudas, reflexiones de los alumnos y cuestiones.

La ramificación de los retos depende también del tamaño de los grupos. En nuestro caso, juntando las dos asignaturas, participaron cerca de 40 alumnos. Es por ello que, teniendo de 6 a 8 grupos distintos, es recomendable tener de 2 a 4 caminos diferentes. Dependiendo del tiempo que el docente pueda dedicar al diseño de la actividad, puede optar por más o menos caminos. Sin embargo, resaltamos positivamente la adición de un atajo para que aquellos alumnos que sean capaces de conectar los conceptos de dos retos lo hagan.

Y en este último punto existen varias alternativas, que deberán adaptarse al grado de solapamiento o complementación de las dos asignaturas. Por un lado, es posible hacer que la solución a un reto posterior sea la respuesta al acertijo del reto que aparecía anteriormente en el camino. Esto puede ser totalmente independiente de qué asignaturas entran en el juego. Por otro lado, la solución de un reto, o incluso la pista que se dé en ese reto, puede complementarse con un concepto de la otra asignatura para resolver el acertijo. En este caso, la complementación puede ser intrínseca de las dos asignaturas si comparten materia o puede ser enlazada por la temática del reto. Eso sí, hay que ser cuidadosos con la dificultad de realizar este paso hacia atrás, porque ha de ser posible darse cuenta de esa posibilidad, pero sin llegar a hacerla demasiado obvia para que no todos los equipos puedan encontrarla.

## 6. CONCLUSIONES

La ludificación y gamificación permiten generar nuevas dinámicas e impulsar el grado de participación. Mientras que el aprendizaje basado en retos permite introducir la transdisciplinariedad en una actividad. En este artículo se ha mostrado una experiencia de aplicación de una actividad de Escape Room con alumnos de dos asignaturas de la materia de matemáticas. La actividad tenía como objetivos principales incorporar en esas asignaturas el aprendizaje basado en retos, aumentando la participación gracias a la introducción de elementos lúdicos, cambiando la dinámica de aula a la vez que se trabajan competencias transversales,

como el trabajo en equipo.Los resultados muestran que los alumnos valoran de forma positiva la actividad, tanto en su capacidad de motivación como pedagógica. La gran mayoría repetiría una actividad similar en el futuro.

En futuras ediciones, se valorará la modificación de los retos, diseños alternativos para los caminos del juego y variaciones en la temática. De esta forma, se podrá evaluar de forma más concreta, el impacto que tiene cada uno de estos factores en los alumnos. Además, otro de los aspectos a valorar es la implementación en grupos de diferentes niveles o de asignaturas que sean de diferentes materias.

## 7. REFERENCIAS


Abrahamson, C. E. (1998). Storytelling as a pedagogical tool in higher education. *Education*, 118(3), 440-452.

Buckley, P., y Doyle, E. (2014). Gamification and student motivation. Interactive Learning Enviroments, 24 (6), 1162 - 1175. doi: https://doi.org/10.1080/10494820.2014.96426

Brown N., Darby W, Coronel H., (2019). An Escape Room as a Simulation Teaching Strategy. *Clinical Simulation in Nursing*, 30, 1-6.

Gillis, D., Nelson, J., Driscoll, B., Hodgins, K., Fraser, E., & Jacobs, S. (2017). Interdisciplinary and transdisciplinary research and education in Canada: A review and suggested framework. Collected Essays on Learning and Teaching, 10, 203-222.

Jiménez, C., Arís, N., Magreñán Ruiz, Á. A., & Orcos, L. (2020). Digital escape room, using Genial. Ly and a breakout to learn algebra at secondary education level in Spain. *Education Sciences*, 10(10), 271.

Karageorgiou, Z., Mavrommati, E., & Fotaris, P. (2019, October). Escape room design as a game-based learning process for steam education. *Academic Conferences and publishing limited*, 378-386.

Malmqvist, J., Rådberg, K. K., Lundqvist, U. (2015). Análisis comparativo de experiencias de aprendizaje basadas en retos. *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, PR China. http://rick.sellens.ca/CDIO2015/final/14/14_Paper.pdf

Martí, J., Seguí, D., y Seguí, E. (2016). Teachers' attitude towards and actual use of gamification. Procedia – Social and Behavioral Sciences, (228), 682 – 688. doi: https://doi.org/10.1016/j.sbs- pro.2016.07.104

Robin, B. (2006, March). The educational uses of digital storytelling. *In Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 709-716).

Yildrim, I. (2017). The efects of gamification-based teaching practices on student achievement and students' attitudes toward lessons. *Internet and Higher Education*, 33, 86 – 92.

Whitney B.G, Jeffrey J., Cathy M., Anant K. (2015). Changing the Learning Environment in the College of Engineering and Applied Science Using Challenge Based Learning. *International Journal of Engineering* Pedagogy, 5(1), 33-41.

CAPÍTULO 8

# LA LIGA DE LOS RETOS

HÉCTOR ESPINÓS MORATÓ
*Universidad Europea de Valencia*

VÍCTOR ILISIE CHIBICI
*Universidad Europea de Valencia*

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día nuestros jóvenes viven una vida llena de innumerables desafíos y altamente cambiante, donde a su vez en más complejo decodificar todo ese océano de información, que tienen a alcance de la mano, para poder entender y comprender el entorno que les rodea.

Este tipo de entornos están empezando a denominarse entornos BANI (quebradizos, ansiosos, no lineales e incompresibles; del inglés Brittle, Anxious, Non-Linear, Incomprehensible).

En un contexto que precisa de un constante reajuste y reevaluación, los métodos de aprendizaje tradicionales no responden de manera efectiva ni con la suficiente velocidad, a las complejas necesidades que el mercado laboral actual reclama.

Estas necesidades se complejizan especialmente en las profesiones STEAM (del inglés Science, Technology, Engeneering, Arts, Mathematics), teniendo en cuenta la aceleración exponencial que está experimentando el desarrollo científico y tecnológico en la actualidad. Por tanto, se hace evidente la necesidad de un cambio de paradigma en la formación superior, en las diferentes áreas de conocimiento y, en especial, en las áreas STEAM.

Por tanto, estos nuevos tiempos requieren de nuevas estrategias pedagógicas [6,8]. Las estrategias y metodologías utilizadas deben de despertar un interés sobre nuestro estudiantado, sobre todo en aquellas áreas o

ramas con alto contenido abstracto y de una dificultad elevada, como es el campo de la programación.

Con esta finalidad la Universidad Europea de Valencia (UEV) se ha realizado una experiencia en varias asignaturas de programación (concretamente de 3 grados del área STEAM diferentes y en dos cursos distintos) a la que hemos denominado "La liga de los retos" basada principalmente en la metodología Challenge Based Learning (CBL) o aprendizaje basado en retos [10], a la que se han incorporado experiencias gamificadoras [1], creando de esta manera un sistema de retos que ha facilitado el aprendizaje de nuestros estudiantes convirtiendo el aula en una experiencia de juego y simulación.

## 2. OBJETIVOS

A nivel general los objetivos a cubrir por la experiencia han sido:

- Potenciar y desarrollar el pensamiento indagativo entre nuestro alumnado.
- Desarrollar el aprendizaje autónomo del alumnado, haciéndoles protagonistas activos de su propio aprendizaje.
- Fomentar el cambio de paradigma del profesorado en cuanto a su forma de ver la enseñanza. Pasar de ser "hacedor de..." a ser "acompañante, guía junto a…".
- Permitir adaptar de forma individual el nivel de exigencia a las capacidades individuales de cada estudiante con la finalidad de maximizar su potencial.

A nivel competencial, con esta experiencia se han abordado los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar la capacidad del estudiante para integrarse y colaborar de forma activa con otras personas, áreas y/u organizaciones para la consecución de objetivos comunes.
- Que el estudiante sea capaz de evaluar de forma crítica la información, descomponer situaciones complejas en sus partes

constituyentes, reconocer patrones, y considerar otras alternativas, enfoques y perspectivas para encontrar soluciones óptimas, siendo capaz de aceptar, valorar e integrar posiciones distintas, adaptando el enfoque propio a medida que la situación lo requiera, así como trabajar con efectividad en situaciones de ambigüedad.

## 3. METODOLOGÍA

Para el diseño y desarrollo de la experiencia de la Liga de los Retos se trabajó en la fusión de tres metodologías activas empleadas actualmente para un aprendizaje más efectivo del propio alumno.

La finalidad de esta experiencia era crear un entorno de trabajo en el que el estudiante adquiriera una serie de competencias como:

- Que el estudiante adquiriera un conjunto de habilidades que le permitieran seleccionar estrategias de búsqueda, análisis, evaluación y gestión de la información procedente de fuentes diversas, así como para aprender y poner en práctica de manera independiente lo aprendido.
- Que tuviera la capacidad para integrarse y colaborar de forma activa con otras personas para la consecución de objetivos comunes.
- Finalmente, que fuera capaz de evaluar de forma crítica la información, descomponer situaciones complejas en sus partes constituyentes, reconocer patrones, y considerar otras alternativas, enfoques y perspectivas para encontrar soluciones óptimas a problemáticas propuestas.

La primera de las metodologías empleadas es al que se conoce como aula invertida (o flipped classroom, en su forma inglesa).

El modelo pedagógico basado en el aula invertida [5,9,11] consiste en transferir parte de los procesos de aprendizaje más teóricos fuera del aula, utilizando la mayor parte del tiempo del aula en la práctica y en la generación de ideas y debate. Esta metodología didáctica responsabiliza

al propio estudiante de su aprendizaje, mejorando su autonomía, desarrollando su proactividad y pensamiento creativo.

La segunda de las metodologías que se han utilizado es la conocida por aprendizaje basado en retos (o challenge based learning en su forma inglesa). En este caso este enfoque pedagógico parte del objetivo de involucrar al propio estudiante en problemáticas reales y significativas relacionadas con la materia impartía, y cuya finalidad en nuestra experiencia buscaba la potenciación en la resolución de problemas y en pensamiento indagativo por parte de nuestro estudiantado [3,10].

Por último, la última de las metodologías pedagógicas utilizadas ha sido la ludificación [i,4,9]. La idea parte de convertir el aula en una experiencia de juego y simulación, reforzando de esta manera los conocimientos adquiridos por nuestros estudiantes.

## 4. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Antes de detallar como se llevó a cabo la experiencia propuesta, se muestra la contextualización en la que tuvo lugar.

### 4.1 Asignaturas implicadas

Para el desarrollo de la experiencia se escogieron asignaturas básicas de tres grados del área STEAM relacionadas con la programación (en concreto de los grados de Física, de Ingeniería de Organización Industrial y de Ciencia de Datos).

En particular, se escogieron, de los planes de estudio correspondientes, las siguientes asignaturas:

- Aprendizaje Automático (correspondiente al tercer curso del Grado Ciencia de Datos)
- Fundamentos de la Programación y Computación (correspondiente al primer curso del grado de Ingeniería de Organización Industrial)
- Computación Científica I (del primer curso del grado en Física)

- Fundamentos de la Programación (también del primer curso del grado en Ciencia de Datos)

La asignatura de Aprendizaje Automático se escogió como piloto y sirvió de control para la comparación de resultados.

### 4.2 Alumnos y profesorado implicados

Alrededor de 93 estudiantes de los grados de Ingeniería de Organización Industrial, Física y Ciencia de Datos (éstos últimos siendo alumnos de los cursos primero y tercero del correspondiente grado).

La experiencia se llevó a cabo bajo la guía y supervisión de los profesores Dr. Víctor Ilisie Chibici y Dr. Héctor Espinós Morató.

Una vez presentado el contexto en donde se realizó la experiencia, pasamos, a continuación, a describir como se realizó el diseño experimental.

### 4.3 Diseño experiencial

El diseño experimental se basó en tres grandes ejes (ver figura 1):

- ATRACCIÓN. Debíamos crear experiencias retadoras que atrajeran el interés de los estudiantes basándonos en sus afinidades. Paralelamente debían resolver problemas reales del mundo actual y crear una simbiosis con los contenidos curriculares que los estudiantes deben asimilar.

- IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO PROACTIVO. Las experiencias retadoras debían de desarrollarse e implementarse de forma autónoma por el alumnado, siendo la figura del profesorado de meros acompañantes o guías. Por otra parte, en esta fase se puso mucho énfasis en que las soluciones y desarrollos debían de ser comunicados y explicados al Aula por los propios estudiantes, creándose debates abiertos sobre cuáles podrían ser las mejores estrategias de abordaje de los distintos retos.

- INVESTIGACIÓN. Los distintos retos debían de seguir el método científico y facilitar la labor de investigación por parte de los

***FIGURA 1.*** *Esquema del diseño experimental seguido para la realización de la Liga de los Retos.*

Fuente: Elaboración propia

## 4.4 La liga de los Retos

Una vez descrito el diseño que se llevó a cabo para el desarrollo de las distintas experiencias de la Liga de los Retos, se muestra, a continuación, su correspondiente desarrollo.

### 4.4.1 Tipos de retos

La liga se planteó con dos tipos de retos. Los retos directos y los retos indiscriminados. Resumimos en la siguiente tabla las características específicas los diferentes tipos de retos (tabla 1).

***TABLA 1.*** *Diferencias entre los distintos tipos de retos incluidos en la Liga de los Retos*

| DESAFÍOS DIRECTOS | DESAFÍOS INDISCRIMINADOS |
|---|---|
| Son lanzados por el profesor | Son retos espontáneos propuestos por los propios estudiantes (previa aceptación del profesor/a). |
| Pueden requerir varias etapas | Son cortos y muy concretos |
| Tienen un deadline exprés | No tienen un deadline determinado |
| Pueden ser de resolución individual o grupal | Son de resolución grupal (parejas) |
| Los realizan todos los estudiantes del Aula | Son lanzados a toda el Aula o sólo a determinados equipos (estrategia) |

### 4.4.2 Los retos (o desafíos) y su funcionamiento

Un aspecto importante que resaltar es el hecho de que los desafíos se realizan en entornos seguros, es decir, si el estudiante no resuelve correctamente un desafío, no le va a producir una penalización en su evaluación.

Con esta sencilla premisa se consigue que el alumnado no tenga miedo a proponer e implementar sus propias soluciones e hipótesis, potenciando de esta manera natural su confianza y su creatividad.

Pero ¿de qué manera pueden proponer los/las alumnos/as un reto? Para ello es necesario seguir dos siguientes pasos:

- Como se ha comentado anteriormente, cada grupo está formado por una pareja o a lo sumo un trío. El grupo crea un reto que tiene que resolver previamente y se lo envían al profesor/a.
- El docente revisa el reto, y si éste considera que tiene nivel suficiente y se alinea con los contenidos y temario dado, se lanza oficialmente a toda la clase o a un determinado grupo.
- Si el grupo que crea el reto para "lanzarlo" a sus compañeros y compañeras, al pasarlo al docente, dicho reto no está bien resuelto, el docente devuelve éste al equipo para que rehaga la solución propuesta.

Para el buen funcionamiento de los distintos desafíos, al principio del semestre junto con el alumnado se propone el seguimiento de una serie de normas, que el docente consensua con los estudiantes.

Por ejemplo, algunas de las normas que se propusieron con el alumnado son:

- Un grupo quiere avanzar en la clasificación. El grupo puede desafiar a un grupo que esté por delante en la clasificación. Si el equipo retador lo hace correctamente suma puntos y el equipo retado pierde los correspondientes (según la puntuación acordada anteriormente por el docente y su alumnado) y viceversa.
- Un grupo, en este caso está bastante bajo en la clasificación general. Este grupo en este caso puede pedir ayuda a otro grupo para resolver el reto. Si entre los dos grupos lo resuelven bien, los puntos ganados se reparten equitativamente entre los dos grupos.

Estas dos normas propuestas tienen, en este caso, dos objetivos distintos. La primera, fomentar una competitividad sana entre el alumnado, siendo, además, una fuente adicional de motivación. En cambio, la segunda de las normas tiene la finalidad de fomentar el trabajo colaborativo dentro del aula.

En el caso de la experiencia presentada, la puntuación o "scoring" que se estableció para la suma de puntos fue el siguiente: 3 puntos para reto correctamente resuelto, 1 punto para aquellos retos en los que no se ha resuelto correctamente alguna de las partes o no se ha justificado como es debido. En base a este scoring, se van formando una serie de subliguillas y torneos entre el diferente tipo de alumnado.

### 4.4.3 ¿Como se articulan los retos en las asignaturas?

A modo de ejemplo, se muestra cómo se articula la Liga de los Retos en dos de las asignaturas en las que se ha implementado. En este caso usaremos Aprendizaje Automático (tercer curso del grado de Ciencia de Datos) y Computación Científica I (primer curso del grado de Física).

Caso Aprendizaje Automático (Grado en Ciencia de Datos)

Los contenidos curriculares de esta asignatura se dividen en ocho bloques de las mismas características. Se ha escogido a modo de ejemplo el módulo de algoritmos no supervisados de Machine Learning.

Las sesiones de trabajo de dicha asignatura seguirían el siguiente esquema (ver figura 2) y se sigue a lo largo de los distintos bloques.

***FIGURA 2.*** *Esquema del diseño de un bloque de contenidos y como está implementada la Liga de los Retos en el flujo de trabajo.*

Fuente: Elaboración propia

En una primera etapa y utilizando una metodología flipped classroom se imparten los principales contenidos teóricos que los alumnos estudian en casa, utilizando las dos primeras sesiones de clase para practicar los conocimientos adquiridos. En este caso, el estudio de los principales algoritmos de clústering.

En una segunda etapa, se plantea una pregunta y una temática a trabajar, que a priori nada o poco tiene que ver para el alumnado con los contenidos que se están impartiendo. En este caso concreto se plantea las diferentes formas de comprimir y enviar información a los dispositivos.

Paralelamente a este tema de investigación, el profesor actúa de guía y lanza el primer reto a los alumnos con la finalidad de encontrar puntos de unión entre los contenidos de la materia y la temática de investigación que se está realizando. En concreto, se lanza el reto del uso de técnicas clústering para comprimir información de imágenes. En este punto pueden salir desafíos espontáneos realizados por los alumnos. Por ejemplo, en este caso ¿cómo segmentar imágenes de satélite mediante distintas estrategias de clústering?.

En este punto, se favorece un debate activo en el que el alumnado propone las diferentes estrategias y desarrollos que van a seguir exponiéndoselos a sus compañeros/as, a la vez que reciben de ellos/as feedback de forma constructiva.

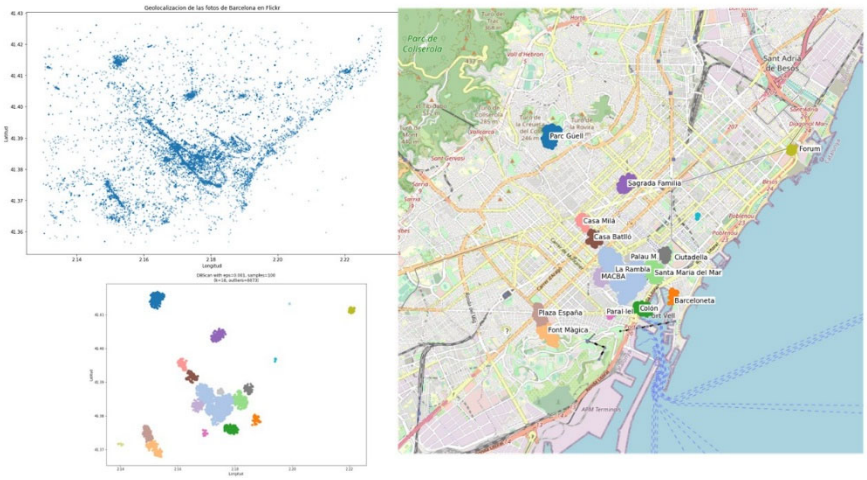
Una vez se resuelven los distintos retos, el profesor en este caso lanza un reto mayor que implica un trabajo de investigación por parte del alumnado y un mayor esfuerzo temporal. En este caso concreto, como detectar puntos de interés turísticos a través de fotografías realizadas por usuarios de redes sociales y técnicas de clústering.

En las figuras 3 y 4 podemos ver ejemplos de dos de los retos propuestos en este bloque.

***FIGURA 3.*** *Reto de compresión de imágenes basándose en técnicas de clústering usando los canales de colores (la alumna ha dado permiso al uso de los resultados de su trabajo para su utilización en este artículo).*

Fuente: Elaboración propia

***FIGURA 4.*** *Desafío consistente en encontrar los puntos turísticos en ciudades a partir de imágenes de móvil realizadas por usuarios y extraídas mediante una técnica de web scrapping de distintas redes sociales (la alumna ha dado permiso al uso de los resultados de su trabajo para su utilización en este artículo).*




Fuente: Elaboración propia

Caso Computación Científica I (Grado en Física)

En el caso correspondiente a esta asignatura, se siguió un esquema similar de trabajo, pero al tratarse de una asignatura impartida en el primer curso de grado, se realizaron las modificaciones pertinentes en cuanto a nivel y grado de profundidad y exigencias.

En este caso la dinámica de la clase planteada fue la siguiente:

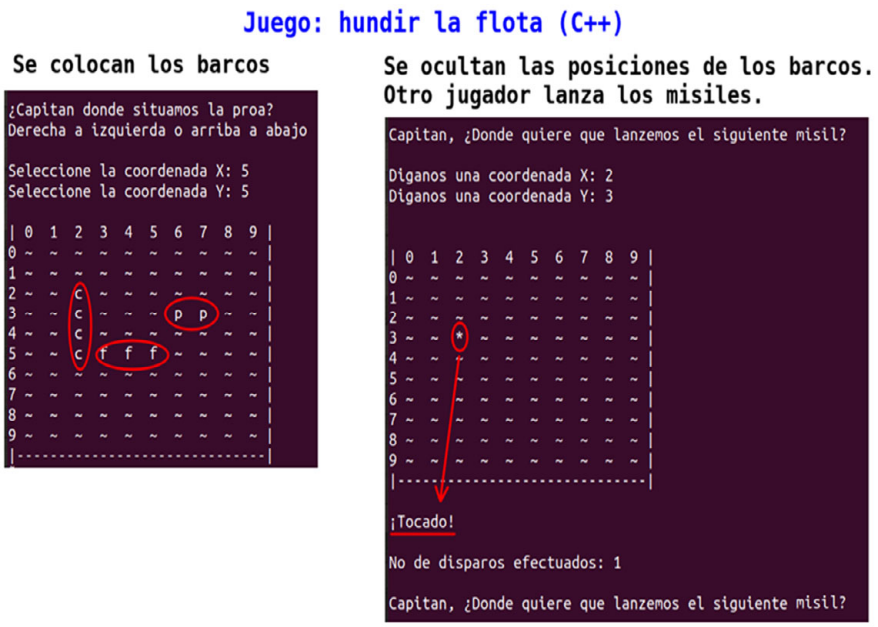
Como primer paso se introdujeron los diversos contenidos (estructuras de código) más usuales del lenguaje de programación de C++.

Posteriormente, se realizaron distintas actividades de asimilación de las diferentes estructuras algorítmicas mediante pequeñas actividades a resolver en clase.

En una tercera fase, el estudiantado proponía al docente desarrollos propios relacionados con las diferentes estructuras de código. En este sentido, el docente alentó a los estudiantes a desarrollar diferentes juegos arcade como por ejemplo los casos de hundir la flota (ver figura 5), o el

juego de la serpiente, e incluso el desarrollo de diferentes simuladores o demos relacionados con conceptos físicos aprendidos en diferentes asignaturas, como un simulador de órbitas planetarias (ver figura 6).

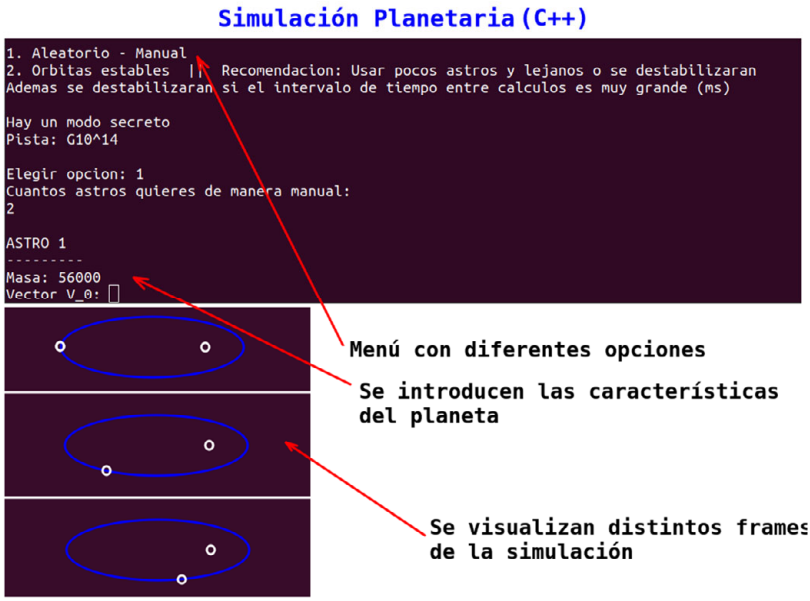
***FIGURA 5.*** *Ejemplo de desarrollo del juego de hundir la flota desarrollado e implementado por uno de los alumnos (el alumno ha dado permiso para el uso del resultado de su trabajo en este artículo).*




Fuente: Elaboración propia

Se ha presentado a modo de ejemplo varios de los desarrollos realizados por nuestro alumnado (siempre bajo su consentimiento) en dos asignaturas de cursos y grados diferentes. No obstante, la Liga de los Retos ha consistido en numerosos retos y desafíos mostrándose en este artículo algunos de ellos y quedando los autores dispuestos, a petición de cualquier persona que esté interesada, a mostrar y/o ceder desarrollos, productos e implantaciones de distintos retos para compartir en el Aula.

***FIGURA 6.*** *Simulador planetario para ver las órbitas planetarias de dos cuerpos. (el alumno ha dado permiso para el uso del resultado de su trabajo en este artículo).*




Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se ha creado un repositorio que contiene diferentes retos/desafíos correspondientes a diferentes niveles de dificultad y asignaturas, desarrollados por nuestros docentes y gestionado por la Universidad Europea de Valencia, para su uso por parte de cualquier profesor en cualquier momento, bajo licencia Creative Commons. De esta manera, con el paso del tiempo, construiremos una base de Retos que pueda ser usada por toda la comunidad docente.

Este acceso se dará bajo petición expresa y personal a los autores de esta publicación, los cuáles serán los encargados de suministrar dicho acceso, siempre y cuando la autoría de los materiales sea citada y haya un motivo didáctico y pedagógico para su uso.

## 5. DISCUSIÓN

En este apartado se describe de forma breve el análisis cuantitativo que se realizó de las encuestas que se les facilitó a los estudiantes antes, durante y al finalizar el semestre.

En este análisis se les preguntó por tres aspectos: la metodología empleada, el impacto en el aprendizaje efectivo por su parte y por el modelo académico utilizado en la Universidad Europea -UE.

### 5.1 Aspectos relevantes en cuanto a la metodología empleada

En este aspecto, el recibimiento del uso de la metodología de aprendizaje activo "*flipped classroom"* por parte del estudiantado fue en general, positivo. No obstante, hubo algunos alumnos y alumnas que manifestaron el hecho de que el uso de clase invertida les "obligaba" a trabajar más en periodos de tiempo cortos y, por tanto, estar más al día con los contenidos de la asignatura. Algunos estudiantes que, en particular, trabajaban a la vez que cursaban sus estudios, manifestaron que en algunos casos puntuales tenían alguna dificultad en mantener el ritmo. Sin embargo, la mayoría de ellos (incluido este grupo en particular) manifestaron que, tal como hemos mencionado anteriormente, este método les ayudaba a llevar la asignatura al día. Además, manifestaron que dedicar más tiempo a la práctica durante el transcurso de la clase les permitía afianzar de mejor forma los conocimientos adquiridos.

Por otro lado, acogieron de buen grado la introducción de elementos lúdicos en su proceso de aprendizaje, manifestando que las lecciones teóricas no se les hacían "tan pesadas", y que, además, adquirían una mejor visión de la aplicación práctica de algunos de los conceptos teóricos impartidos en la asignatura.

Por último, el uso de metodología basada en retos y/o proyectos fue un éxito, ya que prácticamente la totalidad de los estudiantes mostraron explícitamente su preferencia hacia este tipo de actividades, y no tanto hacia los "típicos" estudios de caso. También cabe destacar la existencia un grupo de alumnos que manifestó abiertamente su conclusión, que consistía en que dicha forma de trabajar les "dejaba" más libres a la vez que fomentaba su creatividad, afirmando, además, que "con otro tipo de

ejercicios no podían tomar ningún tipo de decisión" (aludiendo a la excesiva pauta en los ejercicios que imponen algunos de los profesores).

### 5.2 Aspectos relevantes sobre el impacto en el aprendizaje efectivo por parte de los estudiantes

Alrededor de dos tercios de los estudiantes que participaron en la experiencia de la Liga de los Retos manifestaron haber adquirido un conocimiento más profundo de las competencias técnicas que supuestamente deben adquirir cursando la asignatura. Además, han manifestado que, esta forma específica de abordar la asignatura les sirvió de mucha ayuda, ya que les permitió entender mejor las bases teóricas.

En este punto, nos gustaría destacar que la experiencia positiva fue bidireccional, puesto que los docentes coordinadores de dicha experiencia, y aquellos docentes que ayudaron en su implementación, manifestaron no estar "tan encorsetados" a la hora de plantear algunos aspectos de la teoría. Además, pudieron recurrir a casos más realistas, incluso del ámbito más profesional, pudiendo proponer retos que específicos propuestos por algunas de las empresas colaboradoras de la Universidad Europea de Valencia. En este aspecto, también cabe destacar la participación en una "competición de datos" por parte de los estudiantes del tercer curso del grado en Ciencia de Datos, en uno de los equipos de "fórmula E", para la optimización de la forma de conducir de los pilotos de una de las escuderías.

Algunas de las expresiones manifestadas por los alumnos fueron: "…Esta asignatura me ha dado las bases para saber integrarme en el mundo profesional: trabajar en equipo, aprender a desarrollar proyectos mediante metodologías ágiles…" o "…mejoró enormemente mi capacidad de decisión frente a problemas, así como mi capacidad y habilidades a la hora de la toma de decisiones. Además, estas decisiones no fueron basadas en la intuición sino en datos…".

### 5.3 Aspectos relevantes sobre el impacto del modelo académico utilizado en la Universidad Europea

Por último, y de forma más general, se les preguntó por el impacto generado por el modelo académico utilizado en la Universidad Europea.

En este caso los alumnos manifestaron estar muy contentos (salvo alguna excepción aislada y no significativa estadísticamente) con el modelo académico utilizado por la institución. Algunos de los comentarios incidían en el hecho de que este tipo de asignaturas facilitan la adaptación al entorno profesional, además de ayudarles en el futuro desempeño de sus actividades.

Además, manifestaron su agrado con algunas técnicas punteras mostradas en las asignaturas, felicitando a los docentes, por tanto, por su conocimiento de la materia como por su actualización y uso de las técnicas más novedosas. Citamos a modo de ejemplo, en este caso, el uso de autoencoders variacionales (VAEs), el aprendizaje de redes adversarias o antagónicas (las conocidas como GANs), o la computación evolutiva y algunos ejemplos de computación cuántica.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se describiremos de manera resumida, los principales resultados basados en la evaluación de la efectividad de la experiencia planteada:

### 6.1 A nivel del estudiantado:

- Un gran aumento en la autonomía en el aprendizaje de los estudiantes
- Un aumento elevado (en un 9% aproximadamente) de la motivación del alumnado.
- Los estudiantes manifestaron abiertamente el hecho de que “con este sistema no tenían tanto miedo a fallar” y “hacer las cosas mal”.

- Generó un refuerzo en aquellas personas que tenían más dificultades con el seguimiento de la asignatura, ya que poder recibir ayuda por parte de su grupo de iguales, se resintió como algo verdaderamente positivo.

### 6.2 A NIVEL DEL PROFESORADO:

Paralelamente, también se realizó una evaluación a nivel del profesorado involucrado en esta experiencia. Dicho conjunto de profesores manifestó que, poner en práctica este tipo de iniciativas condujo a:

- Una comunicación mucho más fluida entre el profesorado y el alumnado, siendo la labor del profesor/a, la de guía, estableciendo ese acompañamiento continuo al alumno/a.

- Facilitó la generación un feedback inmediato por parte del profesor a los alumnos, pudiendo establecer con criterio y anterioridad los recursos necesarios para la consecución, con éxito, de los respectivos retos planteados, pudiendo así alcanzar los objetivos de aprendizaje planteados inicialmente.

También se detectaron los siguientes dos puntos de mejora:

- Implantación de la metodología de trabajo basada en aprendizaje basado en retos (CBL) de forma paulatina, ya que alumnos de primer curso no habían trabajado con este tipo de metodología, con lo que en algunos casos fue necesario cierta adaptación.

- Conseguir una mayor relación entre los retos de forma que atraigan por igual a diferente perfil de estudiante. Hemos detectado que en algunos casos algunas temáticas atraen más al alumnado de cierto grado mostrando otros grados un interés distinto.

## 7. CONCLUSIONES

En general la comunidad docente está de acuerdo en que la innovación educativa es parte importante sino esencial del proceso de aprendizaje, siendo evidente a nivel científico, que el uso de metodologías activas proporciona mayores beneficios y resultados de aprendizaje, comparados con aquellos métodos de enseñanza "más" tradicionales.

En la opinión de los autores, experiencias tales como la Liga de los Retos, dónde no sólo se utiliza una metodología activa, sino que, además, confluyen el uso de distintas de ellas, desde ludificación a *flipped classroom*, siendo el eje central un aprendizaje basado en retos, proporciona a los estudiantes un marco inmersivo de experiencias, dónde los protagonistas de su propio aprendizaje son los mismos estudiantes. De esta manera se les facilita un marco de trabajo seguro, en el cual pueden desarrollar su creatividad, aprendiendo en muchas ocasiones a modo de "prueba y error". Constituyen, además, un entorno en el cual pueden enfrentarse a problemas profesionales, desde diferentes enfoques y perspectivas, en colaboración activa con sus compañeros, y teniendo un feedback continuo tanto de su grupo de iguales como de la figura del profesor.

Por otro lado, también queríamos destacar que esta "buena práctica" es extrapolable y escalable a diferentes grados, de diferentes niveles e incluso de diferentes áreas, no estando sujeta solo al área STEAM.

Por último, con dicha metodología también se pretende aportar a la comunidad docente un conjunto formado por diversos materiales, desafíos, retos, etc, bajo libre licencia, creando una plataforma administrada por la Universidad Europea, con materiales para su libre uso e implementación, que además pueda ser ampliada por los docentes interesados.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer primeramente a la Universidad Europea de Valencia por el apoyo e interés en la innovación docente, y por proporcionar los recursos necesarios para la realización de esta experiencia.

Por otro lado, también desean agradecer a los alumnos por manifestar su interés en la participación en este proyecto y por compartir con nosotros sus impresiones y opiniones con respecto a las actividades propuestas y desarrolladas.

## 9. REFERENCIAS

[1] Buckley, P., y Doyle, E. (2014). Gamification and student motivation. Interactive Learning Enviroments, 24 (6), 1162 - 1175. doi: https://doi.org/10.1080/10494820.2014.96426

[2] Conde, M.Á., García-Peñalvo, F.J., Á Fidalgo-Blanco, y Sein- Echaluce, M.L. (2017) . "¿Podemos aplicar herramientas de análisis de aprendizaje en contextos de aprendizaje basado en retos?" Lecture Notes in Computer Science, vol. 10296 LNCS, pp. 242-256. Doi: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7751849/

[3] Malmqvist, J., Rådberg, K. K., Lundqvist, U. (2015). Análisis comparativo de experiencias de aprendizaje basadas en retos. En Proceedings of the 11th International CDIO Conference, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, PR China. http://rick.sellens.ca/CDIO2015/final/14/14_Paper.pdf

[4] Martí, J., Seguí, D., y Seguí, E. (2016). Teachers' attitude towards and actual use of gamification. Procedia – Social and Behavioral Sciences, (228), 682 – 688. doi: https://doi.org/10.1016/j.sbs- pro.2016.07.104

[5] Muldrow, Karen. "A New Approach to Language Instruction— Flipping the Classroom." The Language Educator (2013): 28–31. Print.

[6] Nascimento, N., Santos, A., Sales, A., Chanin, R. (2019). Una Investigación de los Factores que Influyen en la Enseñanza en Entornos de Aprendizaje Activo. Doi: 10.1145/3350768.3353819.

[7] Poondej, Ch., y Lerdpornkulrat, T. (2016). The development of gamified learning activities to increase student engagement in learning. Australian Educational Computing, 31 (2), 1 - 16.

[8] Ramírez-Mendoza, R. A., et al., (2018) "Towards a disruptive active learning engineering education", IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Tenerife, 2018, pp. 1251-1258. https://ieeexplore.ieee.org/document/8363373

[9] Strayer, Jeremy F. "How Learning in an Inverted Classroom Influences Cooperation, Innovation and Task Orientation." Learning Environments Research 15.2 (2012): 171–193. CrossRef. Web. 2 Nov. 2014.10.1016/j.iheduc.2017.02.002

[10] Whitney B.G, Jeffrey J., Cathy M., Anant K. (2015). Changing the Learning Environment in the College of Engineering and Applied Science Using Challenge Based Learning. International Journal of Engineering Pedagogy, vol. 5, no. 1, pp 33-41, 2015.

[11] Yildrim, I. (2017). The efects of gamification-based teaching practices on student achievement and students' attitudes toward lessons. Internet and Higher Education, 33, 86 – 92. Doi https://doi.org/ Lage, Maureen J, Glenn J Platt, and Michael Treglia. "Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment." The Journal of Economic Education 31.1 (2000): 30–43. Print.

CAPÍTULO 9

# EL APRENDIZAJE SERVICIO EN LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS. EXPERIENCIAS DE ÉXITO

ÁUREA ANGUERA DE SOJO HERNÁNDEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

HELENA LIZ LÓPEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

FRANCISCO JAVIER TORREGROSA LÓPEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

GUIILERMO VILLAR RODRÍGUEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se han convertido en una herramienta fundamental para la resolución de problemas de la sociedad actual, en especial en el campo de la innovación y el desarrollo. Es por ello por lo que la necesidad de formación de profesionales adecuadamente cualificados ha aumentado exponencialmente. Para alcanzar este fin, es fundamental que la educación en estas materias a nivel universitario cumpla el objetivo de formar a los estudiantes en esta área, buscando desarrollar su conciencia de la implicación de su ejercicio laboral en la sociedad y de las capacidades para cambiar y mejorar el entorno en el que se desenvuelven. Se trata de acercar a los estudiantes desde su etapa universitaria a la realidad social, a los impactos que su futura actividad profesional genera en la sociedad, tanto positivos como negativos, y a los aspectos en los que tienen capacidad de influencia para el cambio y mejora de todos ellos.

Una de las vías para alcanzar este objetivo puede ser la metodología de Aprendizaje por Servicio (ApS), que busca la combinación del proceso

de aprendizaje con el compromiso social. En el ámbito de la educación superior las metodologías ApS buscan formar profesionales cualificados que formen parte de una ciudadanía comprometida con el bien común mediante propuestas de docencia, investigación y transferencia del conocimiento que integran tanto la parte académica como la social. Así, una metodología ApS se puede definir como «una metodología de enseñanza y aprendizaje que consiste en vincular los aprendizajes curriculares adquiridos en una o más materias con la prestación de un servicio solidario a la comunidad, mediante el diseño de un proyecto educativo» (Juan José Carracedo Doval, 2019). Otra definición bastante aceptada por la comunidad educativa es la de Roser Batlle, que, después de analizar distintas panorámicas y formas de entender el ApS, lo define como «una propuesta educativa que combina procesos de aprendizaje y de servicio a la comunidad en un solo proyecto bien articulado en el que los participantes se forman trabajando sobre necesidades reales del entorno con el objetivo de mejorarlo» (Josep M. Puig, 2007).

Analizando las distintas definiciones podemos concluir que esta metodología supone un proyecto educativo con utilidad social. Este tipo de metodologías implican, porque así se recoge en todas las acepciones analizadas, desarrollar un proyecto en colaboración con entidades externas, en el que se garantice el aprendizaje de los estudiantes; su implicación en actividades con un impacto social definido, y una práctica reflexiva por parte de todos los agentes que participan en el proyecto. En los últimos años, el concepto de ApS ha evolucionado en el ámbito universitario, añadiendo también la práctica reflexiva como parte integrante necesaria para el crecimiento de estos proyectos. De esta forma, «la propia naturaleza del aprendizaje-servicio, en cuanto que proyecto común de las entidades sociales y de la universidad, se convierte en una estrategia formativa y de vinculación con la responsabilidad en la formación universitaria y, en este contexto, la práctica reflexiva contribuye a la formación de profesionales comprometidos, ética y socialmente» (Victoria Morín-Fraile, 2020). Así, los estudiantes tienen la oportunidad de aprender afrontando problemas reales, con la capacidad de mejorar la situación a la que se enfrentan, y el profesorado tiene la oportunidad de realizar una innovación, investigación y transferencia de conocimiento

responsable y con impacto social. Por tanto, el aprendizaje-servicio es una filosofía de la educación superior que refuerza el enfoque humanista de la universidad en el siglo XXI.

Para poder llevar a cabo esta metodología se necesita la colaboración del profesorado implicado, que, junto con los estudiantes y las personas o entidades receptoras del mismo, crean el espacio de cooperación imprescindible para el éxito de esta.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es analizar la experiencia de implementación de una metodología de ApS en los grados de ingeniería informática que se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSISI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Este objetivo, a su vez, está vinculado a otros objetivos que también se pretenden conseguir con el ApS, como son el desarrollo de las competencias transversales asociadas a la asignatura en las que se va a llevar a cabo esta experiencia.

De acuerdo con los planes de estudio de cada uno de los títulos en materia de capacidades, competencias y destrezas generales, se establece que la formación de los títulos de Graduado en Ingeniería de Computadores, Graduado en Ingeniería de Software, Graduado en Sistemas de Información y Graduado en Tecnologías para la Sociedad de la Información permite al egresado adquirir distintos niveles de profundización en distintas competencias, que constituyen los Objetivos Básicos (OB) del título de graduado en Ingeniería Informática. En el caso concreto de esta experiencia, el objetivo perseguido es el OB11: «capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad de Ingeniero en Informática» (Consejo de Universidades, 2009).

Este objetivo básico se refleja en distintas competencias descritas en el Acuerdo del Consejo de Universidades por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Química, en el que se

establecen distintos niveles competenciales asociados a todos los títulos oficiales de estas áreas. Estas competencias se estructuran en Competencias Transversales (CT), Competencias Básicas (CB) y Competencias Comunes (CC). En el ámbito de la asignatura en el que se va a desarrollar la metodología propuesta, las competencias recogidas en los distintos planes de estudio mencionados son las siguientes:

- CT9. Responsabilidad social y medioambiental: Conocimientos, habilidades y actitudes para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los aspectos sociales, ambientales y éticos inherentes a la ingeniería informática.
- CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CC2. Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y valorando su impacto económico y social.

De este modo, el segundo objetivo del proyecto es medir el grado de consecución de estas competencias por los alumnos participantes respecto al grado de desarrollo de estas mismas competencias en los alumnos que han seguido otras metodologías en la misma asignatura.

Por último, el tercer objetivo del proyecto es, en el contexto del ApS, vincular los trabajos realizados por los alumnos con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La vinculación vendrá dada por el carácter de los trabajos concretos que sean asignados a los alumnos. De manera transversal, en todos los casos hay dos ODS que se abordan, y son el ODS4 (Educación de calidad) y el ODS17 (Alianzas para lograr los Objetivos). Y como se explica en el apartado de Metodología, se abordan otros ODS que están directamente relacionados con los trabajos concretos en los que han participado los alumnos.

***FIGURA 1:*** *Diagrama de los objetivos de la metodología ApS.*

## 3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta metodología aplicada, hemos seguido las pautas establecidas en la Guía de Aprendizaje Servicio elaborada por la Universidad Politécnica de Madrid (Universidad Politécnica de Madrid. Oficina Aprendizaje Servicio UPM, 2021).

En un primer momento se ha seleccionado una asignatura común a todos los grados de la ETSISI en la que desarrollarla. La asignatura elegida ha sido Aspectos Éticos y Sociales, de primer curso, en el segundo semestre. La finalidad de la experiencia se ha vinculado también a la consecución de algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con los proyectos en los que los estudiantes han participado. Se han determinado distintas etapas para la puesta en práctica de esta experiencia:

– Preparación y planificación (detección de necesidades, selección de colaboradores).

– Ejecución y puesta en marcha del proyecto.

– Cierre y evaluación.

***FIGURA 2:*** *Diagrama de las diferentes fases de la metodología ApS.*

## 3.1 PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN

En esta primera fase del proyecto vamos a definir la asignatura en la que va a llevarse a cabo y las entidades designadas para realizar la colaboración. También se describen las etapas establecidas para desplegar el proyecto.

### 3.1.1 Asignatura elegida

Como exponemos en la introducción, la asignatura elegida para implementar la metodología ApS es la asignatura Aspectos Éticos y Sociales. En esta materia se ponen las bases para la adquisición de algunas competencias transversales básicas para el ingeniero, como el respeto al medio ambiente y el razonamiento crítico, y se estudian otras, como la Ética o las implicaciones sociales de la tecnología, para el desarrollo profesional del ingeniero informático.

La asignatura está dirigida a introducir a los alumnos en los temas éticos y sociales relacionados con la actividad del ingeniero informático, tanto en su desarrollo profesional como en el ámbito de las organizaciones. También se abordan otros contenidos como son los impactos sociales y medioambientales que genera la tecnología tanto en las personas como en las organizaciones y en la sociedad. La aproximación se realiza desde un punto de vista eminentemente práctico, a través de estudios de caso que reflejen situaciones reales y con el análisis de documentos que encontrará el alumno en su futuro profesional (códigos éticos, políticas de responsabilidad social corporativa…).

Los contenidos que se abordan en esta asignatura son:

- Responsabilidad social de la ingeniería: tecnología y sociedad.
- Responsabilidad social del ingeniero y de las empresas.
- Las TIC en la sociedad actual.
- TIC y medioambiente.
- Deontología profesional y papel de los códigos deontológicos.

La evaluación de la asignatura combina actividades individuales y actividades en grupo. Dentro de las actividades grupales que se proponen, se ha ofrecido a los alumnos la opción de participar en este proyecto de ApS y,como parte de la evaluación del mismo, compartir las experiencias vividas con el resto de los alumnos y los profesores una vez finalizado, así como una valoración crítica, aportando los puntos fuertes y débiles del estudio. Esta opción de ApS se encuadra dentro de la aproximación que se pretende realizar a las distintas temáticas de la asignatura, y se ofrece junto con otras opciones a los estudiantes para profundizar sobre uno de estos temas. Los contenidos que se eligen son aquellos en los que las TIC tienen un impacto mayor (tanto positivo como negativo) en los aspectos de índole social.

Además de los impactos concretos que una tecnología pueda suponer en el entorno (ya sea a nivel ambiental, social…), las distintas actividades de esta asignatura se encuentran también enmarcadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, especialmente en

localizar o proponer aspectos o materias en los que las TIC puedan contribuir a su desarrollo y consecución.

Dadas las características que hemos descrito de la asignatura, la metodología de ApS supone una oportunidad para acercar a los estudiantes los retos que plantean las tecnologías en la sociedad, aunando el aprendizaje con la posibilidad de desarrollo de un proyecto real y la reflexión posterior, con un análisis crítico y tranquilo sobre la experiencia.

### 3.1.2 Entidades Colaboradoras

La Universidad Politécnica de Madrid apuesta por el ApS al considerarlo una herramienta muy potente de aprendizaje y transformación social. Además, se ha vinculado el desarrollo de estas experiencias a los ODS, entendiendo que estas actividades de ApS pueden orientarse a algunas de las metas definidas en los ODS (Universidad Politécnica de Madrid, s.f.).

***FIGURA 3:*** *Infograma ApS-ODS (Ferrandis, S. 2019).*

En este contexto, la UPM ha llegado a acuerdos con distintas entidades, tanto públicas como privadas, en las que los alumnos de la universidad pueden realizar su aprendizaje y mejorar sus competencias hacia la mejora de la sociedad o el medioambiente.

En el caso concreto que presentamos, el acuerdo se celebró con la Fundación Cibervoluntarios, una ONG española de ámbito internacional cuyo principal objetivo es promover el uso y conocimiento de la tecnología como un medio para paliar brechas sociales, generar innovación social y empoderamiento en la ciudadanía, así como favorecer sus derechos y potenciar sus oportunidades. Su forma de trabajar se basa en la colaboración con otras entidades, instituciones, organismos, y personas que tengan inquietudes sociales y quieran colaborar en sus proyectos.

Una de las líneas de acción de la Fundación Cibervoluntarios son los ODS. Para alcanzarlos, la Fundación lleva años trabajando en diferentes proyectos.no de ellos es Ideatón por los ODS.

***FIGURA 4:*** *Imagen referida al Ideatón por los ODS*

Fuente: (https://ideaton.org/).

Ideatón por los ODS es un *hackathon* de ideas e iniciativas que se pueden transformar en proyectos que mejoren el entorno y trabajen por los ODS. El objetivo general es formar y dotar de herramientas a las entidades sociales; a las organizaciones y empresas, y a los profesores y

alumnos, para la consecución de la Agenda 2030. Para ello, se organizan formaciones previas y se proponen iniciativas de distintas entidades, y los participantes en el Ideatón eligen aquellas en las que van a participar, desarrollando un proyecto con una alta dimensión social y vinculados a Objetivos de Desarrollo Sostenibles concretos.

### 3.1.3. Proyecto ApS

En esta primera etapa metodológica hemos descrito la asignatura en cuyo marco se desarrolla el ApS así como la entidad con la que se colabora y en la que se establecen los parámetros del mismo.

Tenemos, por tanto, la colaboración con entidades (UPM-Fundación Cibervoluntarios) en las que los estudiantes van a prestar sus servicios y a desarrollar sus procesos de aprendizaje; se define también el proyecto marco, que es el Ideatón por los ODS. La línea temporal que se define para la realización coincide con la impartición de la asignatura de referencia (Aspectos Éticos y Sociales), es decir, de febrero a mayo.

La colaboración y el desarrollo del proyecto tienen una parte común a todos los que participan en él (como veremos en el siguiente apartado), y una parte específica vinculada a alguna de las iniciativas que proponen las entidades que participan, en las que se trata de dar respuesta a un problema o reto concreto de alguna de estas entidades. Al tratarse de alumnos de primer curso, se ha decidido ofrecerles la participación en un proyecto cerrado en el que tendrán que realizar acciones concretas, acordes con el nivel de aprendizaje y formación de este primer curso.

En esta primera experiencia en la asignatura, se ha optado por ofrecer el Ideatón por los ODS como uno más de los posibles temas que la asignatura oferta a los alumnos para trabajar sobre ellos, siendo por tanto voluntario para los alumnos elegir este u otro tema.

Se establece el compromiso entre los profesores que imparten la asignatura, los alumnos y la Fundación, para desarrollar y colaborar en la consecución de los objetivos de las iniciativas de las distintas entidades a las que va dirigida la experiencia, en el marco del Ideatón y en relación con los ODS.

Por último, en esta primera etapa de planificación hay que definir cómo implementar la evaluación y reflexión de la experiencia. Para ello, tenemos que distinguir por una parte la evaluación en el contexto de la asignatura de Aspectos Éticos y Sociales, por otra la evaluación que se lleva a cabo en el Ideatón, y, por último, la reflexión y autoevaluación de los alumnos participantes.

En el siguiente apartado, recogemos de forma más detallada la planificación inicial del proyecto que se ha ofrecido a los alumnos.

### 3.1.4. Planificación

#### Elección del proyecto

En esta primera fase, es el profesorado el que tiene un papel más importante. Se trata de detectar una necesidad social y estudiar posibles vías en las que se pueda colaborar en ella.

Fundamentalmente, tenemos dos opciones; bien una vez detectada la necesidad social se comienza una idea desde cero; o bien se analizan qué actuaciones que están ya en marcha y contribuyen a mejorar esa realidad social, y nos sumamos a ella.

Como ya hemos explicado, dado que se trata de alumnos de primer curso, se ha optado por descartar ideas de cero por escaparse a las posibilidades de los alumnos de este curso. Además, contar con la Fundación Cibervoluntarios y su experiencia en este ámbito nos ha permitido acceder a proyectos o actuaciones ya puestos en marcha y en los que es más fácil integrar a los alumnos de la asignatura con acciones y responsabilidades concretas en una primera toma de contacto con la realidad social.

Por tanto, el profesorado ha decidido implicarse en el desarrollo del Ideatón por los ODS, organizado por la Fundación Cibervoluntarios, y ofrecer a los alumnos como parte de su aprendizaje participar en esta iniciativa y en las actividades definidas en la misma.

Al ser la asignatura Aspectos Éticos y Sociales común, esta tiene un elevado número de alumnos. Por eso, para esta primera experiencia de ApS se ha decidido por parte de los profesores ofrecer esta posibilidad a un grupo reducido de alumnos, con la intención de ampliarlo a más en el

caso de que los resultados sean positivos. De esta forma, en el curso objeto de este artículo, participaron 8 alumnos, divididos en dos grupos diferentes de 4 alumnos.

Planificación del Ideatón

El Ideatón establece distintos bloques que el alumno que participa debe de ir completando, de forma secuencial.

Información Previa: trabajo autónomo e individual de cada participante en el que tiene que conseguir los siguientes objetivos: entender qué es la Agenda 2030 y los ODS. Deberá elegir tres ODS y buscar ejemplos de qué se está haciendo para alcanzarlos.

Visualización de experiencias con impacto social. En esta primera etapa los alumnos ya se han familiarizado con estos contenidos en la asignatura, por lo que es fácil para ellos cubrir este paso.

Bloque 1: primera reunión de todos los participantes, con una breve explicación de la Agenda 2030 y los ODS. A continuación, tiene lugar la presentación de las iniciativas por parte de las entidades; tras esta, se produce la elección de soluciones por parte de las personas participantes y la formación de equipos. Cada participante se unirá a una iniciativa, generando así los equipos de trabajo. Las entidades que albergan tales iniciativas se pueden apreciar en Figura 5.

***FIGURA 5:*** *Entidades de los proyectos del Ideatón por los ODS (https://ideaton.org/).*

AYUNTAMIENTO DE PARLA

adisli
Asociación para la Atención de Personas con Discapacidad Intelectual Ligera e Inteligencia Límite

Los proyectos de estas entidades se presentan a los participantes, que pueden elegir en cuál de ellos quieren colaborar. A partir de la elección de los participantes, se forman los equipos de trabajo, que van a desarrollar las distintas actividades que engloban las iniciativas.

Cada uno de estos equipos comienza a trabajar sobre las iniciativas de cada entidad y se establecen una serie de acciones que se consideran necesarias para poder conseguir los objetivos vinculados a la iniciativa. Con este fin, se celebran reuniones entre los integrantes de cada equipo de trabajo en las que cada participante debe aportar sus ideas. Para ello, se trabaja con plantillas de cada una de las acciones propuestas. En la versión inicial de tales plantillas,se establecen acciones o se completan las que haya podido proponer inicialmente la entidad responsable, y se definen las pautas generales para convertirlas en realidad.

Bloque II: los distintos equipos se reúnen de forma independiente, a diferencia del bloque anterior, donde las reuniones por equipos se han hecho al mismo tiempo, aunque de forma separada. En este segundo bloque, cada equipo trabaja de forma independiente y con su propio calendario, si bien existen fechas de entrega de determinados logros comunes a todos de obligado cumplimiento En este espacio de trabajo se cierran las acciones a desarrollar, se asignan los roles para el desarrollo de las acciones, y se acuerda una presentación final de la iniciativa para compartirla con las entidades y el resto de grupos participantes. Para dar un carácter homogéneo, se da a todos los grupos de trabajo un guión que deben seguir al elaborar esta presentación. Complementariamente, deben diseñar un plan de comunicación para la iniciativa y las acciones que engloba.

Bloque III: se celebra una reunión global en la que todos los grupos comparten el trabajo realizado, con las acciones que proponen y las personas responsables de cada una de ellas. A partir de estas presentaciones, el resto de los participantes y de entidades pueden aportar un *feedback* constructivo para mejorar y validar el trabajo realizado hasta ese momento. Es aquí cuando comienza la puesta en marcha de las acciones diseñadas.

## 3.2. EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO

La puesta en marcha de las distintas acciones debe hacerse con el acompañamiento imprescindible de las entidades a las que están dirigidas, y con el objetivo último de dar respuesta a la necesidad social que se pretende cubrir con esas acciones.

En esta fase de ejecución y puesta en marcha nos vamos a referir a las acciones realizadas por los alumnos de la asignatura, cada una de ellas en un proyecto en colaboración con distintas entidades.

### 3.2.1. Ayuntamiento de Parla.

En esta iniciativa colaboraron cuatro de nuestros alumnos, que se integraron en dos grupos de trabajo con otros alumnos que no conocían de otras escuelas de la UPM. Además, trabajaron para llevarla a cabo con la Concejalía de Infancia y Adolescencia del Ayuntamiento de Parla.

El problema que planteaba la Concejalía se encuadraba en cómo llegar a los adolescentes de la población. Desde esta concejalía se estaban desarrollando muchas acciones dirigidas a los jóvenes del municipio, pero no encontraban respuesta por parte de aquellos a quienes estaban dirigidas.

Las acciones que se han realizado han sido: en primer lugar, realizar un estudio sobre cuáles eran las redes sociales más utilizadas por los adolescentes de Parla para comunicarse entre ellos, y a partir de la información obtenida, desarrollar un canal de Youtube para mejorar la comunicación de la concejalía con los adolescentes, de tal forma que las acciones que se proponen desde la misma tengan una acogida y respuesta mayor entre los jóvenes.

El impacto que se perseguía con estas acciones era conseguir recursos e ideas eficaces que les permitan conseguir ese objetivo de mejorar la comunicación en poco tiempo y con pocos recursos.

Nuestros alumnos participaron en el desarrollo del cuestionario que se utilizó como base para determinar el uso de las RRSS por parte de los adolescentes de este ayuntamiento y, en la medida de sus posibilidades, en el diseño y puesta en marcha de un canal de Youtube como

herramienta de la concejalía para mejorar su comunicación con los jóvenes y un medio para hacerles llegar sus actividades.

***FIGURA 6:*** *plan de acción para conseguir que la adolescencia de Parla participe en las propuestas de la Concejalía*

Fuente: (https://empodera.org/empodera/es/iniciativa/participaAdolescencia-202103171603).

3.2.2. Adisli.

En esta iniciativa, coordinada por Adisli, participaron también cuatro de nuestros estudiantes.

Adisli es una entidad sin ánimo de lucro cuya misión principal es facilitar apoyos y oportunidades para que las personas con discapacidad intelectual ligera o inteligencia límite puedan desarrollar sus proyectos de vida, acompañados por su familia y su red de apoyos. Además, trabaja para que la sociedad sea inclusiva y reconozca el valor de la diversidad y el ejercicio de una ciudadanía de pleno derecho para todas las personas.

La iniciativa concreta que perseguían en este Ideatón era lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, mediante el diseño y desarrollo de un sitio web y una aplicación donde los usuarios puedan conocer qué barrera de accesibilidad pueden encontrar dentro de una ciudad. Para ello se establecieron, durante la planificación, las siguientes acciones:

- Búsqueda y obtención de información institucional de la accesibilidad de los recursos comunitarios de la Comunidad de Madrid. La información abarcaba medios de transporte, ocio, educación, organismos…
- Estudio de la subida de la información a la web (datos brutos): una vez recogida la información de la acción anterior, en este paso hay que organizar dicha información en la web que se va a desarrollar para hacerla accesible a todos los interesados y estructurar dicha información por materias como la zona geográfica o el tipo de barrera de accesibilidad, entre otras.
- Gestión de los datos para garantizar su vigencia y actualización: este paso trata de documentar los requerimientos de datos necesarios para el funcionamiento del servicio, establecer las fuentes de dichos datos y determinar los parámetros de su gestión para garantizar la vigencia tanto de los datos como de la aplicación.
- Desarrollo de los espacios web: en esta fase se procede a la configuración y diseño de la web y de la aplicación, así como a la maquetación y requisitos de usabilidad de ambas, teniendo en cuenta los estándares de calidad de accesibilidad web durante todo el proceso.
- Diseño y documentación de todo lo relativo a seguridad (de servidores y sitio web, entre otros tipos), acceso y protección de datos, partes fundamentales en cualquier tipo de aplicación, una vez finalizada la fase anterior.
- Acciones dirigidas a garantizar la conectividad del sitio y de la aplicación y a solucionar los posibles temas de carácter administrativo y legal que pudieran surgir en la fase de lanzamiento de la misma, como final de la iniciativa

***FIGURA 7:*** *Plan de acción para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*

Fuente: (https://empodera.org/empodera/es/iniciativa/RetoAccesoUniversal-202103161500).

Nuestros estudiantes han coordinado algunas de las acciones descritas anteriormente, como por ejemplo las relacionadas con la subida de la información, la gestión de los datos o los temas de seguridad y protección de datos.

## 3.3. CIERRE Y EVALUACIÓN

### 3.3.1. Cierre

El cierre del proyecto supone la puesta en práctica de las iniciativas en las que los alumnos han participado, y que hemos descrito en el punto 3.2, y finalizar cada una de las actividades propuestas en cada una de las dos iniciativas descritas. Para este cierre, se chequea el cumplimiento de las actividades que tienen que llevar a cabo los participantes en cada uno de los equipos de trabajo y la consecución de los objetivos que se persiguen en las dos iniciativas mediante la finalización de los hitos que se les han planteado a los alumnos participantes. Estos hitos se analizan de forma más detallada en el apartado siguiente.

### 3.3.2. Evaluación

La evaluación se ha realizado en una doble vertiente. Por una parte, la Fundación Cibervoluntarios establece en el seno del Ideatón fórmulas de evaluación de los retos conseguidos por los participantes, y, por otra, en el ámbito de la asignatura se ha procedido también a valorar la actuación de los alumnos en esta iniciativa.

#### Evaluación de Cibervoluntarios

Se han diseñado medios para evaluar el trabajo autónomo e individual de los participantes en el Ideatón. Estos medios permiten justificar el trabajo realizado a través de la plataforma propia de *e-learning* para obtener el certificado de asistencia. A través de esta plataforma el participante ha ido completando todas las plantillas y ejercicios prácticos correspondientes a cada bloque de la planificación.

Además, se debe realizar el cuestionario de evaluación por parte de cada participante, lo que permite medir el grado de consecución de objetivos de cada uno de ellos, una vez finalizado el proyecto en el que han colaborado en este ApS.

Durante todo el proceso, los participantes han estado acompañados de formadores/as certificados en la metodología, tanto en la parte de

presentación y puesta en común de las iniciativas como en las partes de trabajo en equipo y autónomo.

Una vez finalizado el proyecto vinculado a cada una de las dos iniciativas analizadas, con las distintas acciones relacionadas, el alumnado tiene que documentar todo el trabajo desarrollado mediante la plataforma para que pueda obtener su certificado. Para ello han tenido que aportar en la plataforma los documentos que acreditan su participación en las distintas acciones y su contribución al resultado final del proyecto.

Los ocho alumnos de la asignatura que han participado en el Ideatón han obtenido el certificado de participación y asistencia, al haber cumplido todas las tareas necesarias para ello.

Evaluación en la asignatura Aspectos Éticos y Sociales.

Además de la evaluación que deben superar los alumnos en la plataforma propuesta por el Ideatón, los participantes alumnos de la asignatura Aspectos Éticos y Sociales también han sido evaluados en la misma.

Como parte del sistema de evaluación continua que se propone en esta asignatura, los alumnos deben elaborar un trabajo en grupo sobre alguno de los temas que se abordan en ella. La participación en el Ideatón ha sido una de las opciones propuestas para el trabajo del curso.

Como el resto de los estudiantes de la asignatura, los participantes en el Ideatón han tenido que elaborar un trabajo sobre su experiencia, compartiendo con el resto de la clase las actividades desarrolladas y su implicación en las mismas. Además, han tenido que explicar qué les ha aportado esta experiencia y cuáles han sido, desde un punto de vista crítico, los puntos fuertes y débiles de la misma, así como los aspectos que pueden mejorarse para el futuro.

Los profesores de la asignatura hemos elaborado una rúbrica para la evaluación del trabajo, en la que se valoran distintos aspectos y que se puede ver a continuación:

| Criterios de evaluación | Valor Máximo | Valoración |
|---|---|---|
| Conexión del trabajo realizado con los objetivos de la asignatura y rigor de la información presentada:<br>Identifica y describe las problemáticas sociales y éticas relacionadas con la temática de la situación elegida.<br>Identifica y describe a los distintos grupos afectados por dichas problemáticas, analizando la situación desde distintos puntos de vista y perspectivas (CT9)<br>Analiza y estudia con rigor la temática elegida, utilizando fuentes de información diversas y fiables. (CT6)<br>Al hacer propuestas concretas sobre la situación elegida tratada o explicar su postura, la argumenta de forma razonada, es coherente con los principios éticos y la responsabilidad social, tiene en cuenta a las consecuencias del incumplimiento de los mismos. (CT9) | 5 | |
| Capacidad de reflexión y argumentación crítica: no se limitan a volcar información, sino que incluyen su propia visión sobre el tema y lo hacen de forma razonada. (CT6) | 1 | |
| Originalidad y contribuciones personales: el enfoque del trabajo, la forma en que abordan o presentan los contenidos, … no es rutinaria o mecánica. | 0,7 | |
| La estructura del trabajo respeta las directrices dadas y/o es coherente y adecuada a los objetivos del mismo. Se percibe que hay un trabajo en equipo coordinado frente al mero reparto de tareas y posterior acoplamiento. | 0,7 | |
| Capacidad de síntesis: no se extienden innecesariamente con información redundante o irrelevante para el trabajo, hay una selección de contenidos adecuada a los objetivos del trabajo. | 0,3 | |
| Las fuentes de información están adecuadamente referenciadas a lo largo del trabajo y en el apartado correspondiente. | 0,3 | |
| Capacidad para transmitir los resultados del trabajo en la exposición oral:<br>La exposición está bien estructurada recogiendo las ideas esenciales del trabajo<br>La comunicación oral es clara y fluida<br>La exposición tiene elementos originales que la hacen amena y atractiva al oyente | 2 | |
| Total | 10 | |

Además, les hemos pedido a estos ocho alumnos un análisis personal sobre esta experiencia, con una valoración reflexiva sobre la misma.

## 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El punto de partida para el análisis de los resultados son las aportaciones de los alumnos que han participado en el mismo. Los propios estudiantes han señalado las carencias o necesidades que han detectado en el desarrollo del proyecto, así como las fortalezas. Esto nos permite localizar los aspectos en los que podemos mejorar la práctica de esta metodología para el futuro, así como los beneficios que implica en la formación integral de nuestros estudiantes.

### 4.1. ASPECTOS POSITIVOS

En sentido positivo, los alumnos han señalado los siguientes puntos:

- El contacto con una situación real, en el que se colabora directamente con una entidad que pretende resolver una necesidad social detectada por ella y planteada como un reto para ser resuelta.
- Trabajar en equipos multidisciplinares en los que se puede interactuar con personas de diferentes ámbitos, edades o inquietudes como factor enriquecedor porque acerca a otras visiones de un mismo problema.
- Aplicar algunos de los contenidos aprendidos en la escuela para profundizar en el aprendizaje y abordar retos que llevan más allá de lo estrictamente académico.
- Conocer de primera mano los impactos de la tecnología, los retos que plantea y cómo, en algunos casos, en el problema está la solución, al revertir el posible impacto negativo y convertirlo en una herramienta de mejora de una situación o impacto social.
- Autonomía en el trabajo, al tener que responsabilizarse de las tareas que dentro de cada grupo les han sido asignadas. Esta autonomía supone un reto, ya que han tenido que hacer frente

a tareas que en ocasiones no dominaban, lo que ha supuesto un aprendizaje autónomo para poder culminarlas con éxito.

- El alto grado de compromiso con la sociedad demostrado por estos alumnos, así como su implicación en aportar las soluciones de la tecnología a las necesidades sociales.

### 4.2. ASPECTOS NEGATIVOS

Los alumnos han demostrado un grado de madurez importante, especialmente teniendo en cuenta que se trata de alumnos de primer curso. Se han enfrentado a algunas dificultades en el desempeño de las acciones que les han sido encomendadas.

Según han señalado, el mayor o principal aspecto negativo de esta experiencia ha venido dado por la falta de conocimientos para poder afrontar algunas de las actividades que se les han encomendado. Este aspecto negativo ha podido deberse a que, al distribuir las distintas acciones entre los integrantes de los grupos formados en cada una de las iniciativas descritas en apartados anteriores, no se ha tenido en cuenta que se trataba de alumnos de primer curso de grados de informática, por lo que sus conocimientos son muy limitados. Por ello, hacer a uno de estos alumnos responsable de acciones para el desarrollo de una aplicación (por sencilla que sea) resulta excesivo.

Este problema descrito en el párrafo anterior ha sido transmitido por los profesores de la asignatura a los responsables de Cibervoluntarios y del Ideatón, para que en futuras ocasiones tengan este tipo de limitaciones en cuenta a la hora del reparto de tareas.

### 4.3. CONSIDERACIONES FINALES

Como valoración final, consideramos que ha sido una experiencia positiva, tanto para los alumnos como para los profesores.

Creemos haber recogido todos los elementos propios de la metodología de ApS, como son la existencia de un proyecto real, con una necesidad social detectada y definida, la colaboración con entidades externas al ámbito puramente académico, el compromiso y colaboración de las

partes integrantes del proyecto (profesores, alumnos, entidades) y la combinación de aprendizaje y compromiso social en el marco de un proyecto real y bien definido. Además, la evaluación y reflexión final contribuye a detectar los puntos fuertes y débiles de la vivencia de esta experiencia para todos los actores involucrados.

## BIBLIOGRAFÍA


Consejo de Universidades. (8 de Junio de 2009). Acuerdo del Consejo de Universidades por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Qu. Madrid, Madrid, España: Boletín Oficial del Estado.

Josep M. Puig, R. B. (2007). *educacion.wke.es.* (Octaedro, Ed.) Obtenido de educacion.wke.es: http://educacion.wke.es/agendaonline/Admin/Upload/2816/aprendizaje%20servicio%20muestra.pdf

Juan José Carracedo Doval, M. J. (Mayo de 2019). *Red española de Aprendizaje-Servicio.* (D. T. TU, Ed.) Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1blFOzPD7FMR6_8SouncXvSJKYcFN4WAf/view

Universidad Politécnica de Madrid. (s.f.). *https://sostenibilidad.upm.es/.* Recuperado el 20 de mayo de 2022

Universidad Politécnica de Madrid. Oficina Aprendizaje Servicio UPM. (Marzo de 2021). *Aprendizaje-Servicio (ApS). Guía Básica.* Obtenido de https://aprendizajeservicio.upm.es/

Victoria Morín-Fraile, A. E. (Julio de 2020). *https://www.acup.cat.* (A. E. Victoria Morín-Fraile, Ed.) doi:978-84-09-22020-5

SECCIÓN II

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTOMATIZACIÓN

# MODELOS DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE CÓDIGO EN EL AULA: IMPLICACIONES EN LA EVALUACIÓN DE TAREAS DE PROGRAMACIÓN

ALEJANDRO MARTÍN
*Universidad Politécnica de Madrid*

JAVIER HUERTAS-TATO
*Universidad Politécnica de Madrid*

JAVIER TORREGROSA
*Universidad Politécnica de Madrid*

DAVID CAMACHO
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se puede ver cómo los nuevos modelos generados basados en la arquitectura Transformer han supuesto una revolución en el Procesamiento de Lenguaje Natural, pero también en terrenos como el procesado de imagen, de audio o de vídeo. El mecanismo de autoatención implementado por estos modelos así como las distintas tareas de entrenamiento utilizadas para obtener un gran entendimiento de cómo se construye el lenguaje han permitido desarrollar modelos con gran potencial. Estos modelos han sido capaces de mostrar excelentes habilidades a la hora de resolver tareas de respuesta automática a preguntas, generación de resúmenes o generación de texto.

La capacidad de estos modelos está siendo probada en muchos dominios. Uno donde están mostrando increíbles resultados es en el tratamiento de código en distintos lenguajes de programación. Un ejemplo es el servicio de GitHub Copilot (https://copilot.github.com), que integra un modelo entrenado por OpenAI y que ha sido entrenado con código público y texto disponible en Internet en inglés. De este modo, este

servicio permite la generación y autocompletado automático de código. Simplemente escribiendo una línea comentada con un resúmen de la funcionalidad de un método, el modelo es capaz de generar a continuación el código necesario con gran precisión.

En asignaturas dedicadas a enseñar programación y, en general, en todas aquellas en las que existan tareas que requieran la escritura de código, el desarrollo de estos modelos supone un factor a tener muy en consideración. Así, el uso de estos modelos por parte del alumnado puede provocar un deterioro en las capacidades desarrolladas durante los estudios, y una falta de conocimientos básicos.

En este estudio, mostramos en detalle, en primer lugar, las capacidades de estos modelos, sus implicaciones y limitaciones, así como ejemplos de su funcionamiento, de cara a ofrecer al docente de este tipo de asignaturas una amplia visión sobre la capacidad de estos modelos para desarrollar código de forma automática y, por tanto, resolver con gran facilidad tareas estipuladas por los profesores con gran facilidad. En segundo lugar, ofrecemos líneas posibles de trabajo para establecer tareas a los estudiantes contemplando la posibilidad del uso de estos modelos, así como actividades de evaluación que permitan valorar los conocimientos adquiridos. Por último, hacemos un análisis de las posibilidades de integración de estos modelos en el aula, para el alumno pero también de cara al profesor, que puede disponer de una potente herramienta para la generación de nuevo contenido para sus asignaturas.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es arrojar luz sobre las implicaciones en el aula y, en general, en la enseñanza universitaria, la aparición de nuevos modelos de inteligencia artificial. De forma más específica, nos centraremos en los modelos preentrenados que implementan la arquitectura Transformer, que permiten resolver con gran precisión infinitud de tareas. Aunque su origen se encuentra en modelos para la realización de tareas de procesamiento del lenguaje natural (en texto), en la actualidad esta arquitectura se está utilizando con gran éxito en otras modalidades de información, como imagen, audio o vídeo.

Los objetivos concretos de este trabajo son los siguientes:

- Analizar el estado actual de los modelos Transformer y las tareas que son capaces de realizar
- Analizar los diferentes tipos de modelos Transformer y, en especial, los entrenados en código de programación para la generación y entendimiento automático de código
- Estudiar y abrir una discusión sobre las implicaciones que tiene el uso de modelos generativos de código en la enseñanza de asignaturas de programación
- Ofrecer posibles líneas de trabajo para la mejor integración en el aula de este tipo de modelos

## 3. METODOLOGÍA

En esta sección abordaremos, en primer lugar, el concepto de *Machine Learning* o Aprendizaje Automático, para después analizar en detalle todo lo relativo a la arquitectura Transformer, describiendo el concepto de *self-attention* o auto-atención, clave para entenderla. Después, se describirán algunas de las aplicaciones más importantes de este tipo de modelos para, finalmente, abordar la temática central de este trabajo, las implicaciones del uso de este tipo de modelos por parte del profesorado y de los estudiantes en el contexto de la enseñanza de asignaturas de programación.

### 3.1. Machine Learning

Desde hace ya muchas décadas, el ser humano ha invertido grandes esfuerzos en conseguir que las máquinas sean capaces de realizar tareas complejas, típicamente realizadas por personas. Así, la aparición de la computación y de los procesadores supuso la apertura de un nuevo espacio con infinidad de posibilidades.

El aprendizaje automático, del inglés *Machine Learning*, es un campo perteneciente a las ciencias de la computación que se centra en hacer posible la automatización de tareas por parte de ordenadores mediante

procesos de aprendizaje. De este modo, al contrario que enfoques clásicos donde, para resolver un problema concreto, es necesario programar la solución línea por línea, mediante aprendizaje automático el objetivo es adquirir la solución mediante un proceso de entrenamiento.

Dependiendo del problema y de la naturaleza de los datos que se tengan, se podrán realizar distintos tipos de aprendizaje. Podremos tener un aprendizaje supervisado, aquel en el que se cuenta con un conjunto de ejemplos definidos por una serie de características y una etiqueta asociada a los mismos (por ejemplo, los valores de patrimonio, ahorros o edad podrán ser características de ejemplos que gestiona un banco la concesión de hipotecas, donde la etiqueta será la aceptación o negación del préstamo). También podremos tener un aprendizaje no supervisado, donde el objetivo radica en extraer patrones de una serie de datos que no están etiquetados (por ejemplo, detectar grupos de estrellas que comparten determinadas características). Otros tipos de aprendizaje incluyen el aprendizaje por refuerzo, donde un modelo se entrena a partir de un proceso iterativo de prueba donde se recibe una recompensa en función de cómo solventa el modelo el problema. De forma más reciente, el aprendizaje autosupervisado está siendo utilizado extensamente, debido a la necesidad de entrenar modelos cada vez más grandes y potentes con cantidades ingentes de datos. En este tipo de aprendizaje, el modelo aprende sobre los propios datos de entrada, por ejemplo, prediciendo cuál es la siguiente palabra al recibir un texto de entrada.

La implementación de este tipo de enfoques de aprendizaje se realiza a través de diferentes tipos de modelos. Algunos de los más importantes incluyen los árboles de decisión, que forman conjuntos de reglas en forma de árbol (en función de condiciones se toma un recorrido por una u otra rama en el árbol). Una de las principales ventajas de este tipo de modelos reside en su buena explicabilidad, ya que es fácilmente observar qué condiciones se consideraron para llevar a cabo una predicción. Otro modelo importante son las *Support Vector Machines*, que construyen espacios de clasificación no probabilísticos.

Existen muchos otros modelos, entre los que se incluyen las redes de neuronas artificiales, que forman el origen de los modelos Transformer. Este tipo de redes suponen una simplificación de algunos procesos que

ocurren en el cerebro biológico, y se construyen mediante capas de neuronas conectadas con sucesivas capas mediante operaciones matemáticas. Debido al potencial de este tipo de arquitectura, con el paso del tiempo se fueron creando modelos cada vez más complejos, añadiendo nuevas capas de nuevos tipos, incrementando la profundidad y los algoritmos de aprendizaje, dando paso al conocido como aprendizaje profundo o *deep learning.*

### 3.2. Modelos Transformer

Los modelos Transformer suponen una evolución dentro del terreno del *deep learning* para dar respuesta a tareas altamente complejas que tratan con datos como el lenguaje natural o las imágenes. En la actualidad, centran gran parte de los nuevos avances en el terreno del aprendizaje automático. Los modelos más grandes entrenados hasta el momento siguen esta arquitectura. Hasta la fecha, se han publicado multitud de modelos, cada uno con pequeños cambios en la arquitectura, utilizando distintos algoritmos de entrenamiento o datasets. BERT (Kenton et al., 2019) es uno de los modelos más importantes debido al amplio impacto que tuvo y su capacidad para resolver tareas de entendimiento del lenguaje humano. A su vez, los modelos generativos GPT, enfocados en la generación de lenguaje, han supuesto un gran avance para la resolución de tareas concretas. Dentro de esta familia podemos encontrar GPT (Radford et al., 2018), GPT-2 (Radford et al., 2019) y GPT-3 (Brown et al., 2020). Otros modelos importantes son BART (Lewis et al., 2019), XLM (Conneau et al., 2019a) o XLM-RoBERTa (Conneau et al., 2019b). Dentro del plano de modelos Transformer para código podemos encontrar una versión adaptada de T5 (Raffel et al., 2020), denominada CodeT5 (Want et al., 2021).

#### 3.2.1. Concepto de self-attention

El concepto clave que implementan los modelos Transformer es el de *self-attention* o auto-atención. La idea de este concepto es imitar funciones concretas residentes en el cerebro biológico relativas a la atención cognitiva. Computacionalmente, supone un mecanismo bajo el cual los diferentes elementos que conforman la entrada a un modelo (por

ejemplo tokens que corresponden a palabras) operan entre sí, creando múltiples relaciones entre todos los elementos de la entrada. Esto permite enriquecer dicha entrada y extraer conceptos mucho más complejos que los que se podían manejar en modelos previos. Para poder manejar todas estas interacciones, operaciones posteriores se encargan de combinar todos estos datos matemáticamente.

### 3.3. Aplicaciones

Los modelos Transformer se han aplicado en multitud de tareas, mostrando en la mayoría de ellas gran precisión. El portal Hugging Face nos ofrece un amplio listado de estas tareas. Algunas de las más importantes son las siguientes:

- Clasificación de secuencias. En esta tarea, dada una secuencia (normalmente una frase), el objetivo radica en predecir la etiqueta asociada a dicha frase. Durante el entrenamiento, será necesario contar con un dataset de frases etiquetadas

- Respuesta a preguntas. Dada una pregunta, el modelo debe generar un texto de salida que sirva para dar respuesta a la pregunta introducida. Esta es una tarea de gran complejidad.

- Modelado de máscaras en el lenguaje. Dada una entrada, se enmascaran determinadas palabras (se ocultan), de forma que el modelo debe predecir cuál es la palabra adecuada para cada uno de los huecos. Esta es una tarea muy utilizada para el entrenamiento de este tipo de modelos.

- Modelado causal del lenguaje. Al igual que la anterior, esta también es una tarea sumamente importante para el entrenamiento de modelos de lenguaje, tratando de predecir cuál es la siguiente palabra (o token) para una frase recibida como entrada.

- Reconocimiento de entidades. En esta tarea, el objetivo es detectar aquellas palabras dentro de una frase de entrada que representan entidades concretas, como, por ejemplo, el nombre de una persona.

- Resumir. Se trata de una tarea donde dado un texto de una determinada longitud, el objetivo es de generar un nuevo texto más reducido que condense de la mejor manera posible el conocimiento o ideas expresados en el texto de entrada.
- Traducción. Una tarea para la cual se han intentado proporcionar soluciones con multitud de algoritmos y mecanismos basados en aprendizaje automático. Como su nombre indica, el objetivo es traducir texto entre pares de idiomas preservando de la mejor manera posible el significado original.
- Inferencia del lenguaje natural. Dadas dos frases, el objetivo de esta tarea es detectar el grado de alineamiento, neutralidad o contradicción entre ellas.

### 3.4. Uso de modelos Transformer por parte del alumnado

Los modelos preentrenados de lenguaje, así como las tecnologías que se están desarrollando y que integran este tipo de modelos, suponen una revolución desde el punto de vista tecnológico. A modo de ejemplo, con una simple frase, es posible generar un texto de mucha mayor longitud. Esto provoca que en la actualidad se esté utilizando este tipo de modelos para generar cartas, ensayos, documentar automáticamente código en diferentes lenguajes de programación, e incluso traducir texto a imágenes o imágenes en movimiento.

A continuación, se identifica una serie de tareas para las cuales los alumnos pueden hacer uso de los distintos modelos Transformer publicados:

- Generar resúmenes. La generación automática de resúmenes es una tarea en la que los modelos de lenguaje han mostrado resultados muy satisfactorios, y es una de las principales tareas en la que los alumnos pueden aprovecharse de esta tecnología. Desde su uso para la obtención de un texto mucho más corto y resumido a partir de un artículo o libro, para ahorrar tiempo y evitar la lectura completa, como para la generación de ensayos (Pilault et al, 2020).

- Generar ensayos automáticamente. Algunos modelos generativos como GPT-3 son capaces de generar textos de gran longitud, siendo únicamente necesario escribir una pequeña frase con los requisitos que debe cumplir el escrito.
- Traducción automática de textos. Gracias a la capacidad de estos modelos de traducir textos de más de 100 idiomas distintos, los alumnos podrían hacer uso de esta tecnología para preparar trabajos a partir de otros trabajos encontrados escritos en otros idiomas, lo que dificultaría el desempeño de las herramientas antiplagio.
- Generación de contenido (audio e imagen). Los modelos más recientes son también capaces de generar imágenes o audio partiendo de una descripción. Así, modelos como DALL-E 2 o DALL-E Mini, publicados por OpenAI, popularizados por su capacidad para la generación de distintas imágenes a través de descripciones del usuario, son ejemplos de esta tecnología.
- Generación automática de código. Esta tarea, que centra este trabajo, va a revolucionar la forma en que se enseña programación en los centros universitarios y, de forma más concreta, en los mecanismos para evaluar el rendimiento de los estudiantes en este tipo de asignaturas. GitHub Copilot sería un ejemplo de este tipo de aplicaciones (la cual se desarrollará más adelante como ejemplo práctico).

### 3.5. Uso de modelos Transformer por parte del profesorado.

De la misma manera que los modelos de tipo Transformer pueden ser empleados por el alumnado, el profesorado también puede explotar las fortalezas de los grandes modelos de lenguaje. Entre las tareas identificadas que pueden resultar útiles para el profesorado, podemos encontrar:

- Elaboración de prácticas: Aprovechando la capacidad generativa de modelos como GPT, se pueden elaborar escenarios de prácticas para modelado software de forma automática. A través de una breve premisa GPT describiría el escenario de una

práctica. El profesor se encargaría de pedir tareas a partir del escenario propuesto.

- Elaboración de código: Hay varios escenarios en los que un profesor de informática podría necesitar generar código para los alumnos, por ejemplo, generar un tutorial de programación con fragmentos de código de ejemplo. También es muy útil para la generación de código de la práctica, creando un entorno de prácticas casi automáticamente.

- Evaluación de memorias: Los modelos de tipo BERT son capaces de extraer características del texto. Un modelo transformer podría detectar automáticamente si una memoria se adhiere a lo exigido en el enunciado, así como otros rasgos del texto. Si bien esta aplicación sería exclusivamente de asistencia, agilizaría el proceso de corrección.

- Evaluación de código: Al igual que la memoria, un modelo bidireccional puede entender el código y extraer rasgos característicos. Además, se pueden interpretar los comentarios generados con el alumno, así como generar nuevos comentarios de código para la asistencia a la corrección.

- Detección de copia: Los modelos de lenguaje son capaces de encontrar similaridad fácilmente mediante la comparativa de las representaciones semánticas a través de la similitud coseno. De esta manera dos trabajos con texto o código muy similares compartirán una similitud semántica muy alta, claro indicador de la presencia de copia.

Cabe mencionar que el uso malintencionado de los modelos por parte del alumnado puede ser contrarrestado mediante el uso de los propios modelos de lenguaje, pero esta relación adversarial entre alumno-profesor no siempre puede ser salvada. Por ejemplo, el profesor no puede impedir al alumno resumir textos largos o detectar la traducción de texto entre otras, al menos con las herramientas actuales.

### 3.6. CODET5

La herramienta CodeT5 (Wang et al, 2021) es un modelo de lenguaje pre-entrenado basado en la tecnología Transformer que utiliza como tokens tanto el lenguaje natural como la información de código de programación. Compartiendo arquitectura con el modelo T5, se diferencia de otros modelos como BERT o GPT en que, en lugar de utilizar un enfoque de codificador o decodificador, utiliza ambos simultáneamente, así como en la utilización de un enfoque de generación bimodal y aprendizaje multi-tarea. Algunas de las tareas que puede realizar es el resumido de código, la generación del mismo, la traducción de un lenguaje de programación a otro, el refinamiento (eliminación de bugs), la detección de vulnerabilidades o la detección de clones o plagio, entre otros. Los resultados obtenidos al comparar modelos de BERT con CodeT5 muestran que este último modelo supera en efectividad al primero, así como una mejor comprensión de la capacidad de comprensión de código en distintos lenguajes de programación.

### 3.6. GITHUB COPILOT

La herramienta GitHub Copilot es un asistente comercial a la generación de código. De la misma forma que GPT-3, es capaz de generar código con una interfaz cómoda y sencilla para cualquier desarrollador. Desde un punto de vista profesional es una herramienta ideal para acortar el tiempo de desarrollo, reducir la consulta de manuales y refactorizar fragmentos de código sencillamente. Para alguien con una formación suficiente, Copilot simplemente sugiere código útil, pero para un estudiante puede suponer que Copilot genere código sin necesidad de entenderlo.

## 4. RESULTADOS

En esta sección demostramos dichas capacidades con ejemplos de generación de código que podrían ser útiles para los alumnos.

En la Figura 1 encontramos un ejemplo de algoritmia sencillo. Descubrir los elementos repetidos en tres vectores es un ejercicio básico en programación que enseña los fundamentos del bucle. Habitualmente el alumno tendría que aprender a desarrollar varios bucles en los que se

encuentren los elementos repetidos, pero asistido por Copilot puede simplemente crear un comentario textual que será interpretado por el modelo, generando código automáticamente apto para completar la tarea; todo el texto gris del ejemplo ha sido automáticamente generado, significando que el desarrollador sólo tiene que elegir autocompletar el código restante.

***FIGURA 1.*** *Ejemplo de generación de una función en Python a partir de un comentario describiendo su funcionalidad con GitHub Copilot*

```
1   # Function to count the number of items repeated in three arrays received as input
2   def myFunction(arr1, arr2, arr3):
        # Initialize the dictionary
        d = {}
        # Loop through the first array
        for i in arr1:
            # If the item is not in the dictionary, add it
            if i not in d:
                d[i] = 1
            # If the item is in the dictionary, increment the count
            else:
                d[i] += 1
        # Loop through the second array
        for i in arr2:
            # If the item is not in the dictionary, add it
            if i not in d:
                d[i] = 1
            # If the item is in the dictionary, increment the count
            else:
                d[i] += 1
        # Loop through the third array
        for i in arr3:
            # If the item is not in the dictionary, add it
            if i not in d:
                d[i] = 1
            # If the item is in the dictionary, increment the count
            else:
                d[i] += 1
        # Initialize the count
        count = 0
        # Loop through the dictionary
        for i in d:
            # If the count is greater than 1, increment the count
            if d[i] > 1:
                count += 1
        # Return the count
        return count
```

Si bien Copilot permite la codificación rápida, para un estudiante que todavía no ha entendido los fundamentos del bucle, asignación o autoincremento, podría suponer ignorar estos conceptos. El uso repetido de

Copilot facilita ignorar conceptos clave de programación como se demuestra en la Figura 1.

El contenido de otras asignaturas, como por ejemplo las relativas a bases de datos y, en particular, el contenido de bases de datos no relacionales, también puede ser facilitado mediante Copilot, como se ilustra en las Figuras 2 y 3. La primera es un ejemplo de escritura, mientras que la siguiente es de lectura; ambas operaciones fundamentales en cualquier base de datos (además de eliminación y actualización).

***FIGURA 2.*** *Ejemplo de generación de código con GitHub Copilot a partir de comentario y definiendo argumentos*

```
# Function to save clients, including name, mail and adress, in a MongoDB database
def myFunction(name, mail, address):
    # Importing the MongoClient class from the pymongo package
    from pymongo import MongoClient
    # Creating a new instance of the MongoClient class
    client = MongoClient()
    # Creating a new database called "clients"
    db = client.clients
    # Creating a new collection called "clients"
    collection = db.clients
    # Inserting a new document in the collection
    collection.insert_one({"name": name, "mail": mail, "address": address})
    # Printing the number of documents in the collection
    print(collection.count_documents({}))
    # Closing the connection to the database
    client.close()
```

Para la Figura 2 se observa cómo se pueden atajar varios pasos fundamentales como por ejemplo la conexión a la base de datos de MongoDB. Se pueden ignorar fácilmente los pasos de conexión, extracción de una colección, inserción y cierre de la conexión. De esta manera se muestra cómo, para conceptos más avanzados de programación se puede generar código adecuado a la tarea.

***FIGURA 3.*** *Ejemplo de generación de función en Python con GitHub Copilot para obtener un valor desde una base de datos MongoDB*

```
1   # Function to count the number of clients stored in a MongoDB database
2   def myFunction():
        from pymongo import MongoClient
        client = MongoClient('localhost', 27017)
        db = client.test
        collection = db.restaurants
        return collection.count()
```

Por otra parte en la Figura 3 se muestra un ejemplo parecido de lectura, contando el número de registros de restaurantes en una base de datos. De nuevo, como en la Figura 2, se ignoran conceptos básicos de la gestión de la base de datos.

Por último, podría pensarse que las asignaturas más avanzadas como aprendizaje automático e inteligencia artificial, debido a su complejidad, podrían estar fuera del alcance de Copilot. En la Figura 4 se contempla una nueva problemática, se quiere hacer un ajuste fino a un modelo de lenguaje para clasificar el sentimiento de una frase. Esta tarea es relativamente avanzada y un alumno que use Copilot obtendría una respuesta parecida. Esta vez encontraríamos dos problemas, primero que el alumno no aprende a convertir texto a embeddings por su cuenta, pero el segundo problema que no aparecía en los anteriores ejemplos es que la solución es incorrecta. Pese a que se quiere hacer un ajuste fino del modelo BERT, Copilot solo escribe código para hacer inferencia. Un alumno que haya abusado de la asistencia de Copilot todo este tiempo en sus tareas, ignorará por completo el error cometido por Copilot, mientras que un desarrollador con conocimiento suficiente sería capaz de aprovechar el esqueleto que Copilot proporciona para realizar el ajuste fino deseado.

***FIGURA 4.*** *Ejemplo de generación de función en Python con GitHub Copilot para entrenar un modelo BERT para la clasificación de frases*

```python
# Function to finetune a BERT model to classify sentences as either positive or negative
def myFunction(model, tokenizer, sentence):
    # Tokenize the sentence
    tokens = tokenizer.tokenize(sentence)
    # Convert the tokens to ids
    ids = tokenizer.convert_tokens_to_ids(tokens)
    # Create a mask of the same length as the sentence
    mask = [1] * len(ids)
    # Create a tensor of the ids
    ids_tensor = torch.tensor([ids])
    # Create a tensor of the mask
    mask_tensor = torch.tensor([mask])
    # Predict the sentiment of the sentence
    sentiment = model(ids_tensor, attention_mask=mask_tensor)[0]
    # Return the sentiment
    return sentiment
```

## 5. DISCUSIÓN

Como hemos podido ver, los nuevos modelos preentrenados ofrecen grandes posibilidades, que serán fundamentales el día de mañana, pero que pueden tener un importante efecto en la docencia y en la adquisición de conocimientos. Por ejemplo, Copilot es capaz de, a partir de un comentario de texto, generar un fragmento de código que se corresponda con el comentario. Esta cualidad es de enorme utilidad, pero tiene un gran impacto en el aula. Un estudiante usando lenguaje natural es capaz de generar código funcional sin la necesidad de haber aprendido nunca cómo desarrollarlo independientemente. El uso irresponsable de esta herramienta no solo supone que el alumno no aprenda a programar, sino que además podría considerarse que dicho alumno no ha hecho la práctica o ejercicio, por lo que estaría siendo injustamente calificado.

Mientras que el uso irresponsable tiene consecuencias negativas, el profesor también puede aprovechar las características de Copilot para agilizar la corrección y generación de código. Es además recomendable que el docente se familiarice con esta herramienta para ser capaz de detectar partes que hayan podido ser generadas automáticamente. Por desgracia el código generado es muy difícil de detectar para el ojo humano como para otro modelo Transformer.

Al igual que el alumno debe aprender a programar, será imprescindible que el alumno sea capaz de utilizar modelos y herramientas de generación automática de manera responsable. Durante los primeros años de educación el uso de modelos debería ser evitado y se debería concienciar al alumnado de su existencia e inconvenientes. Por otra parte, se debe complementar el aprendizaje de los alumnos en cursos posteriores con clases de uso responsable de la herramienta. El uso inteligente de Copilot es un filón muy potente para aquellos profesionales que dominan la herramienta, pero para mantener al alumnado competitivo es necesario ofrecerles información de calidad sobre la existencia de estas herramientas, sus usos y las consecuencias que acarrean.

## 6. CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se han revisado distintas aplicaciones de los modelos de lenguaje basados en la arquitectura Transformer. Como puede comprobarse, existen múltiples utilidades para su aplicación en el área de la educación (en el ámbito de la docencia),

De este modo, tal y como se indicaba arriba, la utilidad de herramientas como Copilot puede ser explotada por los alumnos para facilitar la consecución de tareas y prácticas. Esto representa, por tanto, un arma de doble filo: permite la generación de código a través de descripciones basadas en lenguaje natural (o, como hemos visto con CodeT5, la traducción de un lenguaje a otro), lo cual simplifica dichas tareas. Sin embargo, también implica que los alumnos puedan realizar prácticas de código sin necesidad de volcar esfuerzo en ellas ni demostrar conocimiento suficiente. El docente debe, por tanto, sopesar la utilidad de dichos modelos para su aplicación en el entorno docente, donde se debe ser capaz de equilibrar su utilización con el conocimiento del código o del texto subyacente. Así, por ejemplo, podría combinarse esta aproximación con el uso de mecanismos clásicos de evaluación como exámenes escritos para comprobar los conocimientos base sobre el código o texto.

Para concluir, los modelos de IA representan un avance que no solo afecta al mundo de la tecnología, sino también al de la enseñanza y el aprendizaje. Ser consciente y estar al día de los últimos avances sobre

dichos modelos pueden ayudar al docente (y al alumno) para transformar su sistema de trabajo tanto en el aula como fuera de ella.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Está investigación se ha realizado en el marco del Proyecto de Innovación Educativa "InVes: Mejora en la calidad docente y contenidos docentes mediante investigación continua aplicada", financiado por la Universidad Politécnica de Madrid con código IE22.6109

## 8. REFERENCIAS

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. Advances in neural information processing systems, 33, 1877-1901.

Conneau, A., & Lample, G. (2019a). Cross-lingual language model pretraining. Advances in neural information processing systems, 32.

Conneau, A., Khandelwal, K., Goyal, N., Chaudhary, V., Wenzek, G., Guzmán, F., ... & Stoyanov, V. (2019b). Unsupervised cross-lingual representation learning at scale. arXiv preprint arXiv:1911.02116.

Kenton, J. D. M. W. C., & Toutanova, L. K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In Proceedings of NAACL-HLT (pp. 4171-4186).

Lewis, M., Liu, Y., Goyal, N., Ghazvininejad, M., Mohamed, A., Levy, O., ... & Zettlemoyer, L. (2019). Bart: Denoising sequence-to-sequence pre-training for natural language generation, translation, and comprehension. arXiv preprint arXiv:1910.13461.

Pilault, J., Li, R., Subramanian, S., & Pal, C. (2020, November). On extractive and abstractive neural document summarization with transformer language models. In Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP) (pp. 9308-9319).

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. OpenAI blog, 1(8), 9.

Raffel, C., Shazeer, N., Roberts, A., Lee, K., Narang, S., Matena, M., ... & Liu, P. J. (2020). Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer. J. Mach. Learn. Res., 21(140), 1-67.

Wang, Y., Wang, W., Joty, S., & Hoi, S. C. (2021). Codet5: Identifier-aware unified pre-trained encoder-decoder models for code understanding and generation. arXiv preprint arXiv:2109.00859.

# EVALUACIÓN FLEXIBLE DE PREGUNTAS DE RESPUESTA CORTA EN LOS SGA MEDIANTE MODELOS PREENTRENADOS DE LENGUAJE

MARÍA VALERO REDONDO
*Universidad de Córdoba*

ALEJANDRO MARTÍN
*Universidad Politécnica de Madrid*

JAVIER HUERTAS-TATO
*Universidad Politécnica de Madrid*

DAVID CAMACHO
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

La numeración de los apartados y subapartados se hará de forma manual, no se usará la numeración automática. Siga el formato de los ejemplos.

Los sistemas de gestión del aprendizaje (SGA) forman en la actualidad un elemento clave en la docencia, especialmente en la universidad. Todos los centros de educación superior cuentan con una plataforma de este tipo para gestionar todo el intercambio de contenidos entre profesores y alumnos. Los SGA se utilizan para distribuir a los alumnos los nuevos contenidos de la materia a impartir, para gestionar calificaciones, para que suban entregables, para enviarles avisos o para evaluarlos, entre muchas otras posibilidades.

En la evaluación, sistemas como Moodle ofrecen múltiples opciones para plantear preguntas de distinto tipo. Así, sus cuestionarios ofrecen preguntas de emparejamiento de opciones, de cálculo matemático, de ensayo (para desarrollar un texto de cierta longitud), de respuesta corta o de respuestas anidadas, entre muchas otras opciones. Sin embargo, la flexibilidad de estos cuestionarios para evaluar preguntas donde el

alumno introduce un texto libre es muy limitadas. Por ejemplo, las preguntas de tipo respuesta corta permiten introducir una serie de posibles respuestas asociadas a distintas puntuaciones. Cuando el alumno introduce su respuesta, el SGA realiza una comparación con cada posible respuesta válida, de modo que si encuentra una respuesta coincidente otorgará esa puntuación.

Sin embargo, este mecanismo de evaluación supone asumir que el alumno introducirá exáctamente las mismas palabras, incluidos símbolos de puntuación, que la respuesta válida guardada por el profesor. Este escenario tan restrictivo imposibilita la aplicación de este tipo de mecanismos de evaluación en muchas materias. Podemos encontrar un claro ejemplo en la realización de exámenes de lenguas extranjeras, donde es típico formular preguntas en las que el alumno tiene que rellenar parte de una frase o corregirla. La simple introducción de una coma o un punto, un espacio innecesario o un simple fallo en una letra implica que el SGA evaluará directamente la pregunta sin otorgar puntos. Incluso en determinados idiomas como el inglés, existe la posibilidad de que se puedan formular varias respuestas válidas cuando se hace uso de contracciones.

En este trabajo queremos proponer una solución a este problema mediante el uso de modelos computacionales recientes usados en el terreno del procesamiento del lenguaje natural (PLN). Nuevas arquitecturas y modelos basados en arquitecturas profundas de aprendizaje automático están permitiendo resolver problemas complejos con gran precisión, ofreciendo capacidad de flexibilidad y de considerar el contexto y la semántica del lenguaje humano, propiedades avanzadas que hasta ahora no habían podido ser abordadas.

De forma más concreta, a lo largo de este trabajo observamos la capacidad de los modelos que implementan el concepto de self-attention o auto-atención para extraer relaciones complejas entre las distintas palabras que componen una frase. Estos modelos, que suelen ofrecerse preentrenados en grandes conjuntos de textos, pueden ser ajustados posteriormente para resolver tareas concretas con gran precisión. Una de estas tareas es la de evaluar el grado de similitud semántica entre dos

frases, una comparación mucho más flexible que la implementada por sistemas como los SGA.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo final de este trabajo es proporcionar un nuevo mecanismo más avanzado y flexible para la evaluación de ejercicios en sistemas de gestión del aprendizaje como Moodle para la evaluación de preguntas de respuesta corta en cuestionarios. Gracias al uso de modelos recientes del campo del aprendizaje automático profundo (Deep Learning) para la resolución de tareas de procesamiento del lenguaje natural, en este trabajo se demuestra cómo es posible hacer uso de ellos para realizar una evaluación donde pequeñas diferencias en la respuesta son omitidas para centrarse en la propia carga semántica.

De forma más concreta, en este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

- Presentar las limitaciones existentes en los sistemas de gestión del aprendizaje para la evaluación de preguntas de tipo respuesta corta.
- Presentar los últimos avances en el terreno del procesamiento del lenguaje natural
- Mostrar los últimos modelos en el campo de la inteligencia artificial y, de forma más concreta, en el campo del Deep Learning para hacer frente a problemas complejos del procesamiento del lenguaje natural
- Mostrar cómo se puede hacer uso de estos modelos para la generación de vectores o *embeddings* que permiten obtener una representación vectorial del valor semántico de una frase
- Demostrar cómo el cálculo de la distancia entre un par de *embeddings* permite conocer computacionalmente el grado de similitud y cercanía entre frases.

# 3. METODOLOGÍA

## 3.1. Los sistemas de gestión del aprendizaje

Los SGA representan un elemento esencial para la docencia en el campo universitario. Estos sistemas permiten gestionar de manera sencilla todos los recursos que son ofrecidos a los estudiantes durante el desarrollo de las asignaturas, la entrega de resultados, ensayos o prácticas a los profesores, la gestión de calificaciones, la evaluación o la propia comunicación entre ambas partes.

En la actualidad existe una amplia variedad de sistemas SGA. Moodle (https://moodle.org), uno de los más conocidos, se encuentra actualmente ya en su versión 4.0 y ofrece una gran cantidad de posibilidades. Su carácter Open Source, las posibilidades de mejora por parte de la comunidad científica o la larga documentación existente han provocado que podamos encontrar esta plataforma instalada en la mayor parte de centros educativos de tipo superior en España. Según fuentes oficiales de Moodle, en la actualidad existen 12.823 centros en el territorio nacional que usan esta plataforma.

No obstante, otras plataformas tienen también su espacio, como Blackboard (https://www.blackboard.com), que se ofrece mediante la modalidad software-as-a-service (SaaS), entre otras opciones. Otras plataformas existentes son Google Classroom, Schoology, Canvas o D2L-Brightspace. Además, en la actualidad, todos estos SGA se han beneficiado de la complementariedad con otras herramientas diseñadas para la enseñanza a distancia, como Microsoft Teams o Zoom.

Con una importancia cada vez mayor de la teleenseñanza, tanto como alternativa a la enseñanza presencial tradicional pero también como forma para complementar y mejorar la enseñanza, los SGA suponen la herramienta fundamental para llevar a cabo las tareas de evaluación de los alumnos. En este trabajo nos centraremos en los cuestionarios ofrecidos por la plataforma Moodle debido a su alta presencia en la educación superior española.

### 3.1.1. Cuestionarios de Moodle

El mecanismo fundamental ofrecido por Moodle para la evaluación de los alumnos son los cuestionarios. Estos ofrecen el marco necesario para hacer exámenes online, pudiéndose componer por un gran abanico de tipos de preguntas diferentes. Como se puede ver en la Figura 1, Moodle ofrece una gran variedad de tipos de preguntas. De forma más concreta, las más importantes son[2]:

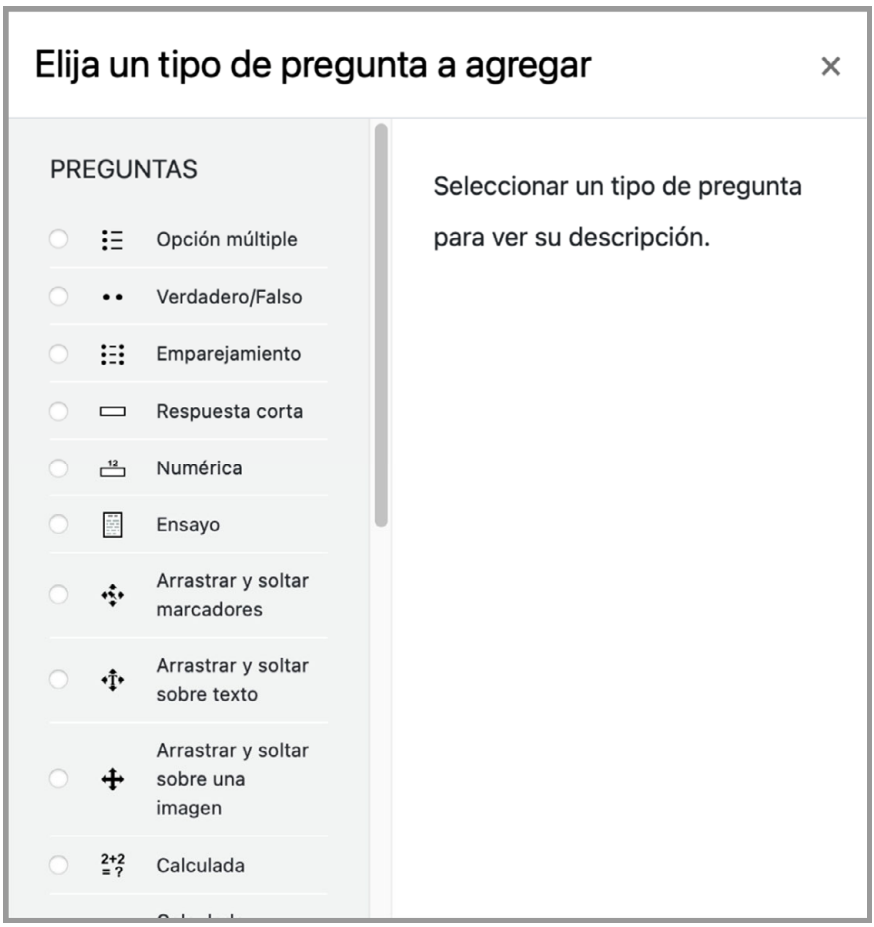
- Calculada: Principalmente ideadas para problemas matemáticos, donde el estudiante puede introducir un valor numérico que es comparado contra posibles respuestas introducidas por el profesor y en las que se admite un rango de tolerancia.
- Arrastrar: Permiten arrastrar un marcador, palabras dentro de un texto o incluso una imagen (por ejemplo, un mapa).
- Ensayo: Están ideadas para la introducción de un texto de una longitud mayor de una frase, por ejemplo, un documento de varias páginas. Requieren de una calificación posterior por parte del profesor de forma manual.
- Emparejamiento: Permiten conectar opciones de distintas columnas.
- Opción múltiple: El estudiante, para una pregunta dada, puede seleccionar una o varias opciones predefinidas.
- Respuesta corta: El objetivo es introducir un pequeño texto que es comparado, letra por letra, contra una serie de posibles respuestas asociadas a distintas puntuaciones.
- Falso/verdadero: Pregunta simple donde únicamente se ofrecen dos opciones: verdadero o falso.

Hay que resaltar que distintos centros han contribuido con más tipos de preguntas que pueden ser también incluidas en estos cuestionarios.

---

[2] Se puede encontrar un listado más detallado de todos los tipos de preguntas en la documentación oficial de Moodle: https://bit.ly/3zuCdjL

***FIGURA 1.*** *Ventana ofrecida por Moodle para la inserción de los distintos tipos de preguntas en un cuestionario*

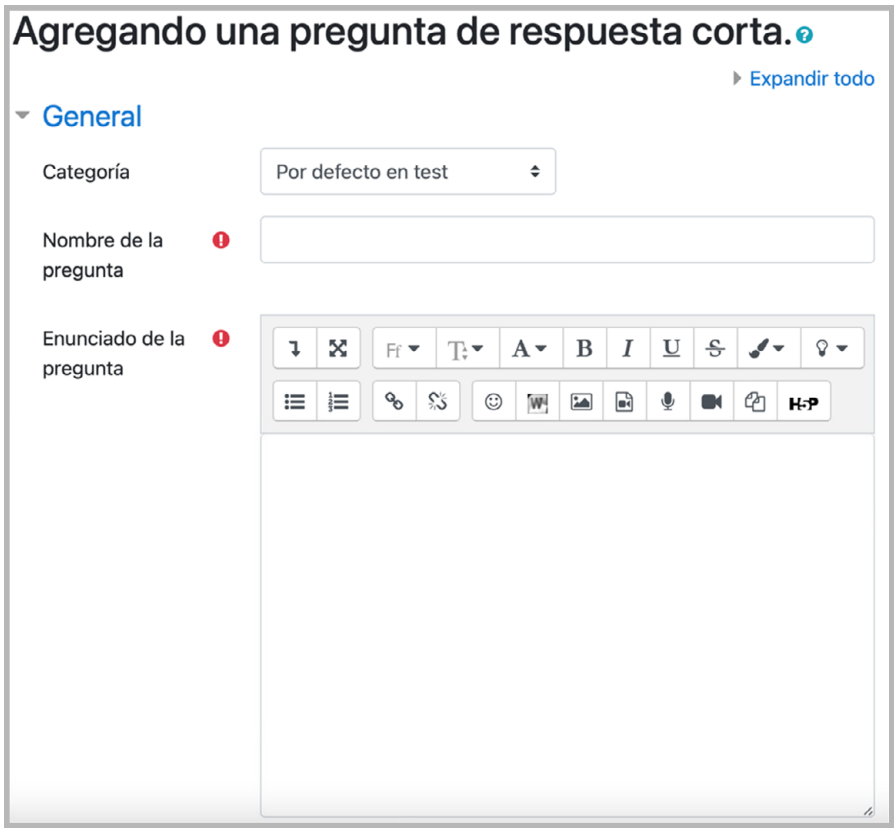



3.1.2. Las preguntas de respuesta corta en Moodle

Uno de los tipos de pregunta más utilizados en Moodle es la de tipo respuesta corta, y que es la que centra el presente trabajo. No obstante, la metodología descrita también podría extenderse a la evaluación automática de ensayos, otro tipo de pregunta implementada en Moodle.

Como se puede observar en la Figura 2, a la hora de insertar una pregunta de respuesta corta en un cuestionario es posible introducir un nombre para la pregunta y el enunciado de esta.

***FIGURA 2.*** *Ventana ofrecida por Moodle para la configuración de una pregunta de tipo respuesta corta. La plataforma permite la introducción de un nombre y un enunciado.*

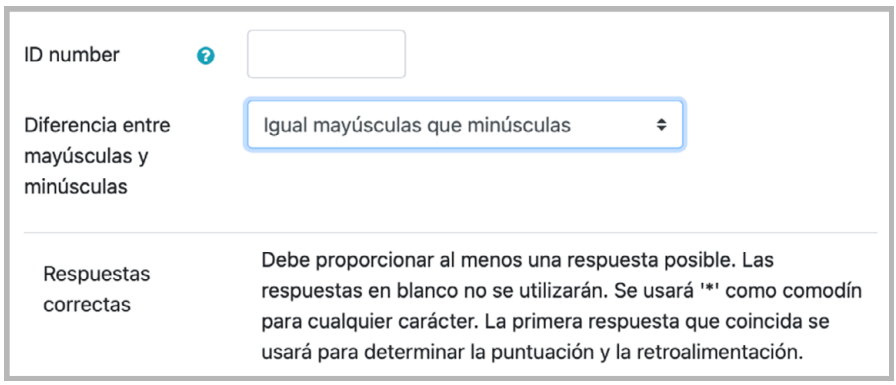



Las posibles respuestas se indican posteriormente, ofreciendo Moodle tantos campos como respuestas sean necesarias (ver Figura 3). En el campo "Respuesta" es posible introducir un pequeño texto junto con la calificación asociada para esa respuesta. Cuando un cuestionario finaliza y el sistema evalúa automáticamente las respuestas introducidas por los alumnos, aquella respuesta con la que se encuentre una equivalencia exacta será la encargada de asignar la calificación de esa pregunta.

En versiones actuales de Moodle se han implementado dos medidas para flexibilizar este sistema de evaluación de respuestas (ver Figura 4). Estas medidas consisten en no considerar diferencias entre mayúsculas y minúsculas y, en segundo lugar, en la posibilidad de hacer uso del asterisco

“*” como símbolo comodín para que en determinados puntos de las respuestas introducidas por el profesor se admita cualquier carácter.

***FIGURA 3.*** *Opciones ofrecidas por Moodle para flexibilizar la evaluación de respuestas introducidas por el alumno*




Por lo general, para asegurar una correcta evaluación de los estudiantes, nos veremos obligados a combinar este tipo de pregunta ofrecida por Moodle con respuestas simples, preferiblemente de una palabra. De otro modo, cualquier pequeño cambio no previsto, como, por ejemplo, un doble espacio o un punto al final, ocasionará evaluar sin puntuación la pregunta.

Podemos encontrar un claro ejemplo en la evaluación de ejercicios en el aprendizaje de idiomas, donde los estudiantes tienen que introducir una frase corregida o completar una sentencia, entre otras posibilidades. Si la respuesta a una pregunta de este tipo es “I am going to have my house painted”, también se debería dar por válida “I’m going to have my house painted”, en la que se hace uso de la contracción. Pero también habría otras posibles respuestas válidas, como una donde se introduce un punto al final o tal vez donde se hace uso de la primera persona del plural (“We are going…”). Ante estas posibles respuestas, el uso de Moodle queda severamente limitado.

### 3.2. Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es un área de investigación que se centra en estudiar cómo se pueden abordar tareas de entendimiento y gestión de lenguaje natural mediante modelos computacionales (Chowdhary et al. 2020). Esta área de investigación nació a mitades del siglo XX, donde se empezaron a proponer distintos enfoques para llevar a cabo tareas como la traducción automática, el desarrollo de ontologías de conocimiento mediante modelos puramente estadísticos o basados en reglas. A finales del pasado siglo, esta área de investigación sufrió un gran cambio, al empezar a abordar este tipo de tareas mediante aprendizaje automático (del inglés Machine Learning).

Dentro del procesamiento del lenguaje natural, se ha trabajado continuamente en proporcionar soluciones a un gran número de distintas tareas, como puede ser el reconocimiento del habla (para convertir el habla de una persona en texto), en el proceso contrario, síntesis del habla, en el reconocimiento de entidades (tarea conocida como Named Entity Recognition), en el análisis de sentimiento, en la traducción automática, en la generación de resúmenes o incluso en tareas mucho más complejas que tratan con el entendimiento del lenguaje natural, como lo son la respuesta automática de preguntas, la generación automática de descripciones de imágenes, o la generación de lenguaje natural.

### 3.3. Aprendizaje automático

Dentro del área de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático nació como el campo donde se centran los esfuerzos en conseguir que los ordenadores puedan aprender a realizar tareas típicamente reservadas para los humanos (Jordan et al. 2015). Gracias a los avances en esta área, se han podido afrontar tareas de gran dificultad, como por ejemplo las relacionadas con visión por computador o tareas complejas de procesamiento del lenguaje natural.

Dentro del aprendizaje automático es posible distinguir distintos tipos de enfoque según el proceso seguido para que el modelo computacional aprenda. Así, los tipos principales son supervisado, no supervisado, semisupervisado, por refuerzo y autosupervisado:

- Aprendizaje supervisado: el objetivo es generar un modelo mediante un entrenamiento a partir de un *dataset* de ejemplos que están etiquetados. Así, durante el entrenamiento se presentan instancias al modelo compuestas por una serie de características y la etiqueta asociada, con el objetivo de predecir esta etiqueta.

- Aprendizaje no supervisado: en el aprendizaje no supervisado el objetivo es entrenar un algoritmo para extraer patrones de un conjunto de datos que no están etiquetados. Un ejemplo clásico de aprendizaje no supervisado es el *clustering* o agrupamiento, que consiste en generar grupos de instancias que presentan cierta similaridad sobre un conjunto mayor de datos.

- Aprendizaje semisupervisado: es un tipo de aprendizaje donde se combina aprendizaje supervisado y no supervisado. De forma más concreta, se parte de un conjunto de datos donde una parte de ellos está etiquetada, de forma que durante el aprendizaje se trabaja con datos en los que sólo una parte tiene una etiqueta asociada.

- Aprendizaje por refuerzo: el objetivo en este tipo de aprendizaje es entrenar un modelo mediante el uso de recompensas. Al contrario que con el aprendizaje supervisado, no existen etiquetas, sino que la propia actuación del modelo genera una recompensa en función de lo bien o peor que haya actuado. Durante el entrenamiento, se perseguirá la máxima recompensa de forma continua, lo que asegura el correcto aprendizaje del modelo.

- Aprendizaje autosupervisado: el aprendizaje autosupervisado, aunque nació hace ya algunas décadas, ha cobrado gran importancia recientemente debido a la necesidad de entrenar modelos desde grandes cantidades de datos no etiquetados. El objetivo de este tipo de aprendizaje es extraer patrones en la propia entrada que se proporciona al modelo.

### 3.3.1. Modelos Transformer

En 2017 se publicó el concepto de *self-attention* o autoatención (Vaswani et al., 2017), que supuso un cambio radical en el terreno del aprendizaje automático y en la resolución de problemas relacionados con el entendimiento humano en tareas de habla, texto, imagen, audio o vídeo. Este mecanismo tiene como objetivo principal imitar ciertos componentes de la atención cognitiva humana, prestando atención a las distintas relaciones que se establecen entre los elementos que componen, por ejemplo, una frase. Así, en vez de entender una frase como una secuencia de palabras, el uso de este nuevo mecanismo de atención permitió establecer un modelo donde se establecen múltiples relaciones entre las palabras que componen la frase.

Los modelos de aprendizaje automático profundo que implementan este mecanismo son los llamados *transformer*, arquitecturas que trabajan con datos de entrada secuenciales. Este tipo de modelos ha conseguido proporcionar soluciones con excelente precisión a tareas complejas como la generación de resúmenes de texto, la generación de respuestas a preguntas, la generación automática de código de programación, la traducción automática o la generación de texto.

En la actualidad, existe una gran variedad de modelos Transformer preentrenados disponibles. Una de las claves del éxito de este tipo de modelos es que, a pesar de requerir unos recursos computacionales extraordinarios para poder ser entrenados, una vez es entrenado uno de estos modelos, resulta mucho más sencillo poder adaptarlos para poder realizar tareas concretas mediante un proceso de refinamiento *o fine-tunning.*

Los modelos más utilizados y extendidos incluyen BERT (Kenton et al., 2019), GPT (Radford et al., 2018), GPT-2 (Radford et al., 2019), GPT-3 (Brown et al., 2020), BART (Lewis et al., 2019), T5 (Raffel et al., 2020), XLM (Conneau et al., 2019a) o XLM-RoBERTa (Conneau et al., 2019b).

### 3.3.2. Los *embeddings*

Los Transformer, al igual que cualquier modelo computacional, trabaja con valores numéricos. Esto provoca que sea imposible trabajar con palabras o texto humano, de forma que cualquier tarea que involucre datos no numéricos requiere de un proceso de adaptación de los datos. Normalmente, esto se lleva a cabo mediante un *tokenizer*, que se encarga de transformar las palabras de entrada en valores numéricos para poder ser tratadas.

Estos modelos, una vez reciben una entrada numérica, realizan múltiples operaciones matemáticas organizadas en capas, que generan nuevos valores numéricos para ser tratados en la siguiente capa. Esto origina que, en la última capa se pueda obtener un vector de n posiciones, una representación vectorial de la frase introducida en la entrada. Gracias a todo el cálculo realizado en las capas internas del modelo, este vector supone una representación con un gran nivel de detalle, donde cada posición representa una característica distinta extraída de la frase de entrada.

El uso de estos *embeddings* supone una herramienta con gran potencial para realizar tareas de múltiples tipos, desde representaciones en un espacio bidimensional cuando se combinan con técnicas de reducción de dimensionalidad o comparaciones del grado de similitud entre varias frases, tema en el que se centra este trabajo.

## 3.4. Evaluación de la similitud semántica mediante *embeddings*

El sistema proporcionado por Moodle para la comparación entre la respuesta introducida por el alumno y las diferentes posibles respuestas introducidas por el profesor funciona de forma exacta, sin apenas flexibilidad a excepción de evitar diferencias entre el uso de mayúsculas y minúsculas.

Para solucionar este problema, en este trabajo se propone hacer uso del cálculo de la distancia entre los vectores (*embeddings*) generados para la frase introducida por el estudiante y las posibles respuestas introducidas por el profesor. Esta tarea ha sido implementada en Python 3 y haciendo uso de dos librerías: Sentence Transformer, Scipy y el modelo BERT-base ofrecido por la plataforma Hugging Face

– Sentence Transformer: se trata de un framework desarrollado en Python para la generación de *embeddings* de frases, siendo capaz de manejar más de 100 idiomas distintos (Reimers et al., 2019).

– SciPy: Se trata de una librería con multitud de algoritmos y funciones matemáticas. Entre ellas ofrece el cálculo eficiente de la distancia coseno entre vectores, que se utiliza en este trabajo.

En la Figura 4 se muestra el código necesario para realizar el cálculo de la distancia entre los *embeddings* de dos frases distintas.

***FIGURA 4.*** *Ejemplo del código necesario en Python para generar los correspondientes embeddings para dos frases y realizar el posterior cálculo de la distancia coseno*

```
from sentence_transformers import SentenceTransformer
import scipy

model = SentenceTransformer('bert-base-nli-mean-tokens')

sentence_a = ['I'm going to have my house painted']
sentence_b = ['I am going to have my house painted']

sentence_a_embedding = model.encode(sentence_a)
sentence_b_embedding = model.encode(sentence_b)

scipy.spatial.distance.cdist(sentence_a_embedding, sentence_b_embedding, "cosine")
```

Este procedimiento supone una flexibilidad mucho mayor a la hora de calcular si la respuesta introducida por el estudiante se asemeja o no a la respuesta correcta introducida por el profesor. Así, en vez de realizar una comparación carácter por carácter, como hace Moodle, es posible calcular una distancia donde valores como la semántica y la correctitud gramatical juegan mayor importancia respecto a cambios menores (uso de contracciones), el uso de símbolos gramaticales innecesarios (por ejemplo, punto final) o incluso el uso de sinónimos, que provocarán una distancia igualmente cercana al no variar el significado de la frase.

En la siguiente sección observamos en detalle el resultado de realizar el cálculo de la distancia coseno entre distintas frases con diversos grados de similitud.

## 4. RESULTADOS

El mecanismo más sencillo para evaluar nuestra propuesta y presentar resultados es mediante el cálculo de la distancia entre los *embeddings* generados para pares de frases.

Evaluaremos en primer lugar la fiabilidad de nuestro modelo para el cálculo de similitud entre frases similares y profundamente similares. Imaginemos tres frases, (A) "I'm going to have my house painted", (B) "I am going to have my house painted", (C) "I am not going to have my house painted" y (D) "I love playing the piano in my jazz band". Como se puede apreciar, la primera y la segunda serían sentencias equivalentes, en las que el único cambio es el uso de la contracción. La frase C establece una negación en comparación a las primeras dos frases, mientras que la última frase presenta una semántica completamente distinta.

Procedemos a realizar el cálculo de la distancia entre pares de estas frases para observar la precisión de nuestro enfoque siguiendo el código mostrado en la Figura 4. En el cálculo de la distancia entre la frase A y B, que son prácticamente idénticas, obtenemos una distancia de 0.004, un valor muy reducido que muestra cómo el modelo es capaz de detectar el alto grado de similitud entre ambas. Sin embargo, si comparamos el valor entre las sentencias A y C, obtenemos una distancia de 0.576. Esta importante reducción muestra como la simple introducción de la negación provoca un importante efecto en la distancia, en sintonía como el cambio semántico producido. No obstante, la distancia (algo superior al 0.5), sigue mostrando cómo ambas frases siguen estando relacionadas semánticamente.

En tercer lugar, realizamos el cálculo de la distancia coseno entre las frases A y D, obteniendo un valor de 0.876. Como se puede observar la comparación de dos frases que tienen significados completamente distintos provoca que el resultado sea una distancia muy elevada.

## 5. DISCUSIÓN

Como se ha podido observar en la sección anterior, los *embeddings* generan una representación muy precisa del valor semántico contenido en

una frase. La comparación matemática de pares de *embeddings* mediante distancias coseno permite obtener una cuantificación aproximada del grado de similitud semántica entre frases.

La importancia de este trabajo se resalta por la cada vez más necesaria preparación de los sistemas de gestión del aprendizaje para la evaluación de los estudiantes (Turnbull et al., 2020). En estos últimos años, el rol de estas plataformas se ha vuelto incluso más relevante, con motivo de la pandemia del COVID-19, donde estudios han demostrado como los estudiantes han encontrado en gran medida positivo el uso de plataformas tecnológicas en la enseñanza (Elzainy et al., 2020).

No obstante, no debemos dejar de lado otros problemas a los que también se debe hacer frente. Así, la posibilidad de ejercer actitudes deshonestas (Friedman et al., 2016) o el uso de mecanismos de evaluación que terminan en calificaciones demasiado elevadas (Carstairs et al., 2009), suponen importantes retos a los que hay que hacer frente durante el uso de plataformas online de gestión del aprendizaje, especialmente durante los procesos de evaluación.

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado cómo se puede mejorar el sistema de comparación entre frases implementado por Moodle para mejorar su flexibilidad y, por tanto, su uso. Gracias a los últimos avances en campos como el procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje automático profundo, es posible generar *embeddings*, una representación en formato de vector de una frase recibida como entrada. Así, la generación de estos vectores tanto de la entrada recibida como de las posibles respuestas permite el cálculo de una distancia, un valor que nos indica el grado de cercanía entre ambas frases.

Como hemos podido ver en la sección de Resultados, el valor de esta distancia variará en función de múltiples factores. Así, para frases completamente equivalentes es de esperar obtener una distancia inferior a 0.1 o 0.2, mientras que, en el caso de frases muy diferentes, la distancia aumentará a valores por encima de 0.7 o 0.8. Este amplio abanico de valores sugiere que, dependiendo del contexto de aplicación, pueda ser

necesario emplear distintos umbrales para considerar si una frase es idéntica a otra o no.

De cara a la posible implementación e integración de la propuesta presentada en este trabajo, sería necesario implementar un nuevo módulo o tipo de pregunta en Moodle, así como disponer de la infraestructura necesaria para ejecutar y calcular distancias entre *embeddings*, un proceso complejo que requiere de ciertos elementos concretos (por ejemplo, del uso de tarjetas de cómputo GPU).

Finalmente, hay que destacar las posibilidades de este tipo de técnicas en la evaluación de cuestionarios de forma telemática. Mientras que en este trabajo nos hemos centrado en el cálculo de la distancia entre *embeddings* como forma de calcular el grado de similitud semántica, existen otras tareas que pueden resultar también útiles. Por ejemplo, tareas como Natural Language Inference pueden permitir establecer si dos frases, que, estando cercanas en términos de similitud semántica, están también alineadas, con el objetivo de detectar patrones más específicos como, por ejemplo, la negación.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Está investigación se ha realizado en el marco del Proyecto de Innovación Educativa "InVes: Mejora en la calidad docente y contenidos docentes mediante investigación continua aplicada", financiado por la Universidad Politécnica de Madrid con código IE22.6109

## 8. REFERENCIAS

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. Advances in neural information processing systems, 33, 1877-1901.

Carstairs, J., & Myors, B. (2009). Internet testing: A natural experiment reveals test score inflation on a high-stakes, unproctored cognitive test. Computers in Human Behavior, 25(3), 738-742.

Chowdhary, K. (2020). Natural language processing. Fundamentals of artificial intelligence, 603-649.

Conneau, A., & Lample, G. (2019a). Cross-lingual language model pretraining. Advances in neural information processing systems, 32.

Conneau, A., Khandelwal, K., Goyal, N., Chaudhary, V., Wenzek, G., Guzmán, F., ... & Stoyanov, V. (2019b). Unsupervised cross-lingual representation learning at scale. arXiv preprint arXiv:1911.02116.

Elzainy, A., El Sadik, A., & Al Abdulmonem, W. (2020). Experience of e-learning and online assessment during the COVID-19 pandemic at the College of Medicine, Qassim University. Journal of Taibah University Medical Sciences, 15(6), 456-462.

Friedman, A., Blau, I., & Eshet-Alkalai, Y. (2016). Cheating and Feeling Honest: Committing and Punishing Analog versus Digital Academic Dishonesty Behaviors in Higher Education. Interdisciplinary Journal of E-Learning & Learning Objects, 12.

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science, 349(6245), 255-260.

Kenton, J. D. M. W. C., & Toutanova, L. K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In Proceedings of NAACL-HLT (pp. 4171-4186).

Lewis, M., Liu, Y., Goyal, N., Ghazvininejad, M., Mohamed, A., Levy, O., ... & Zettlemoyer, L. (2019). Bart: Denoising sequence-to-sequence pre-training for natural language generation, translation, and comprehension. arXiv preprint arXiv:1910.13461.

Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T., & Sutskever, I. (2018). Improving language understanding by generative pre-training.

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. OpenAI blog, 1(8), 9.

Raffel, C., Shazeer, N., Roberts, A., Lee, K., Narang, S., Matena, M., ... & Liu, P. J. (2020). Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer. J. Mach. Learn. Res., 21(140), 1-67.

Reimers, N., & Gurevych, I. (2019). Sentence-bert: Sentence embeddings using siamese bert-networks. arXiv preprint arXiv:1908.10084.

Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2020). Learning Management Systems, An Overview. Encyclopedia of education and information technologies, 1052-1058.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Advances in neural information processing systems, 30.

# EL USO DE GRANDES MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO NUEVA COMPETENCIA TRANSVERSAL

VICTOR RODRIGUEZ-FERNANDEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

CRISTIAN RAMIREZ ATENCIA
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) es un campo de la informática que se centra en el desarrollo de tecnologías capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones o el razonamiento lógico. Aunque el término «inteligencia artificial» se acuñó en 1955, el concepto de crear máquinas inteligentes se remonta a mucho tiempo antes. En el siglo XVIII, el filósofo británico Thomas Hobbes imaginó una máquina capaz de hablar y razonar (Flasiński, 2016).

A partir de la década de 1950, el campo de la inteligencia artificial comenzó a cobrar forma gracias a los avances en la informática y la teoría de la computación. En los años siguientes, se desarrollaron diversos enfoques para el desarrollo de la inteligencia artificial, como el aprendizaje automático, la robótica y el procesamiento del lenguaje natural. A partir de la década de 1980, la inteligencia artificial comenzó a ser utilizada en diversos campos, como la medicina, el marketing y los videojuegos.

En la actualidad, la inteligencia artificial es un campo en pleno desarrollo que está cambiando la forma en la que interactuamos con la tecnología. A partir de 2012, una serie de avances revolucionarios debido a la aparición de enormes modelos basados en redes neuronales, han hecho posible crear grandes modelos capaces de procesar y generar texto e imágenes con un rendimiento por momentos cercano al de los seres humanos.

Modelos de redes neuronales como GPT-3 (Brown et al., 2020), demuestran una habilidad nunca antes vista para adaptarse a multitud de tareas que requieren el uso del lenguaje, tales como el resumen de textos, la creación de chatbots, el análisis de sentimiento, o la generación de código, entre otros. Así mismo, otros como Dall-E (Ramesh et al., 2021) permiten la generación de imágenes realistas a partir de una descripción textual introducida por el usuario, lo cual se postula como un punto de inflexión en el mundo del diseño gráfico.

Además, poco a poco estos modelos están dejando de ser únicamente objeto de investigación, para pasar a ser productos accesibles de manera sencilla (con el simple uso de un navegador) por cualquier usuario, independientemente de su nivel técnico en ciencias de la computación o en inteligencia artificial. Sin embargo, el rendimiento y las posibilidades de estos modelos están aún por exprimir, y la calidad de su respuesta depende, en gran medida, de la construcción de la entrada textual (o prompt) con la que se alimente al modelo. Debido a ello, algunos investigadores hablan ya de la ingeniería de prompts (”prompt engineering”), esto es, la habilidad y conocimiento sobre la creación de entradas apropiadas para estos modelos, como una futura competencia transversal que puede potenciar el rendimiento de estudiantes y trabajadores en una multitud de tareas y disciplinas (Strobelt et al., 2022).

En este artículo, haremos un resumen de la situación actual de estos grandes modelos de IA, las posibilidades de uso que tienen para diferentes campos, y veremos ejemplos que reflejan el hecho de que construir correctamente la entrada textual al modelo es un aspecto crítico para obtener salidas deseables. Haremos un énfasis en aplicaciones que pueden afectar al ámbito de la educación, potenciando tanto a los profesores como alumnos, y discutiremos sobre la posibilidad de que el uso de estos modelos supone, en el futuro, la creación de una competencia transversal que se encuentre de manera ubicua en todo el sistema educativo, tal y como lo es hoy en día el uso de programas ofimáticos.

## 2. GRANDES MODELOS DE IA EN LA ACTUALIDAD

Una de las tecnologías clave que ha explotado en la última década es la del aprendizaje profundo (o deep learning) y las redes neuronales. Se trata de una técnica de aprendizaje automático inspirada en el funcionamiento del cerebro humano. Las redes neuronales se componen de una serie de capas interconectadas de nodos, que se encargan de procesar la información que se les introduce.

Los principios de las redes neuronales artificiales se remontan a la década de 1940, pero su implementación efectiva ha sido posible sólo en la última década debido al aumento de la potencia de computación y la disponibilidad de datos. Cada nodo de la red está conectado a otros nodos de las capas sucesivas, de forma que cada nodo realiza un cálculo simple a partir de la información que recibe, y el resultado de ese cálculo se envía a los nodos conectados. Así, a medida que la información fluye a través de la red, va siendo transformada y elaborada, hasta que finalmente llega a la capa de salida, donde se produce la respuesta final.

Las redes neuronales se han demostrado muy eficaces en una gran variedad de tareas, como el reconocimiento de objetos o el procesamiento de lenguaje natural. De hecho, las redes neuronales artificiales han sido clave en el desarrollo de los grandes modelos de inteligencia artificial de los que hablamos en este trabajo, como GPT-3 o Dall-E.

### 2.1. GPT-3

GPT-3 es una inteligencia artificial que se especializa en el procesamiento del lenguaje natural. Fue creada por OpenAI [3], una organización de investigación sin fines de lucro dedicada a desarrollar tecnologías que amenacen la existencia de la humanidad. GPT-3 es la tercera versión de su predecesora, la inteligencia artificial GPT-2.

Los modelos GPT están basados en una moderna arquitectura para la construcción de redes neuronales conocida como los Transformers (Vaswani et al., 2017). El Transformer es una arquitectura de red

[3] https://openai.com/

neuronal que se introdujo en 2017. Se basa en la idea de la autoatención (*self-attention*), que permite que la red aprenda las dependencias entre los elementos de entrada sin necesidad de usar elementos recurrencia. Se ha demostrado que Transformer tiene mucho éxito en una variedad de tareas, como la traducción automática, la clasificación de imágenes y el modelado de lenguaje.

GPT-3 puede realizar tareas como traducir texto, generar texto a partir de un prompt y responder preguntas de forma natural. También se ha demostrado que es capaz de crear código a partir de una descripción de lo que se necesita. GPT-3 resuelve todas estas tareas sin haber sido entrenado específicamente para ello, ya que su entrenamiento se implementó con la sencilla tarea de predecir la siguiente palabra dado un texto. Esto, escalado a ingentes cantidades de datos, ha conseguido que emerjan del modelo capacidades más complejas, abriendo un nuevo paradigma en el mundo de la Inteligencia Artificial.

## 2.2. DALL-E

DALL-E es una inteligencia artificial de OpenAI que genera imágenes a partir de texto descriptivo, lo que significa que puede entender el significado de lo que se le dice y luego traducirlo a una imagen. Para ello, utiliza un modelo de aprendizaje profundo, es decir, una enorme red neuronal artificial, entrenada en una base de datos de millones de imágenes (Ramesh et al., 2021). DALL-E puede crear imágenes de objetos que no existen en la realidad, como una cabeza de elefante con alas, o una persona con una cara de perro. El nombre DALL-E viene del artista del siglo XXI, Salvador Dalí, y del personaje de cómic WALL·E.

Desde su aparición en enero de 2021, DALL-E ha sido visto como una amenaza para los artistas y creadores, ya que muestra que la inteligencia artificial es capaz de generar imágenes de alta calidad a partir de una simple descripción. Sin embargo, también se ha visto como una oportunidad para que los artistas y creadores se inspiren y colaboren con la inteligencia artificial.

En 2022, OpenAI lanzó la segunda versión de DALL-E (DALL-E 2), mejorando significativamente los resultados de la primera versión, y

permitiendo el acceso a la herramienta para el público general. El lanzamiento al público de esta herramienta causó una revolución a escala en la adopción de los modelos de generación de imágenes, y en sólo unos meses posteriores a su lanzamiento, aparecieron numerosas alternativas de diferente índole, tales como:

- *MidJourney* [4]: Centrada en la creación de imágenes artísticas. Se hizo muy popular debido a que una creación de esta IA consiguió ganar un concurso de arte en el que se competía con creaciones humanas (Vincent, 2022).
- *Stable diffusion* [5]: De libre acceso y sin censura a la hora de realizar creaciones, este modelo consigue resultados similares e incluso superiores a DALL-E 2, y ha sido integrado en numerosas aplicaciones de diseño gráfico como Photoshop o Figma.

## 3. COMPETENCIAS TRANSVERSALES ASISTIDAS POR GRANDES MODELOS DE IA

En esta sección, detectamos una serie de competencias transversales a varios niveles, que pueden ser actualmente asistidas por grandes modelos de IA como los mencionados en la sección anterior.

### 3.1. Comprensión de contenidos

La comprensión de contenidos es una competencia transversal que se refiere a la capacidad de leer, interpretar y comprender textos escritos en cualquier área de conocimiento. Se trata de una habilidad fundamental que todos los estudiantes deben desarrollar para poder acceder a la información y el conocimiento. Debido a la versatilidad de un modelo como GPT-3, este tipo de modelos pueden ser "ordenados" usando lenguaje natural para realizar tareas relacionadas con la comprensión de contenidos, tales como la creación de un resumen (Ver Figura 1) o la extracción de conceptos y palabras clave de un texto (Ver Figura 2). En

[4] MidJourney: https://www.midjourney.com/home/

[5] Stable diffusion: https://stability.ai/blog/stable-diffusion-public-release

la primera Figura se puede observar el funcionamiento y la flexibilidad de un modelo de lenguaje. Pese a que el modelo "únicamente" genera texto dado un pretexto o prompt, esto se puede utilizar para instruir al modelo de diferentes maneras. Si el pretexto, o prompt, incluye la orden "Summarize this for a second-grade student", seguido de un párrafo describiendo las características del planeta Júpiter, el modelo completará ese pretexto con un resumen del texto proporcionado, actuando efectivamente como un algoritmo de sumarización. Sin embargo, si el pretexto a prompt incluye, como se ve en la Figura 2, la orden "Extract keywords from a text" seguido de un texto como puede ser el resumen de un artículo científico, el mismo modelo actuará ahora como extractor de palabras clave. Esto muestra el poder y la flexibilidad que conlleva una sencilla tarea como la de generar texto.

***FIGURA 1.*** *Ejemplo de generación automática de resúmenes con GPT-3.*

**Prompt**

Summarize this for a second-grade student:

Jupiter is the fifth planet from the Sun and the largest in the Solar System. It is a gas giant with a mass one-thousandth that of the Sun, but two-and-a-half times that of all the other planets in the Solar System combined. Jupiter is one of the brightest objects visible to the naked eye in the night sky, and has been known to ancient civilizations since before recorded history. It is named after the Roman god Jupiter. [19] When viewed from Earth, Jupiter can be bright enough for its reflected light to cast visible shadows,[20] and is on average the third-brightest natural object in the night sky after the Moon and Venus.

**Sample response**

Jupiter is a planet that is bigger than all the other planets in our solar system and is very bright when you see it in the night sky. It is named after the Roman god Jupiter. When viewed from Earth, it is usually one of the three brightest objects in the sky.

Fuente: https://beta.openai.com/examples/default-summarize

***FIGURA 2.*** *Ejemplo de extracción de palabras clave con GPT-3.*

**Prompt**

Extract keywords from this text:

Black-on-black ware is a 20th- and 21st-century pottery tradition developed by the Puebloan Native American ceramic artists in Northern New Mexico. Traditional reduction-fired blackware has been made for centuries by pueblo artists. Black-on-black ware of the past century is produced with a smooth surface, with the designs applied through selective burnishing or the application of refractory slip. Another style involves carving or incising designs and selectively polishing the raised areas. For generations several families from Kha'po Owingeh and P'ohwhóge Owingeh pueblos have been making black-on-black ware with the techniques passed down from matriarch potters. Artists from other pueblos have also produced black-on-black ware. Several contemporary artists have created works honoring the pottery of their ancestors.

**Sample response**

pottery, black-on-black ware, 20th century, 21st century, Puebloan Native American ceramic artists, Northern New Mexico, reduction-fired blackware, traditional, smooth surface, burnishing, slip, carving, incising, polishing

Fuente: https://beta.openai.com/examples/default-keywords

### 3.2. Organización

La organización es una competencia transversal que se relaciona con la capacidad de planificar, coordinar y controlar las actividades de un grupo. Se trata de una habilidad muy útil en el mundo laboral, ya que permite llevar a cabo tareas de manera eficiente y efectiva. También es muy útil a la hora de escribir, ya que ayuda a estructurar las ideas y a organizar el material de manera clara y sencilla. En la Figura 3, se puede observar cómo, mediante una sencilla orden (o "prompt"), GPT-3 puede

generar un esquema organizado de los pasos a seguir para llevar a cabo una tarea, como puede ser la escritura de un ensayo.

***FIGURA 3.*** *Ejemplo de generación de esquemas organizativos con GPT-3*

**Prompt**

Create an outline for an essay about Nikola Tesla and his contributions to technology:

**Sample response**

1. Introduce Nikola Tesla and his work in the field of electricity and magnetism.

2. Discuss Tesla's contributions to the development of alternating current (AC) electricity.

3. Describe Tesla's development of the Tesla coil and its impact on wireless technology.

4. Discuss Tesla's experiments with X-rays and their implications for the future of medical technology.

5. Conclude with a discussion of Tesla's legacy and his impact on the development of modern technology.

Fuente: https://beta.openai.com/examples/default-essay-outline

### 3.3. Programación

El software es una parte importante de la ingeniería y la programación de software es una competencia esencial para todos los ingenieros. Los ingenieros deben tener una buena comprensión de los principios de la programación y deben ser capaces de crear y modificar el código según sea necesario.

Dado que el código que compone una pieza de software es, al fin y al cabo, texto, es posible utilizar modelos como GPT-3 para tareas relacionadas con código, tales como la generación de código, la explicación del

mismo o la generación de documentación, simplemente ordenando al modelo, usando el formato adecuado, la tarea que deseamos completar. En este sentido, podemos observar e.l ejemplo mostrado en la Figura 4, en el cual el prompt es el código Python de una función de la cual desconocemos su funcionamiento y significado. Terminando el prompt con el comentario "#Explanation of what the code does", GPT-3 entiende que tiene que generar un comentario, en lenguaje natural, que describa lo que hace esa función, lo cual acelera y mucho la generación de documentación y el entendimiento de código de terceros

***FIGURA 4**. Ejemplo de explicación de código Python con GPT-3.*

**Prompt**

```
# Python 3
def remove_common_prefix(x, prefix, ws_prefix):
  x["completion"] = x["completion"].str[len(prefix) :]
  if ws_prefix:
    # keep the single whitespace as prefix
    x["completion"] = " " + x["completion"]
return x

# Explanation of what the code does

#
```

**Sample response**

The code above is a function that takes a dataframe and a prefix as input and returns a dataframe with the prefix removed from the completion column.

Fuente: https://beta.openai.com/examples/default-python-to-natural-language

Recientemente, la compañía Github utilizó uno de estos grandes modelos de IA para desarrollar un asistente para la programación llamado

Github Copilot (Chen et al., 2021), que ha ocasionado el debate sobre el inicio del fin de la programación tal y como se entiende hasta ahora.

### 3.3. Creatividad

La creatividad es una competencia transversal que se puede aplicar a cualquier aspecto de la vida. Es la capacidad de generar nuevas ideas y soluciones de forma ingeniosa. La creatividad es una habilidad muy valorada en el mundo actual, ya que nos permite solucionar problemas de forma original y eficaz. Para ser creativos, debemos ser capaces de pensar de forma no convencional, de plantearnos nuevos objetivos y de ver el mundo de forma diferente.

La inteligencia artificial y la creatividad pueden complementarse muy bien. La inteligencia artificial puede ofrecer ideas y enfoques nuevos a los problemas, y la creatividad puede aportar una perspectiva humana y una capacidad de interpretación que la inteligencia artificial no puede igualar.

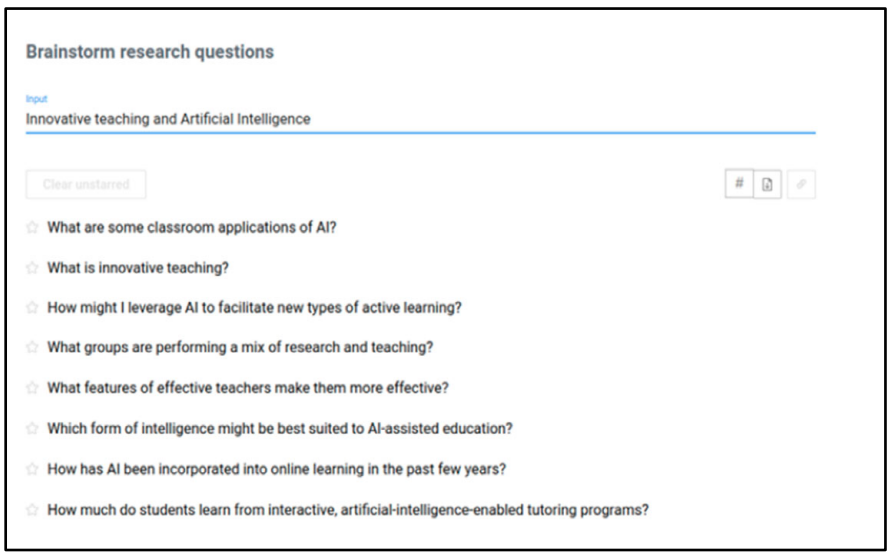
El ejemplo más claro de cómo un gran modelo de IA ha conseguido abrir el debate de la creatividad en las máquinas es DALL-E. Desde que OpenAI, en enero de 2021, presentó la capacidad de este modelo para generar imágenes a partir de texto, el debate sobre la amenaza que representa para los diseñadores gráficos no ha cesado. Sin embargo, otros creen que el programa no es más que una herramienta, y que los diseñadores gráficos no tienen nada que temer, ya que la creatividad humana sigue siendo única.

Las posibilidades de DALL-E a nivel de diseño no pasan únicamente por la generación de una imagen completa a partir de un texto. Existen otras tareas que puede realizar, tales como el "in-painting" o el "out-painting". El primero se refiere a la capacidad para rellenar espacios vacíos en una imagen de manera muy natural. El segundo se refiere a completar una imagen más allá de los límites que la componen, imaginando qué podría haber alrededor de esa figura.

Más allá de la generación de imágenes, existen otros dominios en los que los grandes modelos de IA pueden asistir a la creatividad humana. A nivel de texto, GPT-3 puede utilizarse para tareas de brainstorming, en las cuáles el usuario propone un tema a investigar y el modelo

responde con una lista de ideas relacionadas. En este sentido encontramos a Elicit [6], un asistente a la investigación basado en GPT-3, que, entre otras cosas, permite la generación de ideas y preguntas para un tema de investigación determinado. Por ejemplo, en la Figura 5 podemos ver una serie de preguntas de investigación generadas automáticamente por el motor de Elicit cuando se introduce el prompt "Innovative teaching and Artificial Intelligence". Esto es especialmente útil para acelerar los primeros pasos de un investigador cuando se sumerge dentro un nuevo tema en el que investigar.

***FIGURA 5.*** *Brainstorming en Elicit.org. Al introducir un determinado tema de investigación, el motor de lenguaje, basado en GPT-3, nos propone posibles preguntas de investigación relacionadas.*




Fuente: https://ide.elicit.org/

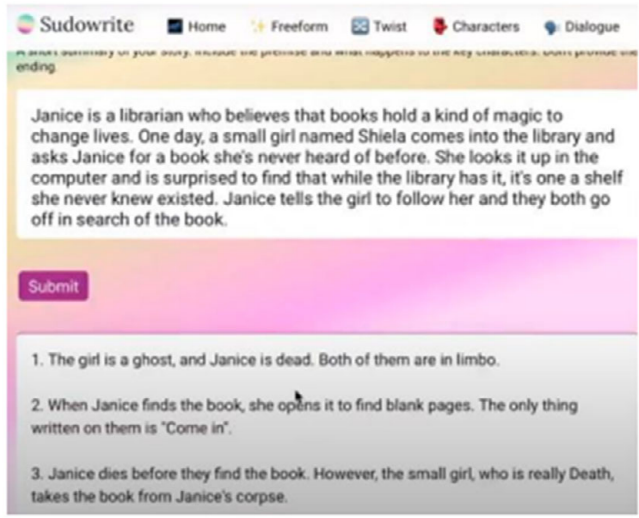
Finalmente, otra herramienta destacada, basada en GPT-3, para apoyar la creatividad es *sudowrite* [7], que tiene como objetivo ayudar con el famoso "bloqueo del escritor". *sudowrite* te permite introducir un texto y te da ideas de cómo continuar con él. En el pantallazo mostrado en la

[6] Elicit: https://elicit.org/

[7] sudowrite: https://www.sudowrite.com/

Figura 6, se puede ver un ejemplo de cómo la herramienta propone varias opciones sobre cómo continuar una historia, simplemente proveyendo a la herramienta de una descripción previa de lo que ocurre en la historia.

***FIGURA 6**. Ejemplo de uso de la herramienta sudowrite, basada en GPT-3, para combatir el bloqueo del escritor.*




Fuente: https://www.sudowrite.com/app

## 4. HABILIDADES PARA EL BUEN USO DE LOS GRANDES MODELOS DE IA

En este artículo, planteamos la analogía entre el boom de la ofimática a finales de los 90 y el boom de los grandes modelos de IA a principios de la década del 2020. De la misma manera que el uso de Word, Excel, Access, y en general, toda la suite de programas de Microsoft se convirtió en una línea obligatoria a incluir en el CV de cualquier trabajador durante los primeros años de la adopción de este tipo de software, el buen uso de modelos de inteligencia artificial, tales como aquellos para generar texto (GPT-3) o imágenes (DALL-E) podría suponer lo mismo en años futuros.

Cuando nos referimos a "buen uso" de un modelo de IA de estas características, nos referimos a cómo ajustar la "orden" o "prompt" que se le da al modelo para que realice una determinada tarea. Generalmente, estos prompts son textuales, y su importancia a la hora de generar buenos resultados es tal que hoy en día ya se habla de la "ingeniería de prompts" como futura disciplina de estudio. Se trata de la capacidad de diseñar y generar prompts (preguntas o frases de ejemplo) para entrenar y evaluar modelos de lenguaje. Esto es especialmente útil cuando se trata de modelos de lenguaje de gran escala, como los que se usan en servicios de inteligencia artificial y búsqueda.

A continuación, se detallan diferentes técnicas de ingeniería de prompts que demuestran la complejidad e importancia que tiene esta materia para sacar el máximo rendimiento de los grandes modelos de IA.

### 4.1. Zero-shot, one-shot, y few-shot prompts

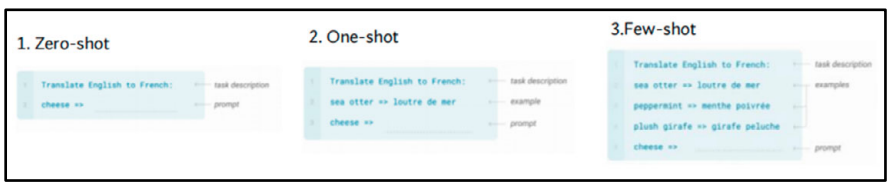
A la hora de crear una orden o *prompt* para un modelo de lenguaje de cara a resolver una tarea, como por ejemplo la traducción entre idiomas, es recomendable que, a parte del texto que describe la tarea que queremos ordenar, se incluya como parte del prompt una serie de ejemplos que ayuden al modelo a "entender" mejor la tarea que debe realizar, tal y como se explicaría un ejercicio de examen a un humano. Según el número de ejemplos que contenga el prompt, distinguimos varios tipos de prompts (Ver Figura 7):

- Zero-shot prompt: el prompt u orden contiene únicamente la descripción de la tarea que se desea realizar, pero ningún ejemplo. Por ejemplo, para realizar la tarea de traducción de inglés a francés como un modelo de lenguaje, un posible prompt zero-shot sería "Traduce de inglés a francés", seguido de la frase que se desea traducir.

- One-shot prompt: contiene la descripción de la tarea y un ejemplo. En el ejemplo de la traducción inglés-francés, esto implicaría aportar un pequeño ejemplo, de manera textual, de cómo una frase en inglés se traduce al francés.

– Few-shot prompt: contiene la descripción de la tarea y varios ejemplos. Es importante mantener una coherencia en el formato y la estructura que se utiliza para enumerar los ejemplos, para maximizar las posibilidades de que el modelo detecte correctamente el patrón que queremos que aprenda de los ejemplos. En el ejemplo de la traducción inglés-francés mostrado en la Figura 7, se puede apreciar cómo cada uno de los ejemplos de traducción que conforman en prompt mantienen una coherencia estructural con la forma *"{{frase en inglés}} => {{frase en francés}}"*, de manera que cuando queramos traducir una nueva frase, el prompt deberá terminar con el símbolo "=>", tras el cual el modelo generará el texto correspondiente a la nueva frase traducida.

***FIGURA 7**. Diferencias entre órdenes zero-shot, one-shot y few-shot para una tarea de traducción de inglés a francés*



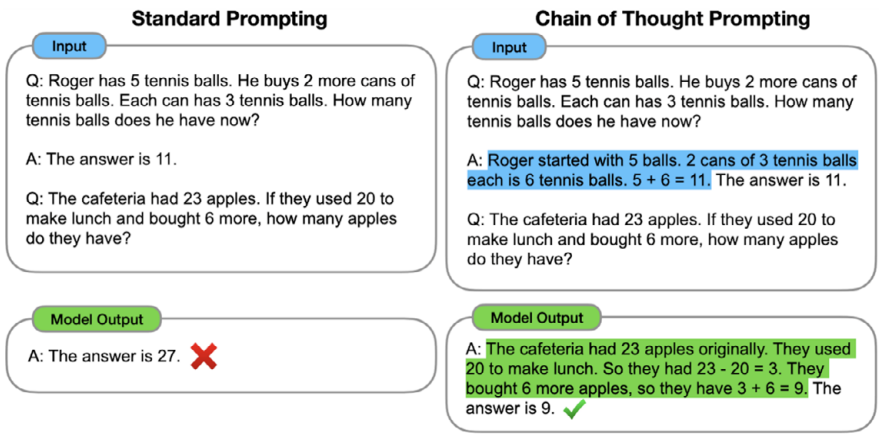

Fuente: https://blog.inten.to/gpt-3-language-models-are-few-shot-learners-a13d1ae8b1f9

### 4.2. Chain of thought prompting

Hoy en día, incluso los modelos de lenguaje más grandes como GPT-3, presentan dificultades con ciertas tareas que requieren razonamiento en múltiples pasos, tales como el razonamiento común o la resolución de problemas matemáticos. Aunque existen modelos más específicos y complejos que intentan atacar estos problemas de manera más directa, recientemente un equipo de *Google-AI* descubrió que, cambiando la manera en la que se describe una de estas tareas a la hora de crear el prompt puede aumentar significativamente la precisión del modelo. Mientras que el *prompting* clásico le pide al modelo directamente que realice una tarea, proporcionando el método de Google, llamado *Chain of thought prompting,* proporciona al modelo ejemplos de cómo resolver esa tarea, divididos en pasos intermedios que eventualmente llevan a la respuesta

final. Un ejemplo de este método, en el contexto de la resolución de problemas matemáticos, puede verse en la Figura 8. En este ejemplo, se pretende utilizar un modelo de lenguaje para resolver problemas matemáticos clásicos de secundaria. En el lado derecho, se incluye en el prompt un ejemplo (se trata de un prompt one-shot) en formato Q&A, en los cuales la respuesta "A:", es simplemente la respuesta final al problema planteado. Cuando se introduce una nueva pregunta y se insta al modelo a generar texto que responda a ella, el resultado es incorrecto. Sin embargo, en el lado derecho, aplicando la técnica de *Chain of thought prompting*, la respuesta que se da en el ejemplo está desglosada e incluye los pasos lógicos que realizaría un ser humano para llegar a la respuesta del problema. Con este simple cambio, cuando se insta de nuevo al mismo modelo a generar texto para responder a la nueva pregunta, la respuesta es correcta, no sólo en el resultado final, sino también en el proceso lógico que sigue para alcanzarla.

***FIGURA 8**. Diferencias entre el prompting clásico y el "chain of thought prompting" para una tarea compleja como la resolución de problemas matemáticos mediante modelos de lenguaje.*




Fuente: https://ai.googleblog.com/2022/05/language-models-perform-reasoning-via.html

### 4.3. Ingeniería de prompts en la generación de imágenes

Desde que se introdujeron los modelos de generación de imágenes a partir de texto, como DALL-E, la ingeniería de prompts ha adquirido una importancia crucial. En este caso, los prompts se refieren a las oraciones

o frases que se utilizan como descripción de la imagen que se desea generar, y el objetivo de la ingeniería de prompts es ajustar estas frases para mejorar la calidad de las imágenes generadas por el modelo.

Existe una plétora de técnicas para modificar los resultados que genera DALL-E para un mismo concepto, y ya han comenzado a aparecer los primeros libros dedicados a dominar estos "trucos" para conseguir crear todo tipo de imágenes con el modelo [8]. Algunos ejemplos de estos modificadores son:

- Modificadores de arte
    - Artista: Añadiendo *"por Salvador Dalí",* o "*por Andy Warhol"* a la descripción permite modificar el estilo de la imagen creada como si hubiese sido pintada por un autor específico.
    - Estilo: Añadiendo al final de la descripción *"estilo fotorrealista"* o "*pintado al óleo*"*,* se puede modificar, para una misma descripción, la técnica con la cual parece haber sido creada.
- Modificadores fotorrealistas
    - Calidad de la imagen: Añadiendo "4K", "HD", o términos similares a la descripción, se consiguen resultados con un mayor nivel de detalle.
    - Iluminación
    - Dispositivo de origen de la foto: Añadiendo el modelo de cámara con el que se lanzó la foto, se consiguen efectos propios de ese dispositivo en la imagen generada.
    - Fotografía de autor: De la misma manera que al crear imágenes artísticas es posible modificar el prompt para adaptar la creación al estilo de un pintor determinado, en las imágenes fotorrealistas es posible adaptar el estilo de la foto al de un determinado fotógrafo de renombre.

[8] The DALL-E prompt book: https://dallery.gallery/the-dalle-2-prompt-book/

***FIGURA 9**. Ejemplo del uso de modificadores de arte en un prompt de entrada al modelo DALL-E*

Fuente: https://www.reddit.com/r/dalle2

En la Figura 9, podemos apreciar un ejemplo de uso de un modificador de prompt, en este caso, un modificador de estilo para cambiar la imagen generada según el estilo de pintura de un autor determinado.

## 6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Desde su inicio, la inteligencia artificial ha estado marcada por la promesa de cambiar el mundo. En estos últimos años, hemos visto un avance significativo en el campo, debido a los grandes modelos de redes neuronales, como GPT-3 o DALL-E. Éstos están demostrando un potencial increíble para cambiar cómo se realizan muchas tareas, y para asistir a estudiantes y trabajadores en multitud de competencias transversales, tales como la comprensión de contenido o la creatividad.

En todo el desarrollo de este artículo, se ha hablado de los grandes modelos de Inteligencia Artificial como medio para asistir el desarrollo de competencias transversales. Cuando hablamos de asistir, nos referimos a agilizar y no a reemplazar u omitir conocimientos o aprendizaje. Tener herramientas que agilicen una tarea/competencia no implica el reemplazo del aprendizaje de esta, de la misma forma que utilizar una calculadora no exime de la necesidad de aprender a sumar o multiplicar de manera manual.

De la misma manera que hemos visto cómo estos modelos pueden cambiar cómo realizamos algunas tareas, también hemos destacado que su buen uso es complejo y está abriendo su propio campo dentro de la investigación en Inteligencia Artificial. Por tanto, lejos de venir para reemplazar y eliminar habilidades antes asociadas únicamente a los humanos, su aparición no hace más que abrir un nuevo abanico de creatividad y exploración para que los humanos expriman y experimenten al máximo con estas tecnologías. Disciplinas como la llamada *ingeniería de prompts* no hace más que confirmar que hay mucho camino por delante en en este sentido, y que se podría pensar en el uso de estos modelos como la "nueva ofimática", en cuanto a ser una competencia transversal en sí misma que es útil tanto para perfiles tecnológicos como para perfiles ajenos al campo.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de innovación educativa ARMADA-P (IE22.6107) de la Universidad Politécnica de Madrid.

## 8. REFERENCIAS

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J. D., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., … Amodei, D. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 1877–1901. https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/1457c0d6bfcb4967418bfb8ac142f64a-Abstract.html

Chen, M., Tworek, J., Jun, H., Yuan, Q., Pinto, H. P. de O., Kaplan, J., Edwards, H., Burda, Y., Joseph, N., Brockman, G., & others. (2021). Evaluating large language models trained on code. ArXiv Preprint ArXiv:2107.03374.

Flasiński, M. (2016). History of Artificial Intelligence. In M. Flasiński (Ed.), Introduction to Artificial Intelligence (pp. 3–13). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40022-8_1

Ramesh, A., Pavlov, M., Goh, G., Gray, S., Voss, C., Radford, A., Chen, M., & Sutskever, I. (2021). Zero-Shot Text-to-Image Generation. Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning, 8821–8831. https://proceedings.mlr.press/v139/ramesh21a.html

Strobelt, H., Webson, A., Sanh, V., Hoover, B., Beyer, J., Pfister, H., & Rush, A. M. (2022). Interactive and Visual Prompt Engineering for Ad-hoc Task Adaptation with Large Language Models. Undefined. https://www.semanticscholar.org/paper/Interactive-and-Visual-Prompt-Engineering-for-Task-Strobelt-Webson/0392d58335ce674a70f5e58ac8c438de296a0e6a

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. ArXiv:1706.03762 [Cs]. http://arxiv.org/abs/1706.03762

Vincent, J. (2022, September 1). An AI-generated artwork's state fair victory fuels arguments over 'what art is.' The Verge. https://www.theverge.com/2022/9/1/23332684/ai-generated-artwork-wins-state-fair-competition-colorado

# EJEMPLOS DE USO DE LA PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES MÓVILES COMO COMPETENCIA TRANSVERSAL EN LOS GRADOS UNIVERSITARIOS DE INGENIERÍA DE LAS RAMAS DE MECÁNICA, ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CÉSAR FERNÁNDEZ PERIS
*Universidad Miguel Hernández de Elche, Área de Ingeniería Telemática*

MARÍA ASUNCIÓN VICENTE RIPOLL
*Universidad Miguel Hernández de Elche, Área de Ingeniería Telemática*

IRENE CARRILLO MURCIA
*Universidad Miguel Hernández de Elche, Área de Psicología Social*

MERCEDES GUILABERT MORA
*Universidad Miguel Hernández de Elche, Área de Psicología Social*

## 1. INTRODUCCIÓN

Vivimos en un contexto en el que la digitalización alcanza prácticamente todos los ámbitos (Colombari et al., 2022; Gorbunova et al., 2022; Salynskaya et al., 2022). En este contexto, el aprendizaje de la programación es fundamental para cualquier estudiante de un grado de ingeniería (Hammack et al., 2021).

Los diferentes grados y másteres de ingeniería pertenecientes a la rama de informática y telecomunicaciones disponen de diferentes asignaturas de programación en sus planes de estudio, con lo que estos conocimientos quedan suficientemente cubiertos. Véase como ejemplo el estudio mostrado en (Garita-González et al., 2021).

Sin embargo, los diferentes grados y másteres de ingeniería pertenecientes a las ramas más industriales (ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica o ingeniería electrónica) tienen unos planes de estudio en los que la programación es una competencia transversal que, de forma

específica, únicamente se estudia en asignaturas introductorias en los primeros cursos, con lo cual es responsabilidad de cada estudiante formarse por su cuenta en programación porque, en otro caso, terminan su aprendizaje con conocimientos muy escasos.

Nuestro objetivo es complementar la formación en programación para los grados de la rama industrial, para que los estudiantes terminen con esa competencia adicional tan necesaria. Hemos llevado a cabo hasta la fecha dos iniciativas diferentes para conseguir ese propósito.

La primera iniciativa, realizada en años pasados, fue impartir cursos breves de perfeccionamiento para programación de dispositivos móviles en iOS (Apple-developer, s.f.) y Android (Android-developer, s.f.). Es una forma de aprender programación que atrae particularmente a los estudiantes, que pueden ver los resultados de su trabajo convertidos a aplicaciones para sus propios dispositivos. Se obtuvieron muy buenos resultados, y los cursos tuvieron una gran demanda, con grupos completos a las pocas horas de abrir la matriculación (Fernández et al., 2017).

En los cursos se enseñaban las bases de la programación de apps móviles. Dada la corta duración de estos, porque debían simultanearse con las clases oficiales, no se profundizaba en exceso. Aun así, conseguíamos que en una semana cada estudiante fuera capaz de conocer las bases del desarrollo para dispositivos móviles y de crear diversas aplicaciones para su propio teléfono, utilizando los principales recursos de éste: acelerómetros para detectar movimiento, cámaras, sensores de ubicación GPS (Sistema de Posicionamiento Global), etc. La principal limitación de esta estrategia es que sólo los estudiantes que continuaban estudiando por su cuenta posteriormente le sacaban todo el partido a lo aprendido durante el curso.

En ese contexto, nos planteamos la segunda iniciativa, que es la que detallamos en este artículo. Partimos de un curso introductorio similar y a continuación guiamos a cada estudiante para que adquiera conocimientos más profundos y pueda resolver problemas más complejos de programación, hasta llegar a crear aplicaciones completas que puedan servir como trabajos fin de grado (TFG) o fin de máster (TFM), acompañados de tareas adicionales como buscar aplicaciones similares en el mercado,

introducir mejoras sobre ellas, redactar documentación e incluso crear presupuestos y planes de explotación para las apps.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de nuestra propuesta se pueden resumir en tres puntos:

En primer lugar, intentamos que estudiantes de cuarto curso de un grado de ingeniería, aunque sea una ingeniería de la rama industrial, sean capaces de diseñar y programar una app completa como TFG. De un modo similar, pretendemos ofrecer la misma posibilidad a estudiantes de másteres de ingeniería de la rama industrial con sus TFMs.

En segundo lugar, la app a desarrollar debe resolver algún problema real. Por ejemplo, puede facilitar el desarrollo de tareas cotidianas o automatizar procesos dentro de una industria o una empresa. La temática es libre siempre que se cumpla con este requisito.

En tercer lugar, existen diferentes opciones para el desarrollo de una aplicación móvil, que requieren conocimientos de programación diferentes. Dejamos también libertad a cada estudiante para elegir la plataforma de desarrollo, aunque siempre debe consultar con los tutores para que analicemos la viabilidad de su propuesta.

## 3. METODOLOGÍA

¿Cómo conseguir que estudiantes sin conocimientos previos sean capaces de elaborar un TFG o TFM en una temática nueva para ellos?

Habitualmente, los TFGs o TFMs se centran en una materia o conjunto de materias de las impartidas durante el curso, y sirven como demostración de que se ha aprendido adecuadamente y se han madurado los conocimientos.

En el caso presentado en este artículo, se requiere un esfuerzo adicional, dado que se trata de una materia que deben aprender desde cero, por lo que es necesaria una estrategia de aprendizaje que les permita terminar con éxito sus proyectos. La estrategia se basa en los siguientes pasos: En primer lugar, impartimos un curso rápido introductorio que establece las

bases de la programación de apps móviles y también prepara para la autoformación posterior. En segundo lugar, ayudamos en la búsqueda de material de autoformación especializada en función de la aplicación que se quiere desarrollar, que puede requerir utilizar el GPS, los sensores del teléfono, la cámara, bases de datos, conexiones a servidor, etc. Cada caso requerirá una autoformación específica. En tercer lugar, por supuesto, tutorizamos durante todo el desarrollo de proyecto. En cuarto lugar, adaptamos el nivel de la app a desarrollar a las capacidades de cada estudiante. Normalmente no tendrán conocimientos previos, pero hay casos excepcionales. E incluso entre quienes no tienen conocimientos previos, la curva de aprendizaje en el campo de la programación es muy diferente entre estudiantes y la adaptación es imprescindible.

Además de elegir temática, los estudiantes también eligen la plataforma de desarrollo, lo cual requiere una formación aún más individualizada. Los lenguajes de programación habituales para el desarrollo de una app iOS no son los mismos que para el desarrollo de una app Android o una app híbrida. Y, cada caso, existen alternativas. Una aplicación Android puede programarse utilizando Java (Oracle, s.f), utilizando Kotlin (Kotlin, s.f.) o utilizando herramientas de bloques como MIT app inventor (Massachusetts Institute of Technology, s.f.). Una aplicación iOS puede desarrollarse utilizando Objective-C (Apple-developer, 2013) o Swift (Swift, s.f.). Y una aplicación híbrida puede desarrollarse utilizando una gran variedad de plataformas, como Ionic (Ionic, s.f.) o Flutter (Flutter, s.f.). Siempre adaptamos la formación inicial y la autoformación posterior adecuadamente.

Las ventajas de este tipo de TFG o TFM son múltiples. En primer lugar, conseguimos un aprendizaje avanzado de una competencia tan importante a nivel profesional como es la programación. En segundo lugar, se impulsa la creatividad de los estudiantes, dada la enorme diversidad de aplicaciones en las que pueden centrar su proyecto.

Finalmente, esta modalidad de TFG les permite adentrarse en otras competencias transversales como el emprendimiento, la comunicación y el marketing digital. La memoria de los TFGs y TFMs debe incluir, además de la descripción de la app y la documentación de análisis, diseño y desarrollo, otros apartados como el plan de negocio, el plan de

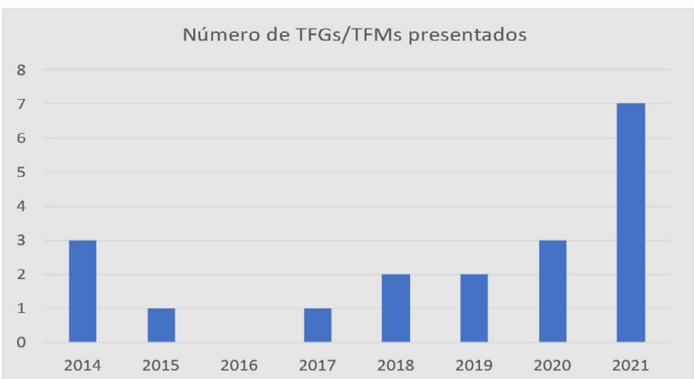
comunicación para publicitar la app, presupuestos detallados, etc. Varias de las apps que se han desarrollado como TFGs o TFMs han sido finamente publicadas en las tiendas de aplicaciones de Android (Google, s.f.) o iOS (Apple, s.f.)

Por otro lado, la colaboración entre áreas de ingeniería y salud, gracias al grupo multidisciplinar que ha llevado a cabo esta propuesta, ofrece un mayor valor añadido para los estudiantes. Por un lado, pueden elegir como temática para sus apps la telemedicina, o cualquier temática relacionada con la salud apoyada en dispositivos móviles. Por otro lado, los futuros ingenieros e ingenieras que adquieran esta competencia gracias a sus TFGs tendrán facilidades adicionales a la hora de encontrar empleo en el futuro, dado que la telemedicina y las tecnologías asociadas a ella tienen una gran demanda profesional.

## 4. RESULTADOS

El gráfico 1 muestra el número de TFGs o TFMs presentados dentro de esta iniciativa que, superado el bache inicial de los primeros años, muestra una evolución ascendente desde el año 2016 hasta la actualidad. Las buenas experiencias de los estudiantes que optan por esta modalidad de trabajo final y el boca a boca hacen que la demanda de este tipo de TFGs sea cada vez superior.

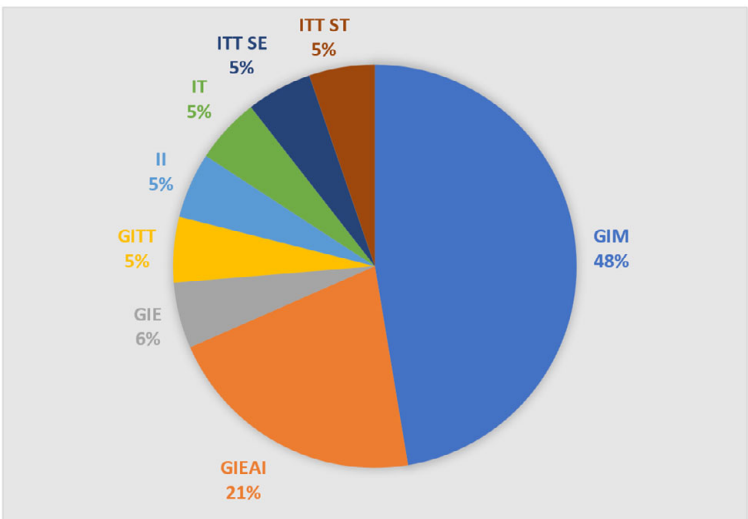
***GRÁFICO 1.*** *Evolución del número de TFGs y TFMs realizados siguiendo la modalidad presentada en el artículo (desarrollo de una app móvil)*




Fuente: elaboración propia

En cuanto a las titulaciones de origen de cada estudiante que ha optado por esta modalidad, el grado en ingeniería mecánica (GIM) acapara casi la mitad de los TFGs realizados, seguido de grado en ingeniería electrónica y automática industrial (GIEAI) con aproximadamente un 20%. El resto de los grados o titulaciones cubren el porcentaje restante: Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE), Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación (GITT), Ingeniería Industrial (II), Ingeniería de Telecomunicación (IT), Ingeniería Técnica de Telecomunicación en Sistemas Electrónicos (ITT SE) e Ingeniería Técnica de Telecomunicación en Sistemas de Telecomunicación (ITT ST). Véase gráfico 2.

***GRÁFICO 2.*** *Titulación de origen de cada estudiante que ha optado por esta modalidad de TFG o TFM.*



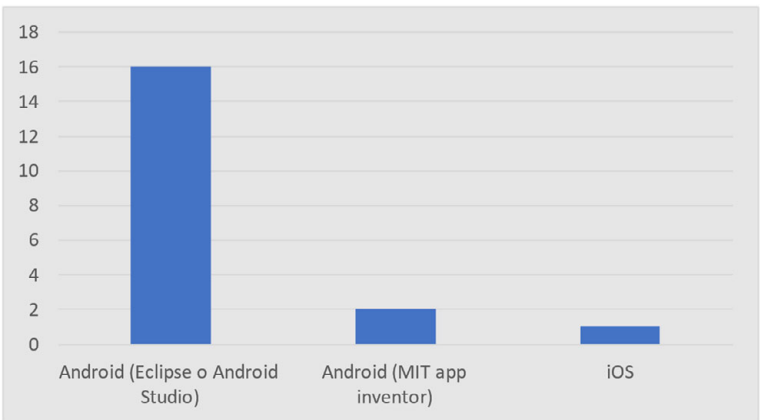

Fuente: elaboración propia

También es interesante estudiar las plataformas elegidas para el desarrollo de las aplicaciones móviles. Mayoritariamente, se elige Android, dado que habitualmente es el dispositivo personal del estudiante y le resulta más interesante hacer las pruebas sobre él. De los 19 trabajos analizados, 18 se realizaron para la plataforma Android y únicamente uno se realizó para la plataforma iOS. También debe ser tenido en cuenta que desarrollar una app para iOS requiere necesariamente disponer de

un ordenador Mac, y ese no es el caso más habitual. Entre los estudiantes es más común disponer de ordenadores Windows o Linux, que no permiten el desarrollo de aplicaciones iOS nativas.

Profundizando más en las plataformas elegidas, dentro del desarrollo en Android, la mayor parte de los trabajos se han realizado utilizando las herramientas de programación estándar (Eclipse hace unos años y actualmente Android Studio); y sólo en pocos casos se ha utilizado una alternativa diferente como es MIT app inventor. En concreto, de las 18 aplicaciones Android desarrolladas, 16 se realizaron en Eclipse o Android Studio y únicamente 2 se realizaron utilizando MIT App Inventor. Véase gráfico 3.

***GRÁFICO 3.*** *Plataformas utilizadas para el desarrollo de las apps móviles.*




Fuente: elaboración propia

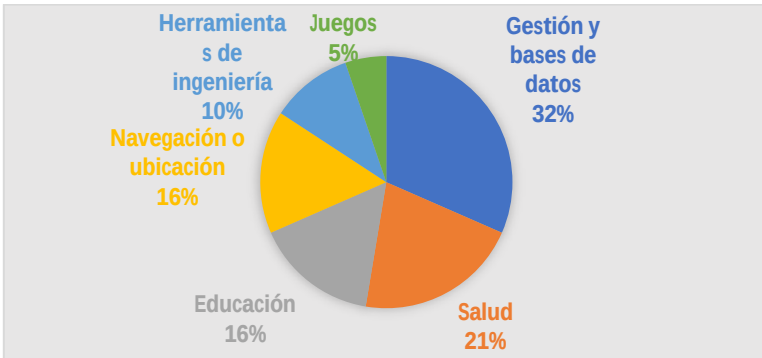
Por último, realizamos un análisis de la temática de cada una de las apps desarrolladas. Dado que la temática es libre y la imaginación de los estudiantes es elevada, la variedad de aplicaciones desarrolladas es enorme. Entre todos los TFG o TFM presentados hasta la fecha, no existen dos aplicaciones con la misma temática, que puede ser tan diferente como un juego, una aplicación educativa, una aplicación de gestión, aplicaciones para facilitar la práctica deportiva, aplicaciones turísticas, etc.

En un apartado posterior mostramos ejemplos de alguna de las aplicaciones desarrolladas, pero también resulta interesante agrupar las

temáticas en bloques para determinar las preferencias de cada estudiante a la hora de elegir la app móvil a desarrollar.

Hemos establecido 6 categorías diferentes para las aplicaciones desarrolladas, que se muestran en el gráfico 4.

***GRÁFICO 4.*** *Temática de las apps móviles desarrolladas.*




Fuente: elaboración propia

Si analizamos con detalle los datos del gráfico 4, cada una de las categorías tiene consideraciones específicas:

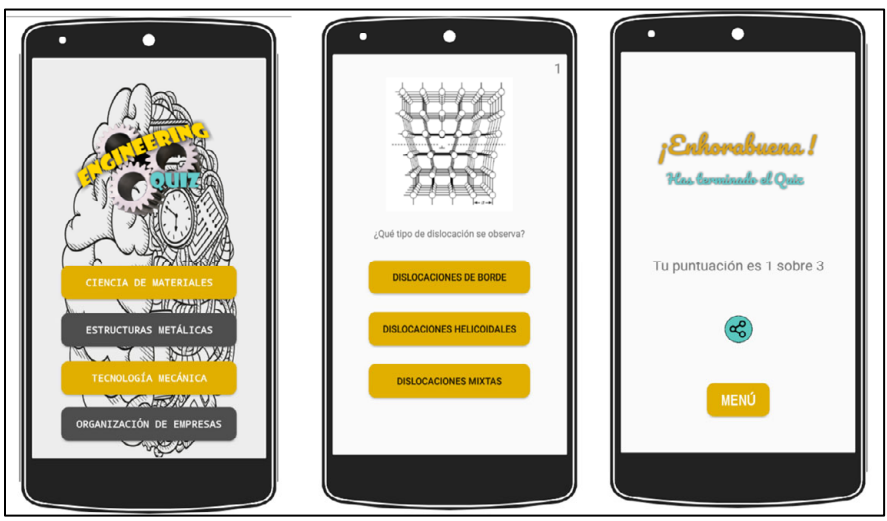
- Un 32% de las apps tienen que ver con gestión y bases de datos. Es el mayor porcentaje, pero también el que engloba más tipos de apps diferentes: aplicaciones de firma digital, aplicaciones para la gestión de mascotas, para la gestión de las compras del supermercado, etc.
- Un 21% se centran en el campo de la salud: aplicaciones para control de la diabetes, para ayudar a personas con diferentes discapacidades, pastilleros, etc.
- Un 16% son aplicaciones educativas. En este grupo se incluyen tanto las aplicaciones relacionadas con los estudios de ingeniería como las dedicadas a aprendizaje infantil.
- También un 16% de las apps están centradas en la navegación o ubicación GPS. En este apartado se encuentran aplicaciones para la gestión de rutas, para dimensionamiento de terrenos, etc.
- Un 10% son herramientas de ingeniería variadas.

– Por último, un 5% de las apps desarrolladas han sido juegos.

A continuación, mostramos algunos ejemplos de las apps desarrolladas, donde se puede apreciar la gran variedad de temáticas.

En la figura 1 se representan las principales pantallas de la aplicación Engineering Quiz, orientada a estudiantes de ingeniería, y que permite evaluar sus conocimientos en diferentes materias, de una forma amena. En concreto, abarca preguntas de ciencia de materiales, estructuras metálicas, tecnología mecánica y organización de empresas. Cada pregunta se muestra como un enunciado acompañado opcionalmente de una imagen, y las respuestas son siempre del tipo opción múltiple. Al terminar un bloque temático, nos indica la puntuación que hemos obtenido. Fue desarrollada para Android en el TFG titulado "Desarrollo de una herramienta móvil para la autoevaluación de asignaturas de Ingeniería Mecánica" (Frutos, 2018). El alumno partía sin conocimientos previos de programación de aplicaciones para dispositivos móviles.

***FIGURA 1.*** Aplicación Engineering Quiz




Fuente: TFG del alumno Ángel Frutos Valero

La figura 2 muestra la aplicación PicTalk, orientada a personas con trastornos del espectro autista y con dificultades para la socialización y la comunicación. La aplicación les permite comunicarse mediante

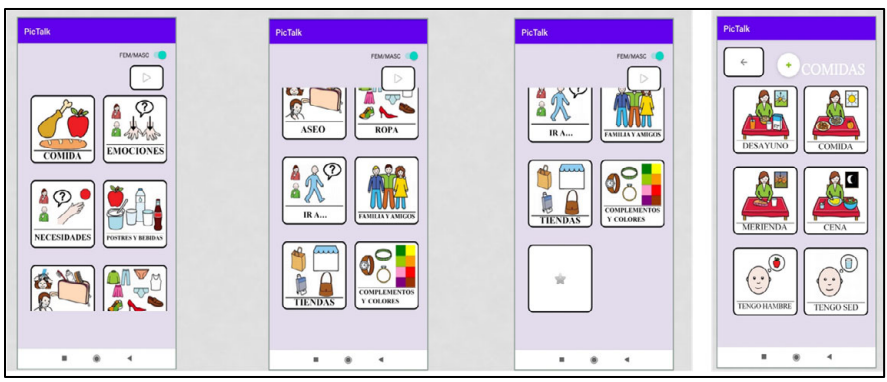
pictogramas organizados en categorías, utilizando la capacidad de sintetizar voz del dispositivo móvil.

A diferencia de otras apps existentes, la desarrollada en este TFG incluye más de 300 pictogramas que cubren la mayor parte de las necesidades básicas de comunicación, con lo cual no es necesaria la personalización de la misma por el usuario.

Como ejemplo de funcionamiento, el usuario selecciona inicialmente una categoría (comida, emociones, necesidades, desplazamientos, tiendas, etc.) y, a continuación, elige uno de los mensajes de esa categoría. Por ejemplo, en el caso de la categoría "comida", los mensajes pueden indicar "tengo hambre", "tengo sed", cualquier tipo de alimento, "dulce", "salado", "frío", "caliente", etc. Cada uno de los textos va acompañado de un pictograma o imagen asociada.

La alumna buscó información para el desarrollo del TFG en la agrupación Arasaac - Centro Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (Gobierno de Aragón, s.f.). La app fue desarrollada en el curso del TFG titulado "Desarrollo de una aplicación Android que permita la comunicación de personas con discapacidad" (Martínez, 2021). Al igual que en el caso anterior, la alumna partía sin conocimientos previos en el campo del desarrollo de aplicaciones móviles.

***FIGURA 2.*** Aplicación PicTalk




Fuente: TFG de la alumna Luna Martínez Montoya

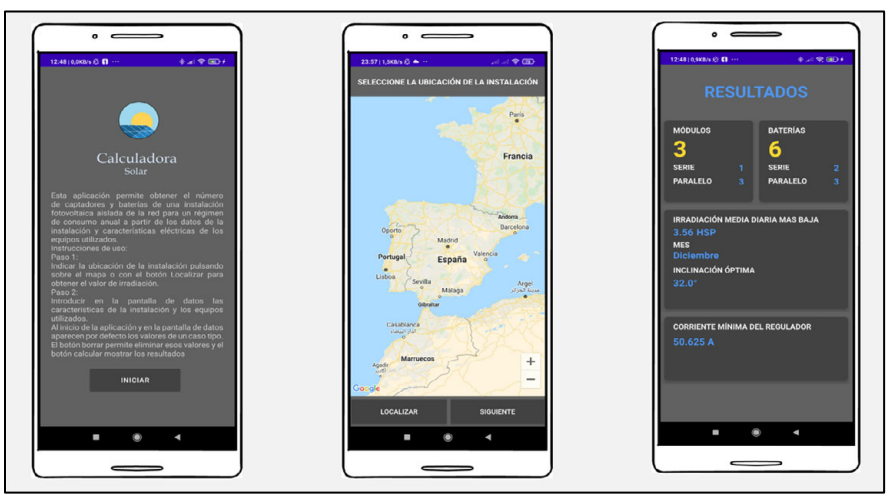
La figura 3 muestra la aplicación Calculadora Solar, una herramienta de ingeniería para dimensionar instalaciones fotovoltaicas de manera sencilla a partir de la ubicación y los consumos eléctricos que se desea cubrir. La aplicación fue desarrollada en el curso del TFG "Desarrollo de una aplicación en Android para facilitar el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica aislada" (García, 2021).

La aplicación busca la máxima simplicidad para el usuario, que únicamente debe introducir su ubicación, sus necesidades de consumo eléctrico (indicando los principales electrodomésticos que desea alimentar) y la autonomía mínima en días que desea.

A partir de estos datos, la aplicación genera un informe con la estructura y dimensionamiento del sistema fotovoltaico necesario: paneles, inversores, baterías, etc. Para ello, estudia la irradiación solar media de cada mes en la ubicación indicada y compara las curvas aproximadas de energía consumida y energía que es posible generar en función del número de paneles fotovoltaicos empleados.

En este caso, el alumno, estudiante del Grado en Ingeniería Eléctrica, disponía de conocimientos sobre instalaciones fotovoltaicas, pero no sobre desarrollo de aplicaciones móviles.

***FIGURA 3.*** Aplicación Calculadora Solar




Fuente: TFG del alumno Miguel Ángel García Sánchez

La figura 4 muestra la app Doggy Control, una aplicación para gestionar las mascotas caninas del hogar.

La aplicación permite crear una ficha para cada mascota del hogar, con nombre y fotografía, y almacenar las fechas de todas las vacunaciones y tratamientos administrados.

Resulta particularmente útil para personas o familias con más de una mascota, que normalmente tienen dificultades para controlar las fechas de las vacunaciones y tratamientos de todas ellas. La aplicación permite gestionar todo de forma sencilla.

Se puso un especial énfasis en la simplicidad de uso y en que el aspecto de las pantallas fuera amigable y desenfadado. Adicionalmente, la app muestra información estructurada y fácil de consultar sobre los cuidados y enfermedades más comunes de las mascotas caninas. Dicha información se obtuvo de fuentes con conocimientos veterinarios.

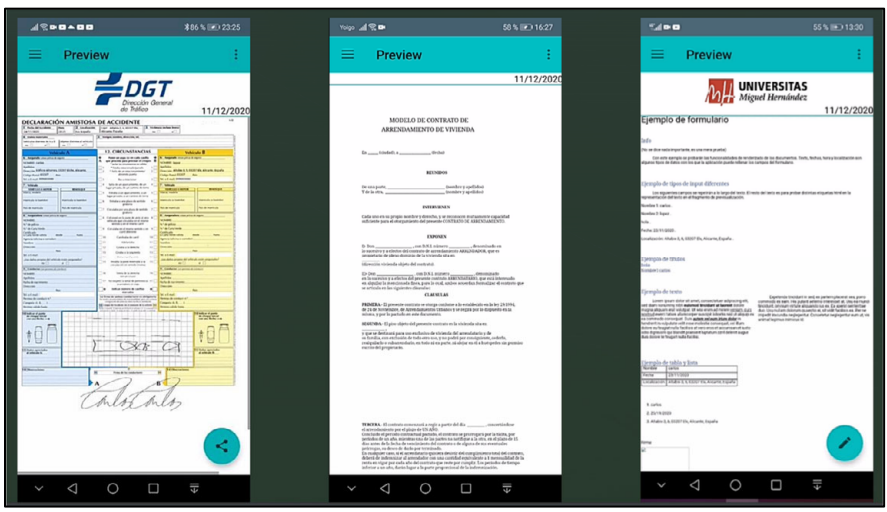
La app fue desarrollada en el marco del TFG "Desarrollo de una aplicación de ayuda para propietarios de mascotas caninas sobre el sistema operativo Android" (Gómez, 2021). La alumna también comenzó su TFG sin conocimientos previos de programación de aplicaciones móviles.

**FIGURA 4.** *Aplicación Doggy Control*

Fuente: TFG de la alumna Judith Gómez López

La figura 5 muestra diferentes pantallas de una aplicación de firma digital avanzada, que permite a los usuarios crear documentos a partir de formularios, editarlos y prepararlos para ser firmados utilizando las capacidades del dispositivo móvil: recogida del trazo de la firma a partir de la pantalla táctil y registro automático de la fecha y ubicación. Puede tener aplicaciones en campos muy diversos, desde el sector inmobiliario o el sector educativo, a la cumplimentación y firma de partes de accidente. En este caso, el estudiante que realizo el TFG sí disponía de conocimientos previos en el desarrollo de aplicaciones móviles, por lo que las exigencias en cuanto a la complicación de la app a desarrollar fueron superiores. Se realizó como parte del TFG "Aplicación Android para la edición y firma avanzada de documentos" (López, 2021).

***FIGURA 5.*** Aplicación de firma avanzada de documentos

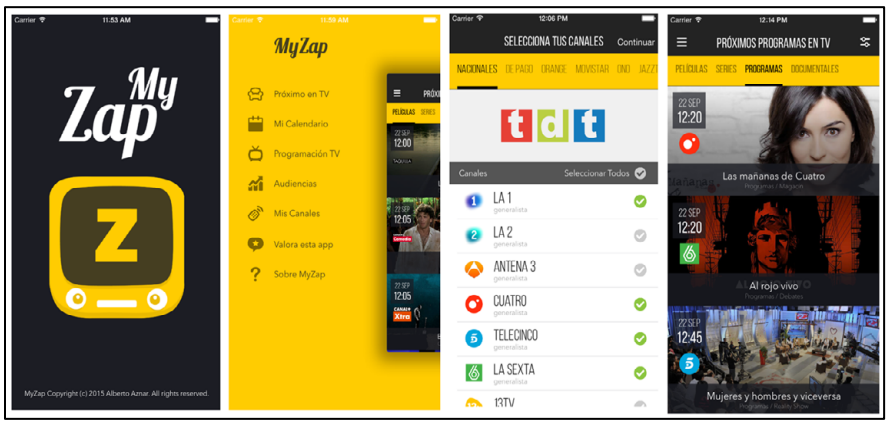



Fuente: TFG del alumno Carlos Daniel López Pastor

Por último, la figura 6 muestra la aplicación MyZap, un gestor de contenidos de televisión que permite visualizar programaciones de todas las cadenas y programar alarmas, entre otras funcionalidades. Al igual que en el caso anterior, el estudiante que desarrolló el TFG disponía de una gran experiencia en el desarrollo de aplicaciones móviles, por lo que las exigencias fueron mayores. Se trata de una aplicación desarrollada para el sistema operativo iOS que, tras la defensa del TFG, fue publicada por

su autor en la tienda de aplicaciones de iOS (Apple, s.f.). El estudiante ha seguido publicando otras aplicaciones con posterioridad. Se realizó en el marco del TFG “Desarrollo de una app iOS en lenguaje Swift con conexión a bases de datos externas y scrapping” (Aznar, 2015).

***FIGURA 6.*** Aplicación My Zap




Fuente: TFG del alumno Alberto Aznar de los Ríos

## 5. DISCUSIÓN

En cuanto a la carencia de asignaturas de programación en los grados y másteres de ingeniería pertenecientes a ramas industriales (ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica o ingeniería electrónica), nuestra propuesta se alinea con otros estudios, como el presentado en (Pavón et al., 2021), donde se propone actualizar los planes de estudio de estas titulaciones, preparándolos para los requerimientos de la sociedad actual, donde la digitalización alcanza todos los ámbitos. Sin embargo, mientras se mantengan los planes de estudio actuales, serán necesarias iniciativas como la presentada en este artículo, para complementar la formación reglada con conocimientos de programación.

## 6. CONCLUSIONES

En primer lugar, incidir en que el 100% de los estudiantes consiguió terminar satisfactoriamente su TFG o TFM. Este dato es relevante si

consideramos que el 83% no disponía inicialmente de ningún conocimiento sobre la programación de apps móviles.

Adicionalmente, algunas de las aplicaciones desarrolladas han sido publicadas en las tiendas de aplicaciones de Android o iOS.

Por último, como trabajo futuro estamos explorando proyectos basados en el desarrollo de skills para Alexa o cualquier otro asistente virtual por voz. Se trata de una tecnología emergente y, de modo similar a los proyectos basados en apps móviles, requiere que los estudiantes adquieran una nueva competencia desde cero.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Queremos agradecer el esfuerzo de cada estudiante que ha participado en esta iniciativa, basando su TFG o TFM en el desarrollo de una aplicación móvil. En todos los casos ha supuesto un trabajo adicional importante y, particularmente, para quienes no disponían de conocimientos iniciales en este campo. También queremos agradecer el apoyo de la Universidad Miguel Hernández y de la Escuela Politécnica Superior de Elche, que han facilitado el desarrollo de la iniciativa, validando las propuestas de TFGs y TFMs presentadas.

## 8. REFERENCIAS

Android-developer (s.f.). Android para desarrolladores. https://developer.android.com/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Apple (s.f.) App Store. https://www.apple.com/es/app-store/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Apple-developer (s.f.). IOS 16. https://developer.apple.com/ios/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Apple-developer (2013). The Objective-C programming language. https://developer.apple.com/library/archive/documentation/Cocoa/Conceptual/ObjectiveC/Introduction/introObjectiveC.html Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Aznar, A. (2018). Desarrollo de una app iOS en lenguaje Swift con conexión a bases de datos externas y scrapping (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

Colombari, R., & Neirotti, P. (2022). Closing the middle-skills gap widened by digitalization: how technical universities can contribute through Challenge-Based Learning. Studies in Higher Education, 47(8), 1585-1600.

Fernández, C., Vicente, M. A., Galotto, M. M., Martinez-Rach, M., & Pomares, A. (2017). Improving student engagement on programming using app development with Android devices. Computer Applications in Engineering Education, 25(5), 659-668

Flutter (s.f.) Flutter: build apps for any screen. https://flutter.dev/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Frutos, A. (2018). Desarrollo de una herramienta móvil para la autoevaluación de asignaturas de Ingeniería Mecánica (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

García, M.A. (2021). Desarrollo de una aplicación en Android para facilitar el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica aislada (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

Garita-González, G., Villalobos-Murillo, J., Cordero-Esquivel, C., & Cabrera-Alzate, S. (2021). Referentes internacionales para el rediseño de un plan de estudios: competencias para una carrera en Informática. Uniciencia, 35(1), 169-189.

Gobierno de Aragón (s.f.) Arasaac - Centro Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa. https://arasaac.org/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Gómez, J. (2021). Desarrollo de una aplicación de ayuda para propietarios de mascotas caninas sobre el sistema operativo Android (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

Google (s.f.) Aplicaciones de Android en Google Play. https://play.google.com/store/apps Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Gorbunova, N. V., Khrulyova, A., & Konopleva, N. (2022). Future Teachers' Training in the Context of Education Digitalization. ARPHA Proceedings, 5, 569-582.

Hammack, R., & Vo, T. (2022). A Mixed Methods Comparison of Elementary Preservice Teachers' Conceptualization of Teaching Engineering. Research in Science Education, 52(4), 1335-1353.

Ionic (s.f.) Cross-Platform Mobile App Development: Ionic Framework. https://ionicframework.com/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Kotlin (s.f.) Kotlin Programming Language. https://kotlinlang.org/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

López, C.D. (2021). Aplicación Android para la edición y firma avanzada de documentos (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

Martínez, L. (2021). Desarrollo de una aplicación Android que permita la comunicación de personas con discapacidad (TFG). Universidad Miguel Hernández de Elche.

Massachusetts Institute of Technology (s.f). MIT App Inventor. https://appinventor.mit.edu/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Oracle (s.f.) Dev.java, the destination for Java developers. https://dev.java/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

Pavón González, Y., Ortega González, Y. C., Infante Abreu, M. B., & Delgado Fernández, M. (2021). Método para proyectar el conocimiento de tecnologías de la información pertinente a la Ingeniería Industrial. Revista Universidad y Sociedad, 13(6), 10-21.

Salynskaya, T. V., Yasnitskaya, A. A., & Morasch, O. (2022). Project Activities for the Training of Specialists in the Context of Digitalization. Proceedings of the International Scientific Conference "Smart Nations: Global Trends In The Digital Economy", 390-398.

Swift (s.f.) Welcome to Swift.org. https://www.swift.org/ Consultado el 3 de septiembre de 2022.

# MEJORANDO EL DISEÑO DE ASIGNATURAS DE PROGRAMACIÓN INFORMÁTICA EN CLASES MASIVAS MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA RETROALIMENTACIÓN

CRISTIAN RAMIREZ-ATENCIA
*Universidad Politécnica de Madrid*

GEMA BELLO-ORGAZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

VICTOR RODRIGUEZ-FERNANDEZ
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de los fundamentos de la programación es el eje básico para el desarrollo de todo buen informático, así como una herramienta importante para el resto de los ingenieros y científicos en cuyos grados cada vez es más común que el plan docente incluya una o varias asignaturas de programación informática.

Existen diversas metodologías de aprendizaje (Palomares Ruíz, 2011) que permiten favorecer el desarrollo de las competencias específicas y transversales en el ámbito universitario, y que se pueden aplicar para el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la programación. Algunos ejemplos de estas metodologías son el aprendizaje basado en retos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje orientado a proyectos o incluso aula invertida.

En todas estas metodologías, uno de los conceptos claves es la retroalimentación (Canabal & Margalef, 2017), que informa al estudiante sobre su evolución, así como de sus puntos fuertes y posibles errores o mejoras a realizar. No obstante, la implantación de estas metodologías en los primeros cursos de grado resulta muy complicada y exigente para los

profesores que imparten estas asignaturas debido a la cantidad masiva de estudiantes presentes en dichos cursos. Además, este elevado número de estudiantes se ha visto potenciado en los grados relacionados con la informática debido a su aumento de popularidad en los últimos años. Debido a esto, el proceso de retroalimentación tanto en tareas de programación de carácter individual como grupal que realizan los estudiantes y que conlleva la revisión y corrección de dichas tareas por parte del profesorado, se puede volver muy costoso y llegar a extender de forma excesiva, suponiendo en muchos casos que los estudiantes no reciban retroalimentación o "feedback" hasta varias semanas o incluso meses después de haber entregado dicha tarea.

En este contexto, existen ciertas herramientas desarrolladas recientemente que permiten cierto grado de autoevaluación de tareas de programación no demasiado complejas, y que pueden ser de gran ayuda tanto para los profesores como los estudiantes reduciendo notablemente el tiempo de respuesta necesario para dar retroalimentación de las tareas realizadas (Caiza & Álamo, 2013; Combéfis, 2022). Algunos ejemplos de estas herramientas que sean gratuitas y de código abierto son CodeRunner (Lobb & Harlow, 2016) o Auto Grader (Liu et al., 2019), las cuales permiten por un lado a los profesores establecer una retroalimentación sobre las tareas de programación que definan para los estudiantes, y por otro lado permiten ofrecer feedback automáticamente a los estudiantes cuando al realizar las pruebas de los programas que desarrollen para resolver dichas tareas propuestas. Existen algunos trabajos previos (Rubio & González, 2018) en los cuales se han usado herramientas como CodeRunner para intentar automatizar la revisión de código fuente.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es facilitar la implantación en asignaturas de programación de metodologías activas de aprendizaje (como el aprendizaje basado en retos, design thinking, basados en problemas, orientados a proyectos o de aula invertida) mediante el uso de una herramienta de automatización de la retroalimentación. Estas metodologías requieren un esfuerzo excesivo por parte del profesorado cuando el

número de estudiantes es muy grande, como es el caso de los primeros cursos académicos. Con la consecución de este objetivo se pretende reducir los tiempos de revisión de las tareas por parte del profesorado y una mayor brevedad en la recepción de retroalimentación por parte del alumnado, gracias a la utilización de herramientas para la automatización de la retroalimentación, lo cual hará factible para el profesorado la aplicación de estas metodologías en asignaturas del primer curso académico de grado.

Este objetivo general a su vez se puede dividir en los siguientes objetivos específicos.

- Mejora de los sistemas de evaluación continua en asignaturas de programación, mediante la reducción de los tiempos de espera del alumnado a la hora de recibir retroalimentación. Esto permitirá a los estudiantes mejorar sus tareas de programación de forma más continuada y así disponer de una experiencia más ágil del proceso de programación y un mayor seguimiento en su aprendizaje.

- Reducción de la carga de trabajo del profesorado, permitiendo que éstos dediquen más tiempo a la preparación de nuevos materiales docentes más complejos. La utilización de herramientas de evaluación automática permitirá optimizar el tiempo dedicado por los profesores a la creación de materiales docentes, reduciendo altamente el tiempo dedicado a las correcciones y retroalimentación de tareas de programación, y permitiendo aumentar el tiempo para la preparación de tareas más complejas y desafiantes para los estudiantes.

La consecución de estos objetivos se espera que suponga una mejora tanto para los estudiantes, que recibirán retroalimentación de forma instantánea o casi instantánea; así como para los profesores, que verán reducida su carga de trabajo y podrán invertir más tiempo en la preparación de materiales docentes. Además, el uso de esta herramienta de autoevaluación permitirá a los docentes proponer tareas más complejas que fomenten un mayor aprendizaje en programación por parte de los estudiantes, las cuales no suelen proponerse debido al excesivo tiempo

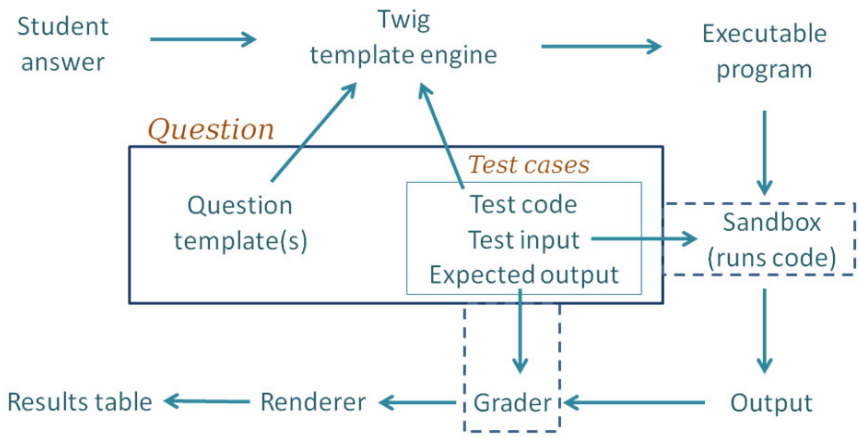
requerido para corregir dichas tareas en un entorno con grupos numerosos de estudiantes.

## 3. METODOLOGÍA

Primeramente, para poder diseñar y aplicar una metodología que permita automatizar el proceso de corrección y retroalimentación para tareas de programación, tanto en enfoques de problemas (de varios niveles de complejidad) como de proyectos más complejos de programación, se tiene que seleccionar aquella herramienta de autoevaluación que se acerque más a los niveles de retroalimentación deseados. En este caso que sea capaz de tratar tanto valores de salida obtenidos para valores predefinidos de entrada, como también análisis de código fuente para comprobar el uso correcto de conceptos de programación estructurada.

CodeRunner es un entorno de corrección automática que permite definir preguntas de programación y designar casos de prueba con mensajes de retroalimentación en caso de fallo, todo ello implementado como un cuestionario en Moodle (plataforma educativa que es usada ampliamente en el ámbito universitario). CodeRunner permite la evaluación de código de una gran cantidad de lenguajes de programación, entre ellos el lenguaje Java, que es uno de los más usados en la actualidad. Como se muestra en la FIGURA 1, la arquitectura de CodeRunner es sencilla de integrar, necesitando únicamente instalar un sandbox responsable de ejecutar el código además del plugin propiamente dicho de CodeRunner en Moodle. Con cada solución proporcionada por un estudiante a través de un cuestionario de Moodle, y de forma síncrona, el sandbox ejecuta los casos de prueba proporcionados previamente por el profesorado, generando un resultado, el cual se muestra en forma de tabla al estudiante.

***FIGURA 1.*** *Arquitectura de CodeRunner.*




Fuente: coderunner.org.nz

Por lo tanto, el uso de CodeRunner va a permitir alcanzar el grado de autoevaluación anteriormente mencionado, a excepción de la comprobación de ciertos conceptos de programación estructurada (por ejemplo, uso correcto de comentarios, nombres de variables y métodos, etc.). Se propone su uso como herramienta para aplicar la metodología de aprendizaje basado en problemas con retroalimentación automática que se va a aplicar.

Por otro lado, a pesar de que CodeRunner resulta idóneo para metodologías basadas en problemas, no así lo es para metodologías orientadas a proyectos. El principal problema es que, para este segundo tipo de metodologías, se requiere que el estudiante entregue un proyecto más complejo, por lo que resultaría más idóneo que dicho problema se entregará como una tarea de Moodle en lugar de como respuesta a un ejercicio de cuestionario. Por otra parte, los cuestionarios proporcionan feedback síncrono, por lo que, para proyectos complejos, el estudiante se quedaría esperando durante minutos (o incluso horas en el caso de que muchos estudiantes realicen la entrega del proyecto al mismo tiempo) con la pantalla de Moodle bloqueada. Para paliar este efecto, se ha realizado una extensión de CodeRunner para metodologías basadas en proyectos. Esta extensión permite usar CodeRunner en tareas de Moodle y de forma asíncrona, permitiendo que el estudiante envíe proyectos de programación

complejos, los cuales son evaluados en segundo plano por CodeRunner. Cuando estos terminan de ser evaluados, la retroalimentación resultante se carga en la tarea de Moodle y el estudiante es informado. Por tanto, se propone el uso de esta extensión para aplicar la metodología de aprendizaje orientado a proyectos con retroalimentación automática.

Ambas metodologías, tanto la metodología basada en problemas como la metodología orientada a proyectos, van a consistir en las siguientes fases:

1. Fase 1: Generación de una batería de tareas de programación (problemas y proyectos de programación a resolver y desarrollar por el alumnado) que se puedan incorporar como material docente a usar en asignaturas de programación como tareas que tendrán que ser entregadas por los estudiantes. Estos materiales deberán incluir las pautas de revisión y mensajes de retroalimentación que serán definidos en CodeRunner para ser capaz de realizar la posterior revisión automática de las tareas de programación que desarrollen los estudiantes. En base a esto, CodeRunner podrá realizar una autoevaluación de las tareas que los estudiantes cargarán a través de la plataforma educativa Moodle y generar de forma (casi) instantánea una retroalimentación para los estudiantes en base a la entrega realizada.
2. Fase 2: Integración y aplicación de la batería de tareas y la autoevaluación diseñada e implementada para ellas en asignaturas de aprendizaje básico de programación (Fundamentos de Programación y Taller de Programación) durante el curso académico en un grado de Informática.
3. Fase 3: Estudio y análisis de los resultados obtenidos al utilizar CodeRunner en dichas asignaturas de programación para demostrar el beneficio de estas herramientas de autoevaluación en la docencia universitaria. Para ello se tendrán en cuenta factores como el tiempo de corrección por parte de los profesores de las tareas, así como los tiempos de respuesta en dar feedback a los estudiantes sobre ellas, de manera que se puedan medir si se han cumplido los objetivos que se habían marcado previamente en la sección anterior.

# 4. RESULTADOS

## 4.1. Descripción de la batería de tareas de programación generada

Primeramente, siguiendo la metodología anteriormente planteada, se ha definido una batería de tareas de programación que se pueda incluir como material docente para impartir asignaturas de primer curso relacionadas con los aspectos fundamentales de la programación. Como dicha metodología va a abordar tanto una orientación basada en problemas como otra orientada a proyectos se va a crear una batería de tareas que abarquen ambos casos. Además, para poder hacer posteriormente un análisis de los resultados obtenidos en relación con el nivel de complejidad de los problemas propuestos, para el caso del enfoque basado en problemas se han definido las tareas siguiendo una estructura de menor a mayor complejidad. Teniendo en cuenta esto la batería de tareas de programación generada es la siguiente:

- Problemas:

  1. Nivel de dificultad bajo. Se definen 3 problemas:

     a. Desarrollar la función esPrimo, de tipo boolean, que recibe como argumento un número entero positivo (entre 1 y 1000) y comprueba si es un número primo.
     b. Desarrollar el método primosGemelos, de tipo void, que recibe como parámetros dos números enteros comprendidos entre 1 y 500, y escribe los números primos gemelos comprendidos entre ambos valores. Se dice que dos números primos (p, q) son números primos gemelos si están separados por una distancia de 2, es decir, si q=p+2. Cada pareja de primos gemelos se escribirá en una fila, con un contador. El contador se escribirá en dos posiciones, y los números primos en 5 posiciones.
     c. Desarrollar la función leerNúmero, de tipo int, que recibe dos valores n1 y n2 (valores enteros positivos siendo n1 menor que n2), y pide al usuario un número

comprendido entre ambos valores. Si se introduce un número incorrecto lo vuelve a pedir indicando los extremos entre los que debe estar comprendido el número. Cuando se introduzca un número correcto se devolverá el número como resultado.

2. Nivel de dificultad medio. Se definen 2 problemas:

    a. Desarrollar el programa MostrarMenú, que mostrará un menú, y se solicitará al usuario una opción válida.
        i. La opción 1 permitirá insertar los datos de una Persona, pidiendo los datos necesarios por teclado.
        ii. La opción 2 permitirá mostrar los datos de una Persona que se visualizarán por pantalla. En caso de no existir se mostrará un mensaje de aviso.
    b. Desarrollar el programa TableroSudoku, que escribe por pantalla el tablero del juego y permitir insertar datos comprobando si son correctos mediante los siguientes métodos:
        i. estaOcupada: devuelve si una celda del tablero está ocupada por un número. Debe tener en cuenta que la fila y la columna recibidas como parámetro están comprendidas entre 1 y 9, mientras que los índices de la matriz de celdas tienen una representación diferente.
        ii. estaEnFila: devuelve si un número está en una fila del tablero. Debe tener en cuenta que la fila recibida como parámetro está comprendida entre 1 y 9, mientras que los índices de la matriz de celdas tienen otra representación diferente.
        iii. estaEnColumna: devuelve si un número está en una columna del tablero. Debe tener en cuenta que la columna recibida como parámetro está comprendida entre 1 y 9, mientras que los

índices de la matriz de celdas tienen otra representación diferente.

iv. estaEnCaja: devuelve si un número está en una fila y columna de una caja del tablero. Debe tener en cuenta que la fila y la columna recibidas como parámetros están comprendidas entre 1 y 9, mientras que los índices de la matriz de celdas tienen otra representación diferente.

3. Nivel dificultad alto. Se define 1 problema:
   a. Desarrollar el programa ListaPersonas, que visualizará un menú, mediante un método menú con un objeto Scanner como parámetro de entrada, y se solicitará al usuario una opción válida comprendida entre 0 y 6, realizando el programa la acción correspondiente. La opción 0 finalizará la ejecución del programa. Para las opciones del 1 al 6 se crearán los siguientes métodos:
      i. Opción 1: insertarPersona: permite añadir un objeto Persona a la lista de personas.
      ii. Opción 2: listarPersonas: muestra la lista de personas registradas.
      iii. Opción 3: buscarPersona: permite mostrar por pantalla los datos de una persona, a partir de su nombre. Si la persona no se encuentra en la lista se mostrará el correspondiente mensaje por la pantalla.
      iv. Opción 4: eliminarPersona: permite eliminar una persona de la lista, a partir de su nombre. Si la persona no se encuentra en la lista se mostrará el correspondiente mensaje por la pantalla.
      v. Opción 5: escribirPersonasFicheroTexto: permite escribir los datos de las Personas creados hasta el momento en un fichero de disco llamado Personas.csv, que contendrá por cada objeto Persona en una línea, los valores de los

atributos separados por punto y coma, salvo para el último valor. Podrá solicitarse por teclado el nombre del fichero o bien tomar por defecto el nombre Personas.csv.

vi. Opción 6: leerPersonasFicheroCsv: permite crear una lista de objetos Persona a partir del fichero Personas.csv.

– Proyecto (Nivel de dificultad muy alto): Se propone el desarrollo de la aplicación UPMBank, consistente en un gestor bancario, el cual permitirá guardar datos de clientes, cuentas bancarias y realizar operaciones. Se mostrará un menú de texto que permita realizar las siguientes operaciones:

a. Dar de alta un nuevo cliente, introduciendo los datos de este.
b. Crear una cuenta bancaria, mediante la introducción y generación de datos. Se supondrá que toda cuenta bancaria recién creada contiene 0€.
c. Realizar un depósito de una cantidad de dinero en una cuenta bancaria.
d. Realizar una extracción de una cantidad de dinero en una cuenta bancaria.
e. Realizar una transferencia bancaria, indicando el IBAN de la cuenta origen y de la cuenta destino, así como la cantidad de dinero transferida.
f. Solicitar un préstamo hipotecario en una cuenta bancaria, mediante la introducción de los datos del préstamo.
g. Mostrar por pantalla los datos de un cliente y sus cuentas bancarias. Adicionalmente, dentro de este submenú, se podrá seleccionar una cuenta bancaria y mostrar las operaciones (depósitos, extracciones, transferencias enviadas, transferencias recibidas y préstamos) asociados a esta.
h. Finalizar el programa, generando la matriz de transferencias de todas las cuentas bancarias y guardándolas en un fichero de texto.

Una vez que se ha definido la batería de tareas (problemas y proyecto) que se va a utilizar, estos se deberán cargar usando CodeRunner en el Moodle de las asignaturas donde se vaya a implantar la metodología propuesta, incluyendo además las pautas de revisión y mensajes de retroalimentación que se van a dar a los estudiantes que se hace a través de los casos de pruebas que se definen (ver ejemplo en la FIGURA 2).

***FIGURA 2.*** *Ejemplo de caso de prueba realizado con CodeRunner en Moodle para el problema de dificultad media llamado TableroSudoku*

Fuente: elaboración propia

Mediante la definición de estos casos de pruebas cuando los estudiantes completen y suban sus tareas podrán comprobarlas. Al realizar esta comprobación se ejecutarán para cada problema todos los casos de prueba definidos y se mostrará de forma inmediata la retroalimentación asociada a los mismo, como se puede ver en la FIGURA 3 para la resolución del problema esPrimo.

***FIGURA 3.*** *Ejemplo de caso de comprobación mediante CodeRunner en Moodle de la tarea realizada por un estudiante para el problema de dificultad baja llamado esPrimo*

Función esPrimo, de tipo boolean, que recibe como argumento un número entero positivo (entre 1 y 1000) y comprueba si es un número primo.

**Respuesta:** (sistema de penalización: 10, 20, ... %)

```
1 public static boolean esPrimo(int número) {
2     int divisor = 2;
3     boolean primo = true;
4     while (divisor <= Math.sqrt(número) && primo) {
5         primo = número % divisor != 0;
6         divisor++;
7     }
8     return primo;
9 }
```

comprobar

| | Test | Esperado | Se obtuvo | |
|---|---|---|---|---|
| ✗ | System.out.println(esPrimo(1)) | false | true | ✗ |
| ✓ | System.out.println(esPrimo(2)) | true | true | ✓ |
| ✓ | System.out.println(esPrimo(3)) | true | true | ✓ |
| ✓ | System.out.println(esPrimo(4)) | false | false | ✓ |
| ✓ | System.out.println(esPrimo(101)) | true | true | ✓ |
| ✓ | System.out.println(esPrimo(299)) | false | false | ✓ |

Your code must pass all tests to earn any marks. Try again.

Mostrar diferencias

Fuente: elaboración propia

## 4.2. CONTEXTO DE APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS.

La Fase 2 de la metodología ha consistido en aplicar la batería de pruebas generada en un caso real dentro de algún grado universitario relacionado con la Informática. En concreto dicha integración y aplicación

se ha llevado a cabo con el profesorado y alumnado de las asignaturas de programación de primer curso en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sistemas Informáticos (ETSISI, s.f.) de la Universidad Politécnica de Madrid durante el curso 2021/22.

En la actualidad la ETSISI imparte 4 títulos oficiales de grado de 4 cursos de duración y un total de 240 créditos (60 anuales), así como 2 dobles grados de 5 cursos de duración y total de 300 créditos:

- Grado en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial.
- Grado en Ingeniería de Computadores.
- Grado en Ingeniería del Software.
- Grado en Sistemas de Información.
- Grado en Tecnologías para la Sociedad de la Información.
- Doble Grado en Ingeniería de Computadores + Tecnologías para la Sociedad de la Información.
- Doble Grado en Ingeniería del Software + Tecnologías para la Sociedad de la Información.

En cuanto a las asignaturas impartidas en los planes de estudio del primer curso (primer y segundo semestre) son comunes en todas las titulaciones y se pueden ver en la TABLA 1.

***TABLA 1.*** *Asignaturas impartidas durante el primer y segundo semestre*

| Asignatura | Semestre | Créditos |
|---|---|---|
| Análisis Matemático | 1 | 6 |
| Fundamentos de Computadores | 1 | 6 |
| Fundamentos de Programación | 1 | 6 |
| Lógica y Matemática Discreta | 1 | 6 |
| Taller de Programación | 1 | 3 |
| Taller de Sistemas Operativos | 1 | 3 |
| Álgebra | 2 | 6 |
| Aspectos Éticos y Sociales | 2 | 3 |
| Estructura de Computadores | 2 | 6 |
| Estructura de Datos | 2 | 6 |
| Fundamentos de Seguridad | 2 | 3 |
| Fundamentos Físicos de la Informática | 2 | 6 |
| Total | - | 60 |

Debido a que se quiere aplicar la metodología en asignaturas donde se aprendan los conceptos básicos y fundamentales relacionados con la programación, las asignaturas seleccionadas para integrar dicha metodología diseñada han sido Fundamentos de Programación y Taller de Programación, que se imparten de forma simultánea en el primer semestre del primer curso, para los alumnos del Grado de Ingeniería del Software y en el Grado de Sistemas de Información, que cada año cuenta con más de 300 estudiantes repartidos en grupos de 50-60 estudiantes. Ambas asignaturas se imparten en el lenguaje de programación Java, siendo Fundamentos más enfocada a conceptos teóricos y Taller de Programación más centrada en el desarrollo de habilidades prácticas de programación.

### 4.3. Análisis de los resultados obtenidos.

Finalmente, para la fase 3 de la metodología propuesta, se realizó un estudio de los tiempos medios necesarios para el desarrollo de los problemas y pruebas de la fase 1, así como de los tiempos medios tanto de revisión manual por parte del profesorado de las asignaturas como de revisión automática por parte de CodeRunner, obtenidos de la fase 2. Para los tiempos de revisión automática de CodeRunner se tiene en cuenta tanto el tiempo de ejecución (que suele ser de segundos en la mayoría de los casos) como de los tiempos de revisión por posterior por parte del profesorado, que debe revisar que todo ha ido correctamente con la revisión de CodeRunner, así como comprobar que en las tareas enviadas por los estudiantes se siguen correctamente las normas de programación estructurada (puesto que CodeRunner no revisa dichas normas).

En primer lugar, se realiza este estudio con la batería de problemas propuesta en el apartado 4.1 para la metodología basada en problemas. En la TABLA 2 se muestran los tiempos medios obtenidos para cada uno de los problemas agrupados por nivel de dificultad (baja, media y alta). Así, para los problemas de dificultad baja, el tiempo medio requerido para desarrollar el problema y las pruebas por parte del profesorado fue de 10,67 minutos, el tiempo medio de ejecución de CodeRunner y posterior revisión de normas por parte del profesorado para cada solución enviada por 1 estudiante es de 6,67 segundos, y el tiempo medio de

revisión manual por parte del profesorado para cada solución enviada por 1 estudiante es de 1 minuto.

***TABLA 2**. Tiempos medios de desarrollo de pruebas en CodeRunner, ejecución y revisión de una solución (1 estudiante) usando CodeRunner y revisión manual de una solución para los distintos niveles de dificultad de la batería de problemas propuesta para la metodología basada en problemas*

| | Desarrollo de pruebas | Revisión automática | Revisión manual |
|---|---|---|---|
| Dificultad baja | 10,67 min | 6,67 s | 1 min |
| Dificultad media | 27,5 min | 1 min | 8,5 min |
| Dificultad alta | 1 h | 2 min | 17 min |

Fuente: elaboración propia

De los resultados expuestos en la TABLA 2 se puede deducir mediante una simple regla de tres que para 300 estudiantes (que componen la asignatura Fundamentos de Programación), la dedicación por parte del profesorado se reduce de 5 horas a 44 minutos de media en cada problema de dificultad baja, de 42 horas a 5,5 horas en cada problema de dificultad media, y de 85 horas a 11 horas para problemas de dificultad alta. En general, se obtiene una reducción al 13% del tiempo original, lo que supone una gran reducción de la carga de trabajo del profesorado.

Por otra parte, los tiempos de espera por parte de los estudiantes para recibir feedback también se ven reducidos, puesto que el tiempo de revisión se reduce a un 11% del original. Esto se traduce en que, en lugar de esperar 1 mes, los estudiantes puedan recibir feedback en menos de una semana desde el envío.

En segundo lugar, para las metodologías orientadas a proyectos, se usó el proyecto definido en el apartado 4.1 y se obtuvieron los tiempos medios expuestos en la TABLA 3. De estos resultados se puede obtener mediante una simple regla de tres que para 300 estudiantes (que componen la asignatura Taller de Programación), la dedicación por parte del profesorado se reduce de 750 a 96 horas. Esto supone una reducción al 12,8% del tiempo original, suponiendo también una gran reducción de la carga de trabajo del profesorado. Por su parte, los tiempos de espera de los estudiantes para recibir se ven reducidos a un 9,3% del tiempo de

espera original. En este caso, el profesorado de la asignatura es capaz de aplicar dicha metodología, que hasta entonces no era aplicable debido a la gran carga de trabajo que suponía que la hacía inviable.

***TABLA 3.*** *Tiempo de desarrollo de pruebas, ejecución y revisión automática de una solución (1 estudiante) y revisión manual de una solución para el proyecto propuesto para la metodología orientada a proyectos*

| | Desarrollo de pruebas | Revisión automática | Revisión manual |
|---|---|---|---|
| Proyecto UPMBank | 26 horas | 14 min | 2,5 horas |

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos evidencian que el proceso de definición de los problemas y sobre todo proyectos es más costoso en esfuerzo del profesorado, pero la reducción de los tiempos de revisión se reduce en una medida muy superior.

## 5. DISCUSIÓN

Dados los resultados obtenidos en la sección anterior, se evidencia que las metodologías basadas en retroalimentación automática propuestas, tanto basada en problemas como orientada a proyectos, resultan ventajosas tanto para el profesorado como los estudiantes de las asignaturas de programación de los primeros cursos. La ventaja del método propuesto radica en tres aspectos:

1. Reduce la carga de trabajo del profesorado. Como se ha podido comprobar, los tiempos de dedicación para un conjunto de 300 estudiantes de los que se componen estas asignaturas se reducen a un 13% del tiempo original, lo cual es altamente ventajoso. De esta forma, se cumple con el segundo objetivo propuesto: reducir la carga de trabajo del profesorado. Esto permitirá al profesorado dedicar un mayor tiempo en la preparación de materiales docentes más complejos.
2. Reduce los tiempos de espera del alumnado en la recepción de retroalimentación. Como se ha podido apreciar en los resultados de tiempos de revisión automática, los tiempos se reducen hasta un 11% del tiempo original en el caso de

problemas y hasta un 9,3% del tiempo original en el caso de proyectos. Con esto, se ha cumplido el primer objetivo propuesto: mejorar los sistemas de evaluación continua reduciendo los tiempos de espera del alumnado para recibir feedback. Se espera con esto que los estudiantes mejoren sus capacidades al recibir un mayor feedback de forma ágil.

3. Permite su uso en la plataforma educativa Moodle, que es de uso generalizado en la mayoría de centros educativos. Esto permitirá la rápida implantación de la tecnología CodeRunner así como de su extensión en estos centros educativos.

A pesar de las grandes ventajas obtenidas del uso de esta metodología, se deben señalar ciertas limitaciones de la misma:

a. La dificultad en el diseño de las pruebas para CodeRunner. Las revisiones de las soluciones por parte de CodeRunner son muy estrictas, y si la solución enviada por el estudiante para un ejercicio de programación imprimiera simplemente espacios de más en los textos o alguna palabra diferente a como se ha indicado en el ejercicio, la mayoría de casos de prueba se darían por inválidos, aunque el estudiante hubiera realizado correctamente el problema en sí salvo estos "errores lingüísticos". Debido a esto, sigue siendo necesaria la posterior revisión del profesorado de los resultados obtenidos por CodeRunner, para asegurar que no sean errores de este tipo.
b. CodeRunner no realiza revisión de las normas de estilo del código fuente. Esto supone que el profesorado es el encargado de revisar esta parte tras la ejecución de CodeRunner, y es el principal motivo que supone que los tiempos de revisión automática no sean menores (lo cual supondría un feedback instantáneo para el estudiante).

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha propuesto una metodología basada en retroalimentación automática para asignaturas de programación en clases masivas, aplicable tanto para metodologías basadas en problemas como en metodologías orientadas a proyectos. Se ha propuesto el uso de CodeRunner (cuestionarios de Moodle, síncrono) para metodologías basadas en problemas, y se ha desarrollado una extensión de CodeRunner (tareas de Moodle, asíncrono) para metodologías orientadas a proyectos.

La aplicación de la metodología ha supuesto la creación de una batería de problemas de diferente dificultad (baja, media, alta) y de un proyecto de programación, todos en lenguaje Java. Dicha batería de pruebas se ha integrado dentro de dos asignaturas de programación de primer curso en la ETSISI, impartidas para unos 300 estudiantes cada una. Finalmente, se realizó un estudio y análisis de dicha integración, mostrando los resultados una reducción del 87% de la carga de trabajo del profesorado, así como una reducción del 89% para metodologías basadas en problemas y del 90,7% para metodologías orientadas a proyectos en los tiempos de espera de los estudiantes para recibir feedback.

Como resultado del trabajo se aporta una herramienta de automatización de retroalimentación tanto para metodologías de aprendizaje orientadas a problemas como basadas en proyectos, de fácil implantación en la plataforma educativa Moodle, lo que permite su integración en la mayoría de centros educativos que ya usan esta plataforma.

Como trabajo futuro, se propone la mejora y extensión de la herramienta CodeRunner para que esta permita revisar las normas de estilo de código fuente, puesto que este es el principal impedimento para que la automatización de las correcciones sea instantánea. Por otra parte, se propone la integración de CodeRunner con una herramienta antiplagio que permita asegurar la originalidad de las tareas entregadas por los estudiantes.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de innovación educativa ARMADA-P (IE22.6107) de la Universidad Politécnica de Madrid.

## 8. REFERENCIAS

Caiza, J. C., & Álamo Ramiro, J. M. D. (2013). Programming assignments automatic grading: review of tools and implementations.

Canabal, C., & Margalef, L. (2017). La retroalimentación: la clave para una evaluación orientada al aprendizaje. Profesorado, Revista de currículum y formación del profesorado, 21(2), 149-170.

Combéfis, S. (2022). Automated code assessment for education: review, classification and perspectives on techniques and tools. Software, 1(1), 3-30.

ETSISI: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos. https://www.etsisi.upm.es/

Liu, X., Wang, S., Wang, P., & Wu, D. (2019, May). Automatic grading of programming assignments: an approach based on formal semantics. In 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET) (pp. 126-137). IEEE.

Lobb, R., & Harlow, J. (2016). Coderunner: A tool for assessing computer programming skills. ACM Inroads, 7(1), 47-51.

Palomares Ruíz, A. (2011). El modelo docente universitario y el uso de nuevas metodologías en la enseñanza, aprendizaje y evaluación. *Revista de educación*.

Rubio, M. Á., & González del Valle, F. (2018). Uso de una herramienta de corrección automática en un curso de programación: Una experiencia docente.

SECCIÓN III

# TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y NUEVOS RECURSOS TECNOLÓGICOS

# TRANSFORMACIÓN DEL LABORATORIO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO EN REALIDAD VIRTUAL Y SU APLICACIÓN EN CLASES DOCENTES

PETR URBAN
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

La realidad online en nuestros móviles u ordenadores se ha acabado. Simuladores, experiencias de adrenalina, aprendizaje, turismo, entrenamiento de cirujanos, porno, etc. todo esto y mucho más se traslada hoy en día poco a poco a un mundo completamente diferente. Se acerca la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta. En resumen, todo tipo de realidad menos la realidad real. ¿Cuáles son las diferencias entre una y otra realidad? ¿Por qué necesitamos crear nuevas realidades o modificar la realidad real, no nos basta con la nuestra? A continuación, se describirán la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta.

### 1.1. LA REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual (VR) o virtual reality en inglés, es una tecnología que permite que el usuario esté rodeado completamente por un ambiente totalmente artificial e inventado o, mejor dicho, desarrollado (programado) por los programadores. El usuario, en muchos casos, puede interactuar con este entorno simulado. Además, algunos entornos virtuales pueden intentar simular la realidad. En este sentido, como está mejorando esta tecnología con el tiempo, están mejorando los detalles del entorno virtual y este mundo virtual se parece cada vez más al mundo real. Uno de los problemas psicológicos principales de la realidad virtual

es el hecho de que el usuario está completamente, o casi completamente, desconectado del mundo real. Si tienes puestas las gafas de realidad virtual no puedes ver el mundo real, solo el mundo virtual. Si tienes puestos los auriculares no puedes oír el mundo real, solo el mundo virtual. Y, si tienes puestos los guantes de realidad virtual o tienes en las manos los mandos de la realidad virtual puedes "tocar" los objetos en el mundo virtual. Esta desconexión de la realidad puede ser un gran problema. Así como pueden existir muros reales donde no existen muros virtuales, también el usuario puede dirigirse a objetos virtuales para encontrar que no hay nada en el mundo real. Es la falta de esta retroalimentación táctil, lo que puede ser decepcionante para el usuario. O incluso, en un futuro no muy lejano, tendremos disponibles softwares que simularás a la perfección nuestro mundo real y el usuario puede incluso creer que el mundo virtual es mundo real y/o viceversa.

La realidad virtual no es un concepto nuevo, ya que, Nintendo abrió el camino para Virtual Boy en 1995, una consola para videojuegos que podría enseñar juegos mediante gráficos en 3D. Nintendo es una de las empresas del mundo de informática que siempre ha sido capaz de lanzar productos innovadores y a veces futuristas. Sin embargo, hoy en día hay otras empresas que han conseguido la atención de los usuarios del mundo virtual. Hoy en día, los productos más populares para visualizar la realidad virtual, son las gafas virtuales Oculus Rift fabricadas por la empresa Oculus VR que pertenece al gigante Meta Platforms, las gafas virtuales HTC Vive fabricadas por la empresa HTC Comporation, las gafas virtuales Playstation VR desarrollado por Sony Interactive Entertainment o las Gear VR de la empresa de Corea del Sur Samsung. Todas estas gafas pertenecen al sector de gafas para visualizar la realidad virtual con la mejor relación entre el precio y la calidad. Su precio, hoy en día, puede rondar los 400 euros. Sin embargo, es necesario disponer de un ordenador sobremesa o un portátil para poder conectar las gafas de realidad virtual y poder observar el contenido que está ejecutado y abierto en el ordenador. En general, un ordenador, para poder reproducir el contenido de realidad virtual debería tener como mínimo una tarjeta gráfica con 4 GB de memoria RAM, procesador AMD Ryzen 3 o Intel i3, memoria RAM de unos 8 GB, sistema operativo Windows 7,

conector de USB 3.0, conector de salida de vídeos tipo HDMI, bluetooth y/o Wi-fi. Las gafas, por su parte, tienen dos pantallas, cada una con, por ejemplo 1 080 x 1 200 píxeles, que en total da 2 160 x 1 200. Evidentemente, las gafas funcionan con energía que no puede administrar el cable HDMI, por lo cual, funcionan con una batería recargable tipo Li-Ion o pueden necesitar pilas intercambiables tipo AA, por ejemplo. Por último, la característica más simple pero mucho más importante es el peso. Este tipo de gafas de realidad virtual pesan, normalmente, alrededor de unos 500 gramos. Hay que tener en cuenta que el peso el usuario lleva todo el tiempo en la cabeza y que las gafas deberían pesar lo menos posible. Por otro lado, mientras las gafas tienen más y mejores prestaciones el peso en general aumenta. Sin embargo, si estás con los 400 euros por unas gafas de realidad virtual fuera de tu rango de precios, existen opciones más económicas como puede ser, por ejemplo, el Google Cardboard, cuyo precio oscila alrededor de unos 30 euros. El truco de Google Cardboard es que tienes que utilizar tu propio teléfono móvil como pantalla. El móvil se introduce en el interior del Google Cardboard y puedes disfrutar de la realidad virtual.

El futuro de la realidad virtual incluye el seguimiento de la cabeza y de los ojos, la expresión facial, el tacto simulado y mucho más. Estas increíbles tecnologías podrían estar disponible en el año 2030 o incluso antes. O, podría ser, simplemente, una moda que pronto desaparecerá.

Hoy en día ya existen algunas aplicaciones prácticas de la realidad aumentada en el ámbito de la educación, por ejemplo, en el bachillerato (Crespillo Marí, 2021) o en la enseñanza universitaria en bellas artes (Ramos Fabra, 2021a; Ramos Fabra, 2021b y Roda-Segarra, 2021), en la comunicación (Martín Ramallal, 2021 y Portilla Luja, 2021) o en la ingeniería (Urban, 2021).

### 1.2. La realidad aumentada

La realidad aumentada (AR) o augmented reality en inglés, se refiere a entornos que combinan mundo real con elementos virtuales colocados dentro del mundo real. Esto a menudo se manifiesta mediante el uso de la cámara del teléfono móvil para mostrar un "mundo real" con una superposición de algún objeto virtual.

Una experiencia más realista de la realidad aumentada se puede conseguir con gafas especiales para la realidad aumentada, por ejemplo, las Google Glass. Las gafas Google Glass utilizan una pequeña pantalla en la esquina superior derecha de las gafas para mostrar elementos virtuales en la parte superior del campo de visión del mundo real. Cuando Google anunció Google Glass en 2012, el mundo no sabía qué hacer al respecto. ¿Cómo podría algo así mejorar nuestras vidas? Y sí, muchas personas se han mostrado escépticas acerca de la utilidad de la realidad aumentada. Sin embargo, hoy en día, un médico puede operar a un paciente utilizando la realidad aumentada, donde el medico ve al paciente y a su vez puede ver de forma virtual otro tipo de información relevante para que la operación sea más eficiente y segura para el paciente. Otro ejemplo para una aplicación del futuro podría ser la navegación de un conductor del coche. No va hacer falta utilizar GPS en un teléfono móvil para saber cuál es el camino, "simplemente", las gafas de la realidad aumentada dibujarán el camino directamente sobre la carretera dentro de tu vista real. Otra aplicación muy bien conocida de la realidad aumentada es el ejemplo del Google Translate que tiene una función que le permite enfocar la cámara de tu móvil en texto en un idioma y puede traducirlo a otro idioma. Con otras palabras, verás el mundo real solo el texto traducido será la parte virtual que realmente no existe en el mundo real. Esto es útil en un teléfono inteligente, ¡pero imagínalo en tus gafas! Visitas un país extranjero y tus gafas traducen automáticamente todo el texto que se encuentre en tu vista. Como último ejemplo, y el más famoso y conocido, es el juego Pokémon GO. En este juego tienes que buscar en la vida y espacio del mundo real la ubicación de los Pokémons. Una vez encontrada la posición de un Pokémon (que en realidad no está en ese lugar) se utiliza la pantalla del teléfono móvil para visualizar al Pokémon virtual en el mundo real.

Básicamente, realidad aumentada es solo una realidad común con una capa virtual encima. Si es útil para ti o no, está claramente en discusión y es probable que veamos un progreso significativo en esta área en los próximos años.

Hoy en día ya existen algunas aplicaciones prácticas de la realidad aumentada en el ámbito de la educación, por ejemplo, en la enseñanza

infantil (Belmonte, 2019 y García Fernández, 2019), en la enseñanza primaria (Buzón-García, 2021; Cremades de Molina, 2021 y Torres Begines, 2018), en los ciclos formativos (Carreño Aguirre, 2019) o en la enseñanza universitaria en la anatomía (Lopéz-Ruiz, 2021 y Marín Marín, 2018), en la formación inclusiva (Lorenzo, 2020), en la geografía e historia (Martín Garrido, 2018), en la ingeniería (Urban, 2020), en las lenguas extranjeras (Pérez Fernández, 2019 y Tituaña Matango, 2019), en la mitología grecolatina (Hernández Mayor, 2021) y en la pedagogía (Martín Pérez, 2018).

### 1.3. La realidad mixta

La realidad mixta (MR) o mixed reality en inglés, es la última de las tres realidades y se utiliza para describir la interacción de un entorno virtual con un entorno real. Esto es diferente de la realidad aumentada, donde solo se superponen los objetos virtuales en un mundo real. En la realidad mixta, los objetos virtuales realmente interactúan con el espacio real y con los objetos reales. En cierto sentido, se podría argumentar que la realidad mixta es un subconjunto más avanzado de la realidad aumentada.

Hoy en día ya existen algunas aplicaciones prácticas de la realidad mixta en el ámbito de la educación, por ejemplo, en la enseñanza de la anatomía (Carnicero Plaza, 2020) y narrativa audiovisual (Fernández Ruiz, 2021).

### 1.4. El Metaverso

En 2021, el mundo virtual o Metaverso despertó el interés del gran público. El fundador de Facebook, Mark Zuckerberg, declaró que en el futuro nos encontraremos y trabajaremos en el mundo virtual, en el Metaverso. Hasta ahora, Metaverso alberga principalmente juegos, pero su desarrollo aún está en pañales. Para la mayoría de la gente, la palabra Metaverso es nueva y parecía que Zuckerberg tenía una “patente” para la palabra “Metaverso”. Sin embargo, el término y su significado se remontan a 1992. En ese momento, se publicó el libro Snow Crash de Neal Stephenson, en el que describía la realidad virtual y la nombraba “Metaverso”. Pero volvamos al Metaverso. Metaverso es un entorno virtual al que podemos entrar, y no solo mirar. Por lo tanto, necesitamos

herramientas especiales para aprovecharlo al máximo. El mundo al que se entra ya no puede ser bidimensional y el monitor no es suficiente. Por lo tanto, la puerta al Metaverso son varios auriculares o gafas VR y AR conectados a teléfonos inteligentes u ordenadores. Un gran ejemplo de cómo se verá realmente el Metaverso fue la película Ready Player One.

La realidad virtual en forma de Metaverso ofrece, además de una experiencia de juego realmente intensa, por supuesto, otras posibilidades de uso. Puedes hacer entrenamiento físico, aprender idiomas o historia, encontrarte con familiares y amigos, tomar clases de baile, hacer viajes exóticos o espaciales… o, incluso, ir a trabajar. Todavía no se sabe exactamente qué efecto tendrá la existencia de los espacios para trabajar del Metaverso en el mundo laboral. Ciertamente sabemos que no solo copiará el mundo real, sino que ampliará sus posibilidades. Y podemos imaginar fácilmente que, en el futuro, gracias a las nuevas posibilidades del teletrabajo, empezará a verse diferente. Es posible que gran parte de las oficinas se trasladen al mundo virtual. Ahora podemos realizar reuniones en línea y trabajo compartido, en el mundo 2D de monitores, video llamadas y soluciones en la nube. Incluso, hoy en día, podemos encontrar varias aplicaciones que funcionan como oficinas virtuales, un ejemplo es Gather Town.

La aplicación se parece un poco a un juego en el que tu personaje (avatar) te representa. Está marcado con un nombre y un símbolo de color que les permite a otros trabajadores (usuarios) saber si estás dispuesto a iniciar la comunicación. Esto se lleva a cabo a través de una video llamada real, cuyo resultado puede ver en su pantalla. En Gather Town puedes construir todo un sistema de oficinas, tener diferentes salas diseñadas para diferentes actividades y a través de tu avatar puedes "caminar" en ellas y comunicarte con tus compañeros. Las oficinas de Metaverso operarán con un principio similar, solo que no actuarán como un juego de 2D, sino que, como realidad virtual en 3D. Utilizando auriculares y gafas de realidad virtual, simplemente te moverás literalmente a un entorno de trabajo donde te comunicarás con tus colegas como en el mundo real. Serás reemplazado por un avatar tridimensional que se puede parecer a ti o no. Las empresas podrán crear un entorno de oficinas personalizado, por lo que las oficinas virtuales en Metaverso pueden

tener el mismo aspecto que las oficinas reales o lo contrario. Se pueden diseñar oficinas de trabajo extremadamente vanguardistas, que no podrían existir y construirse en la vida real. Las oficinas virtuales, por ejemplo, pueden estar en un edificio que tendrá miles de plantas o una oficina puede estar al aire libre donde nunca llueve, nunca hace frío o calor, donde no existen insectos, etc.

Los límites serán solo y exclusivamente la imaginación de los programadores del Metaverso. Para la gente común, todo esto sigue siendo la música del futuro, pero pronto el Metaverso estará en todas partes. Hoy en día, Facebook está probando las nuevas salas de trabajo con sus empleados. Las personas usan auriculares Oculus Quest 2 y se reúnen en oficinas virtuales. Microsoft está desarrollando Mash for Teams y, según Bill Gates, sus equipos se reunirán en realidad virtual en el año 2024. Sin embargo, pasará algún tiempo antes de que otras empresas se adapten a las nuevas tendencias y encuentren su camino hacia la oficina virtual. Las mayores oportunidades dentro del Metaverso se están abriendo actualmente en el área de presentación y venta de productos. La presentación digital de modelos 3D y la visualización interactiva de los productos, que puede ser cualquier cosa, desde grifos de cocina hasta joyas y automóviles, pueden resolver fácilmente el problema de la distancia física o incluso la ausencia de una sala de exposición. Como resultado, las presentaciones virtuales vinculadas a las tiendas electrónicas ahorrarán tiempo y costos de viaje. Los productos pueden llegar a un número mucho mayor de clientes potenciales. La tienda electrónica virtual puede estar abierta las 24 horas al día en el Metaverso y se puede acceder desde cualquier lugar.

El futuro cercano irá mostrando poco a poco lo que permitirá el Metaverso en el campo del trabajo. Su potencial es enorme. Los equipos de trabajo no solo pueden reunirse en plataformas virtuales, sino que también pueden realizar varias simulaciones y pruebas, trabajar en diseños de desarrolladores y resolver problemas en 3D. La capacidad de transferir parte del trabajo al entorno virtual del Metaverso destaca aún más los beneficios del trabajo híbrido. Pero realmente esperaremos algunos años más para conocer los resultados, requisitos e impactos específicos de la existencia del entorno de trabajo en Metaverso.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto de innovación docente ha sido la creación de una página web donde aparecen 4 aulas de nuestro laboratorio de procesos de fabricación en formato de la realidad virtual. El estudiante puede mirar desde el centro de la sala del laboratorio en cualquier dirección. Además, en diferentes sitios de la sala hay hotspots interactivos que enseñarán al estudiante diferentes tipos de información relacionada con algún equipo del laboratorio utilizado en alguna clase práctica. Por otro lado, se ha elaborado una encuesta para determinar cuál es la opinión de los estudiantes sobre este tipo de material docente no convencional.

## 3. METODOLOGÍA

Se ha creado una página web conteniendo 4 salas convertidas en el espacio de la realidad virtual. En todas estas salas los estudiantes utilizan, a lo largo de la asignatura de Procesos de fabricación, diferentes tipos de equipos como parte de las clases prácticas de la asignatura. De momento, con este recurso didáctico han trabajado solo los estudiantes universitarios del Grado de Ingeniería electrónica y del Doble grado de Ingeniería eléctrica y electrónica de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla.

La recreación del espacio virtual se ha hecho con una cámara digital y un trípode con movimiento automático. Se han hecho varias fotografías en 360 grados en el plano horizontal, en el plano inclinado hacia abajo y en el plano inclinado hacia arriba. Finalmente, todas las fotografías se han unido mediante un software especial. Toda esta información se ha volcado en el servidor de la Universidad de Sevilla y como resultado es una página web accesible de forma gratuita para cualquier persona de cualquier lugar del mundo. Los únicos requisitos para poder disfrutar de este recurso didáctico de realidad virtual es tener un ordenador, un portátil, una tableta o un móvil con un navegador de internet como, por ejemplo, Mozilla Firefox, Google Chrome, Microsoft Edge, Opera, Brave Browser, Safari, etc. De forma opcional, para tener mejor experiencia emocional, se recomienda el uso de gafas de la realidad virtual

como puede ser, por ejemplo, HTC Vive, Playstation VR, Oculus Rift, Samsung Gear VR, Google Cardboard, etc.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todo el proyecto de innovación docente se puede dividir en dos partes. En la primera parte del proyecto se han transformado 4 salas de nuestro laboratorio real de Ingeniería y ciencia de los materiales y del transporte en entorno virtual. En la segunda parte del proyecto se ha elaborado una encuesta para conocer la opinión de los estudiantes sobre los laboratorios virtuales.

### 4.1. Realidad virtual como material docente innovador

El resultado principal de este proyecto ha sido la creación de una página web (Figura 1) donde los estudiantes pueden disfrutar de 4 salas de nuestro laboratorio real en la realidad virtual desde cualquier lugar del mundo utilizando solo un portátil o un teléfono móvil. Además, en el entorno virtual están colocados en posiciones importantes unos hotspots que permiten a los estudiantes obtener más información relevante sobre equipos, herramientas y materiales utilizados en los laboratorios y, en muchos casos, también en la industria.

### 4.2. Encuesta sobre el recurso didáctico de la realidad virtual

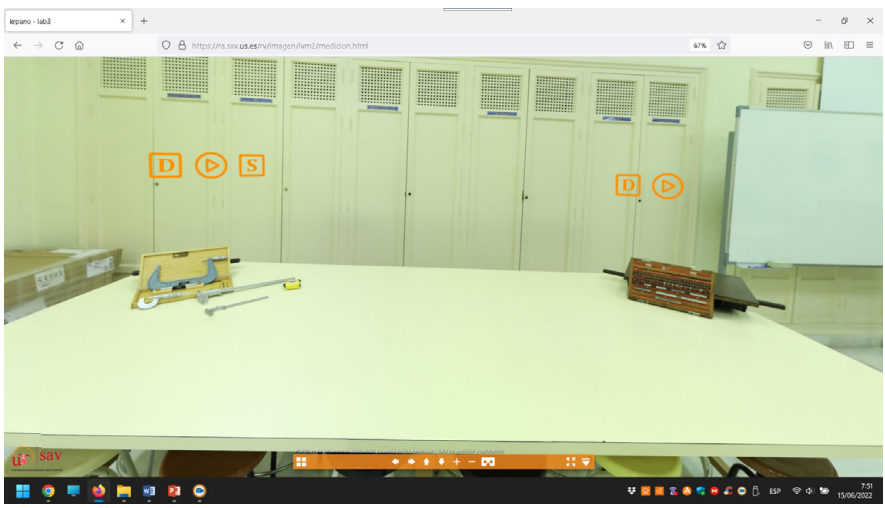
Para determinar cuál es la opinión de los estudiantes sobre este material docente se ha hecho una encuesta (Gráfico 1). En total han respondido 52 estudiantes a 8 preguntas relacionadas con la realidad virtual en general o con nuestro recurso docente en particular. A continuación, se detallan y discuten las respuestas de los estudiantes.

#### 4.2.1. ¿Has utilizado algún programa que utiliza la realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta? Ej. Half Life, Pokémon GO, Street View, simuladores de la realidad virtual, etc.

Sorprendentemente, todos los estudiantes conocen, han visto y han utilizado alguna aplicación o programa informático basado en la proyección de la realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta.

Probablemente, las diferentes realidades informáticas son más conocidas por algunos juegos como pueden ser los juegos en primera persona donde hay que combatir, explorar y resolver problemas, por ejemplo, el Half Life. Otro tipo de juegos donde se utiliza la realidad aumentada es el Pokémon GO, donde se utilizan dispositivos móviles con GPS para encontrar, capturar, entrenar y utilizar para la lucha a los Pokémons. Otro uso más aplicado de la realidad virtual es el Street View donde podemos observar que es alrededor de un lugar concreto prácticamente en todo el mundo. Y, por último, las aplicaciones más antiguas de la realidad virtual, los simuladores de conducir un avión, un coche, etc.

***FIGURA 1.*** *Una sala del laboratorio en la realidad virtual.*




Fuente: elaboración propia

4.2.2. ¿Has utilizado algún programa con la realidad virtual con fines educativos?

Por un lado, todos los estudiantes han utilizado alguna vez la realidad virtual, la realidad aumentada o la realidad mixta. Por otro lado, tan solo 3,8% de los estudiantes han utilizado la realidad virtual, la realidad aumentada o la realidad mixta con fines educativos.

Desde este punto de vista, estas tecnologías son muy bien conocidas por los usuarios (estudiantes), sin embargo, existe un gran potencial de crecimiento de este sector en el ámbito educativo. Los grandes problemas para que crezca la demanda por parte de las instituciones académicas es el alto precio de los programas informáticos y, relativamente, una gran inversión en las gafas de realidad virtual o realidad aumentada con los accesorios para gran cantidad de estudiantes.

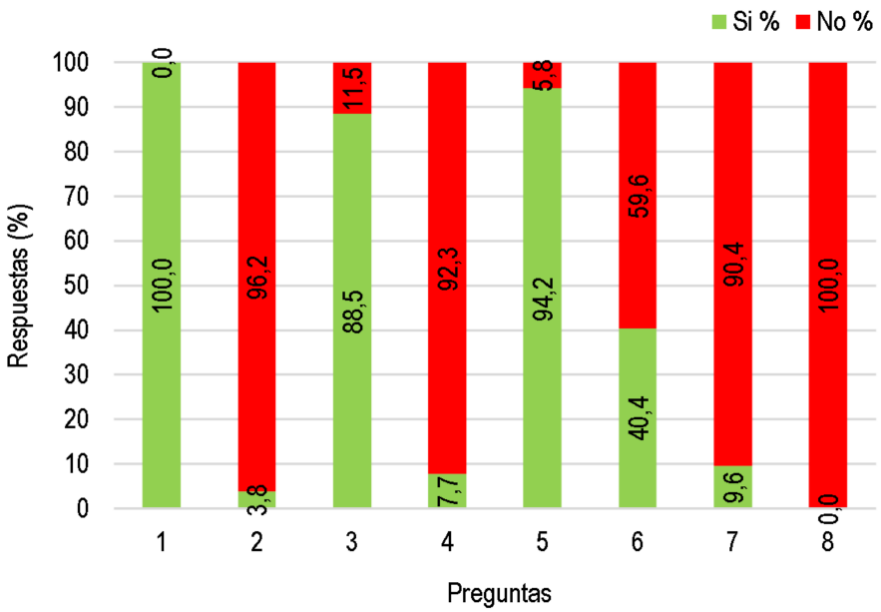
Además, es necesario tener buenos equipos portátiles u ordenadores sobremesa y espacios más amplios para cada estudiante para que puedan mover con sus manos libremente en su alrededor sin molestar a los demás. Por último, hay, probablemente, una barrera muy importante por parte de los profesores para cambiar sus hábitos y reorientar sus docencias magistrales en docencia innovadora basándose en nuevas tecnologías.

#### 4.2.3. ¿Crees, que en los programas docentes de las asignaturas universitarias deberían incluirse más material docente aprovechando la realidad virtual?

La buena noticia es, que la mayoría de los estudiantes, unos 88,5%, creen, que en los programas docentes de las asignaturas universitarias deberían incluirse más material docente aprovechando la realidad virtual.

Esta opinión de nuestros "clientes" (nosotros, los profesores somos trabajadores y nuestros estudiantes son nuestros clientes) podría ser el impulso que necesita la comunidad universitaria para promover la VR, AR y MR en la educación en general y en la educación universitaria en particular. Creo que es solo cuestión del tiempo cuando se aprovechará la VR, AR y MR para mejorar considerablemente la eficiencia de la educación.

***GRÁFICO 1.*** *Las preguntas y las respuestas de los estudiantes sobre la realidad virtual en general y sobre el material docente de la realidad virtual en particular.*
*1) ¿Has utilizado algún programa que utiliza la realidad virtual, realidad aumentada o realidad mixta? Ej. Half Life, Pokémon GO, Street View, simuladores de la realidad virtual, etc.*
*2) ¿Has utilizado algún programa con la realidad virtual con fines educativos?*
*3) ¿Crees, que en los programas docentes de las asignaturas universitarias deberían incluirse más material docente aprovechando la realidad virtual?*
*4) ¿Tienes en tu casa gafas de realidad virtual? Por ejemplo: HTC Vive, Playstation VR, Oculus Rift, Samsung Gear VR, Google Cardboard, etc*
*5) ¿Te gusta este recurso didáctico de la realidad virtual?*
*6) ¿Crees, que este recurso didáctico de la realidad virtual te podría ayudar para mejorar tus conocimientos?*
*7) ¿Te gustaría hacer las clases prácticas utilizando este laboratorio en realidad virtual junto con otro software como simuladores, etc. para reemplazar las clases prácticas presenciales por clases prácticas completamente online?*
*8) ¿Ha utilizado o ha recomendado algún profesor, a lo largo de tus estudios, algún material docente utilizando la realidad virtual? ¡Ojo! No cuenta nuestra asignatura de Procesos de fabricación.*




Fuente: elaboración propia

4.2.4. ¿Tienes en tu casa gafas de realidad virtual? Por ejemplo: HTC Vive, Playstation VR, Oculus Rift, Samsung Gear VR, Google Cardboard, etc

En la primera pregunta todos los estudiantes han utilizado algún programa o aplicación con la realidad virtual. Sin embargo, tan solo 7,7% de los estudiantes disponen de gafas de la realidad virtual para que la inmersión virtual sea más intensa. Por lo cual, la inmensa mayoría de los estudiantes utiliza, para disfrutar la realidad virtual, o un ratón con teclado, o una pantalla táctil del móvil o de una tableta. Incluso, trabajando sin gafas de realidad virtual, los estudiantes tienen una valoración muy positiva de las nuevas tecnologías en general y de la realidad virtual en particular.

4.2.5. ¿Te gusta este recurso didáctico de la realidad virtual?

Es muy positivo saber, que la mayoría de los estudiantes, unos 94,2%, valora positivamente nuestro recurso docente y que el laboratorio virtual tiene éxito a pesar de sus inconvenientes teniendo en cuenta de que se trata de uno de los primeros proyectos de la realidad virtual de la Universidad de Sevilla. Esta opinión de la inmensa mayoría de los estudiantes crea otra pregunta. ¿Realmente el profesorado está haciendo y mejorando todo lo posible la docencia para que evolucione poco a poco y para que mantenga relación más estrecha con las nuevas tecnologías y con las vidas cotidianas de nuestros estudiantes que prácticamente todos pertenecen a la generación Z? La generación Z son personas que han nacido entre los años 1995 y 2005 y que han convivido desde su nacimiento y durante toda su vida juntos con el Internet y con las redes sociales. Para nosotros, los profesores (generación X y generación Y), las nuevas tecnologías son “nuevas”, pero para nuestros estudiantes las nuevas tecnologías es algo habitual y corriente. Es posible, que para muchos estudiantes nuestro estilo de docencia magistral es algo obsoleto y que merecería la pena intentar aventurarse poco a poco en docencia alternativa y más cercana al pensamiento habitual de nuestros estudiantes.

4.2.6. ¿Crees, que este recurso didáctico de la realidad virtual te podría ayudar para mejorar tus conocimientos?

Con todo lo dicho anteriormente, hay menos que la mitad de los estudiantes, unos 40,4%, que creen que este recurso didáctico de la realidad virtual les podría ayudar para mejorar sus conocimientos en la asignatura Procesos de fabricación. Los 59,6% de las respuestas negativas se pueden deber al escepticismo de los estudiantes sobre la aplicación de los nuevos recursos didácticos en la práctica real docente. También hay que mencionar que de nuestro material docente de los laboratorios en realidad virtual se puede sacar mucho más partido utilizando viajes interactivos guiados o resolver problemas utilizando los hotspots como preguntas y respuestas, etc. para atraer más atención a más estudiantes. Hay que insistir, que este material docente es un prototipo que puede evolucionar notablemente.

4.2.7. ¿Te gustaría hacer las clases prácticas utilizando este laboratorio en realidad virtual junto con otro software como simuladores, etc. para reemplazar las clases prácticas presenciales por clases prácticas completamente online?

Sin embargo, tan solo 9,6% de los estudiantes ve la posibilidad de reemplazar las clases prácticas por las clases totalmente online aprovechando las nuevas tecnologías como son la VR, la AR, la MR, los simuladores, las páginas web interactivas, los vídeos didácticos, etc. Según la mayoría de los estudiantes, unos 90,4%, las prácticas presenciales donde se pueden ver y tocar los equipos, herramientas y materiales tiene un alto valor añadido a la docencia y será muy complicado de reemplazar este tipo de docencia por alguna alternativa mejor. Además, es posible, que en esta pregunta los estudiantes están expresando sus necesidades de estar más conectados, a lo largo de sus estudios, con la industria e investigación y menos con las clases magistrales.

4.2.8. ¿Ha utilizado o ha recomendado algún profesor, a lo largo de tus estudios, algún material docente utilizando la realidad virtual? ¡Ojo! No cuenta nuestra asignatura de Procesos de fabricación.

Por último, según todos los estudiantes, ningún profesor ha utilizado o ha recomendado algún material docente utilizando la realidad virtual. Aquí se confirma el vacío docente que existe en el ámbito de las nuevas tecnologías que merecería la pena valorar por parte de los profesores y de las universidades para intentar cambiar el esquema de la enseñanza universitaria según las posibilidades tecnológicas del siglo XXI.

Todas estas preguntas y respuestas nos pueden dar una información muy valiosa sobre cómo quieren aprender los estudiantes y como están enseñando los profesores. A veces, la discrepancia entre como aprender y como enseñar es bastante grande y, a lo mejor, los profesores deberían escuchar más que necesidades tienen los estudiantes para que sus estudios sean más agradables y para que puedan aprender de manera más natural y acorde a sus costumbres cotidianos.

## 6. CONCLUSIONES

Se ha creado una página web donde aparecen 4 aulas de nuestro laboratorio real de Procesos de fabricación en formato virtual. Además, las salas virtuales contienen hotspots interactivos con mucha información importante sobre los equipos, herramientas y materiales utilizados en las clases prácticas y en la industria.

Por otro lado, se ha elaborado una encuesta donde los estudiantes confirmaron sus altos conocimientos de la tecnología de la realidad virtual y el deseo de incorporar la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta en los programas docentes de los estudios universitarios.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Nos gustaría agradecerle al Servicio de Recursos Audiovisuales y Nuevas Tecnologías (SAV) de la Universidad de Sevilla (US) el apoyo técnico, la creación del entorno virtual de las salas del laboratorio y la posibilidad de almacenar toda la información en sus servidores.

## 8. REFERENCIAS


Belmonte J.L. (2019) Edunovatic 2018, Nuevos Entornos de Aprendizaje en Cooperativas de Enseñanza: El Uso de la Realidad Aumentada en Educación Infantil (pp. 214). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-08-9.

Buzón-García, O. (2021) Innovaciones Metodológicas con TIC en Educación, La Realidad Aumentada como Recurso para la Atención a la Diversidad en Alumnado de Educación Primaria (pp. 3025-3040). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-319-3.

Carnicero Plaza, I. (2020). Edunovatic 2020, Casos de éxito de la digitalización en el aprendizaje en universidades (pp. 657). Adaya Press. ISBN 978-84-09-22967-3.

Carreño Aguirre, B. (2019) Edunovatic 2018, Anatomía de la cavidad oral mediante Realidad Aumentada en el Ciclo de Técnico en Higiene Bucodental (pp. 258-259). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-08-9.

Cremades de Molina, O.M. (2021) Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI, Un Paseo sobre los Elementos: La Tabla Periódica como Recurso Educativo Utilizando Metodología STEAM (pp. 365-387). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-592-0.

Crespillo Marí, L. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, La Reconstrucción Virtual en 3-D de un Bien Patrimonial Perdido y su Aplicación Docente en Bachillerato: El Hospital de la Cruz Roja (Melilla) (pp. 59-83). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Fernández Ruiz, M. (2021) La Revolución de los Prosumers: Youtubers e Instagramers, Nuevas Formas de Comunicación a través de la Narrativa en Tiempo Real: Producción Virtual, Videojuegos y Otras Experiencias Interactivas (pp. 295). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-56-0.

García Fernández, B. (2019) Edunovatic 2018, Pasaporte a otra realidad, una experiencia de aprendizaje en realidad virtual y realidad aumentada (pp. 101-105). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-08-9.

Hernández Mayor, M.D. (2021) Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI, La Mitología Grecolatina a través de Imágenes Interactivas. Un Nuevo Espacio de Aprendizaje (pp. 544-568). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-592-0.

Lopéz-Ruiz, E. (2021) Docencia, Ciencia y Humanidades: Hacia un Enseñanza Integral en la Universidad del Siglo XXI, Aprendizaje de Anatomía: Desde el Estudio de Cadáveres hasta la Realidad Virtual y la Bioimpresión 3D (pp. 1505-1525). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-320-9.

Lorenzo, C. (2020) Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura. Avanzando en el proceso de enseñanza-aprendizaje, Diseño Universal para el Aprendizaje en el Ámbito de la Educación Superior Universitaria: Un Estudio de Caso Sobre Formación Inclusiva y Atención a la Diversidad (pp. 105-115). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-216-5.

Marín Marín, (2018) Edunovatic 2017, Realidad Aumentada Aplicada a Anatomofisiología y Patología Básicas en el Ciclo de Técnico en Emergencias Sanitarias (pp. 1019-1020). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-02-7.

Martín Garrido, J.J. (2018) Edunovatic 2017, Proyecto de Gamificación en Ciencias Sociales. Minecraft y Pokémon GO como Herramienta de Enseñanza en Geografía e Historia (pp. 1211-1212). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-02-7.

Martín Perez, S. (2018) Edunovatic 2017, Diseño de Objetos de Realidad Aumentada: Experiencia con el Alumnado de Educación (pp. 182-186). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-02-7.

Martín Ramallal, P. (2021) Luces en el Camino: Filosofía y Ciencias Sociales en Tiempos de Desconcierto, Nuevas Tecnologías, Nuevos Desafíos: Ética, Publicidad y Realidad Virtual (pp. 1066-1082). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-322-3.

Pérez Fernández, L.M. (2019) Edunovatic 2018, Aplicación de mundos virtuales para la enseñanza de lenguas extranjeras en la educación superior (pp. 387-391). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-08-9.

Portilla Luja, M.M. (2021) Luces en el Camino: Filosofía y Ciencias Sociales en Tiempos de Desconcierto, Construcción de Imaginarios en Realidades Alternas (pp. 2995-3006). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-322-3.

Ramos Fabra, L. (2021a) Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI, La Obra de Arte como Herramienta Creativa, Colaborativa e Interdisciplinar para Proyectos Extracurriculares (pp. 1867-1890). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-592-0.

Ramos Fabra, L. (2021b) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, Madrid Mítico Virtual, la Sostenibilidad a través de la Hiperconexión (pp. 318-334). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Roda-Segarra, J. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, El Uso de la Realidad Virtual en las Enseñanzas Artísticas (pp. 25-40). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Tituaña Matango, E.F. (2019) Edunovatic 2018, Las TIC como Estrategia Lúdica en el Aprendizaje de la Lengua Ancestral Kichwa y del Inglés como Lengua Extranjera en Otavalo – Ecuador (pp. 546-551). Adaya Press. ISBN 978-94-92805-08-9.

Torres Begines, C. (2018) Jornadas de Formación e Innovación Docente del Profesorado, Imagen y Palabra. Trabajar la Semántica en Educación Primaria (pp. 957-978). Universidad de Sevilla. ISSN 2659-5117. D.O.I.: http://dx.doi.org/10.12795/JDU.2018.i01.54

Urban, P., Aranda Louvier, R.M., Pizarro Hierro, M.L. (2020) Innovación Docente e Investigación en Ciencias, Ingeniería y Arquitectura. Avanzando en el proceso de enseñanza-aprendizaje, Las Nuevas Tecnologías en la Ingeniería y Ciencia de los Materiales para la Docencia (pp. 31-38). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-216-5.

Urban, P. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, ¿Cómo los Profesores Quieren Enseñar y cómo los Estudiantes Quieren Aprender? ¿Libros de Texto o Aprendizaje Transmedia en Ciencia de los Materiales? (pp. 1428-1448). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

# MATERIAL DOCENTE DE LA ASIGNATURA QUÍMICA DE LOS MATERIALES PARA ATRAER A LAS ESTUDIANTES AL GRADO DE INGENIERÍA CIVIL

PETR URBAN
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

El feminismo se considera como un movimiento de los más antiguos del mundo. No existe una definición única, pero el feminismo se reduce a terminar con la discriminación de género y lograr la igualdad de género. Además, no existe un tipo de feminismo, sino que, hay muchos tipos de feminismo que se pueden complementar o incluso luchar entre sí. La división del feminismo más utilizada es la división en "olas". La palabra ola se suele utilizar mucho en el concepto de diferentes tipos de feminismos o de diferentes movimientos feministas que quieren promover la igualdad de cierto modo concreto. Hay muchos submovimientos que se construyen (y luchan) entre sí. No cuenta toda la historia, pero ayuda a delinearla. En total existen cuatro olas (Varela, 2013):

La ola 1 (final del siglo XIX) del feminismo no era, realmente, el primer feminismo conocido en la larga historia humana, pero era el primer feminismo que estaba proponiendo ideas políticas concretas en Europa y Estados Unidos. Uno de los documentos más conocidos es la "Vindicación de los derechos de la mujer" en el año 1792. En el año 1848, se ha creado un documento proponiendo doce derechos concretos para las mujeres de la época entre los cuales los más importantes han sido el derecho de votar. En 1920, el Congreso de Estados Unidos finalmente aprobó la enmienda 19 para que las mujeres pudieran votar.

Sin embargo, en Nueva Zelanda las mujeres han conseguido este derecho a votar unos 30 años antes. El feminismo de la primera ola tenía un objetivo bastante simple: que la sociedad reconociera que las mujeres son seres humanos, no propiedad. Sin embargo, en la primera ola la atención se centró principalmente en la igualdad entre los hombres y las mujeres blancas, obviando los derechos de las mujeres negras, cuya situación, en aquella época, era todavía más complicada no solamente por la cuestión del feminismo, sino que, también por el racismo presente en la sociedad. Esta exclusión perseguiría al feminismo en los próximos años.

La ola 2 (años 60 y 70 del siglo XX) se basó en el feminismo de la primera ola y desafió cuál debería ser el papel de la mujer en la sociedad. El principal objetivo del feminismo de la segunda ola era mejorar las condiciones de las mujeres en las entidades públicas. Además, se cuestionaron los roles familiares y de género tradicionales. Entre los logros se puede destacar la mejora notable en la remuneración del trabajo de las mujeres. Surgieron tres tipos principales de feminismo: convencional, radical y cultural. Los objetivos del feminismo convencional eran más realistas centrándose en los sueldos de las mujeres y en el acceso a los puestos de trabajo en las instituciones públicas. El feminismo radical quería remodelar la sociedad por completo, diciendo que el sistema era inherentemente patriarcal y que solo una revisión completa del sistema traería la liberación. El feminismo cultural enseñaba que hay una esencia femenina que es distinta a la de los hombres.

La ola 3 (última década del siglo XX y primera del siglo XXI) continuó a partir de las victorias institucionales de la segunda ola del feminismo. En esta etapa ya existía la igualdad real en muchos aspectos de la vida y las mujeres se podrían centrar más en la personalidad de las mujeres y en el inconformismo exigiendo que las mujeres son las únicas que pueden decidir sobre todo lo que hacen y quieren hacer. Muchas mujeres expresaron más libremente su sexualidad en la forma en que hablaban, vestían y actuaban. Esto a veces desconcertaba a las feministas de la segunda ola. El feminismo de la tercera ola se unió también mucho más con las ideas antirracistas (Herrador Raya, 2020) y las "mujeres de color" tenían mucho más protagonismo en la ola tres que en las olas anteriores. La tercera ola coincidió con la revolución de tecnología e

informática y, por ejemplo, el Internet se aprovechó para difundir con mayor facilidad y rapidez las ideas del feminismo en todo el mundo. Este tipo de feminismo que utiliza el Internet para su expansión se llama el ciberfeminismo (Agudo-Martínez, 2020 y Padilla Castillo, 2021) que lucha contra la ciberviolencia de género (de la Torre Sierra, 2021a y Bajo Pérez, 2021) y es el contra polo al cibermachismo.

La ola 4 (2010 hasta la actualidad) es más bien un crecimiento de la tercera ola. Uno de los movimientos más conocidos es el "MeToo". El activismo en las redes sociales ha impulsado firmemente el movimiento hacia la era tecnológica. Se basa en el énfasis de la tercera ola en la inclusión y hace preguntas difíciles sobre qué significan realmente el empoderamiento, la igualdad y la libertad. Como en la ola uno y dos se luchaba por los derechos de las mujeres blancas, en la ola tres también por los derechos de las "mujeres de color", en la ola cuatro se añadían las mujeres del colectivo LGTBIQA+[9] (García de Oliveira, 2020 y de Haz Cruz, 2021). De este modo se amplía con el tiempo el significado del feminismo, incluyendo parcialmente la igualdad de la raza e igualdad de la orientación sexual. Además, el feminismo aparece en una multitud de ámbitos diferentes como arte (García Molinero, 2021), ciencia (de la Torre Sierra, 2021b), cine (Valhondo Crego, 2020 y Cuenca Orellana, 2021), deporte (Posse Borrajo, 2021), ecología (Domínguez, 2021 y Echegoyen Sanz, 2021), economía (Anguita Olmedo, 2021), educación (Rodríguez Goñi, 2021 y Conchell Diranzo, 2021), inteligencia artificial (Sandoval Martín, 2021), justicia (Canales Murillo, 2021), lenguaje (Guerrero Salazar, 2021, Rivera Viedma, 2021 y Sancha Vázquez, 2021), literatura (Cheng-Lin, 2021, Sánchez Martínez, 2021 y Torres López, 2021), música (Rodríguez Lima, 2020), política (Mayordomo Zapata, 2021) o publicidad (Macías Santos, 2021). Como con cada ola anterior (y cualquier ola nueva en el futuro), la cuarta ola es compleja. Abarca muchos movimientos que se complementan y chocan entre sí.

[9] L son personas lesbianas, G son gays, T son transexuales, B son bisexuales, I son intersexuales, Q son queer, A son asexuales, + son otros que no se sientes ni como heterosexuales ni como LGTBIQA.

## 2. OBJETIVOS

Este trabajo presenta tres objetivos principales. En el primer lugar la creación de un material docente en forma de una página web (Urban, 2022) explicando la importancia de las mujeres en la ingeniería civil, principalmente en la primera mitad del siglo XX en diferentes lugares del mundo. El segundo objetivo era la búsqueda de datos estadísticos sobre la proporción de las mujeres y de los hombres estudiantes de ingeniería civil. Por último, se ha hecho una encuesta a los estudiantes hombres y mujeres de la ingeniería civil para averiguar sus opiniones sobre el material docente y sobre el feminismo.

## 3. METODOLOGÍA

La página web "Feminismo en la ingeniería civil" (Urban, 2022) se ha escrito con el código html y todos los datos están alojados en los servidores de la Universidad de Sevilla. Para recopilar la información de las encuestas se ha utilizado la herramienta Google Forms.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

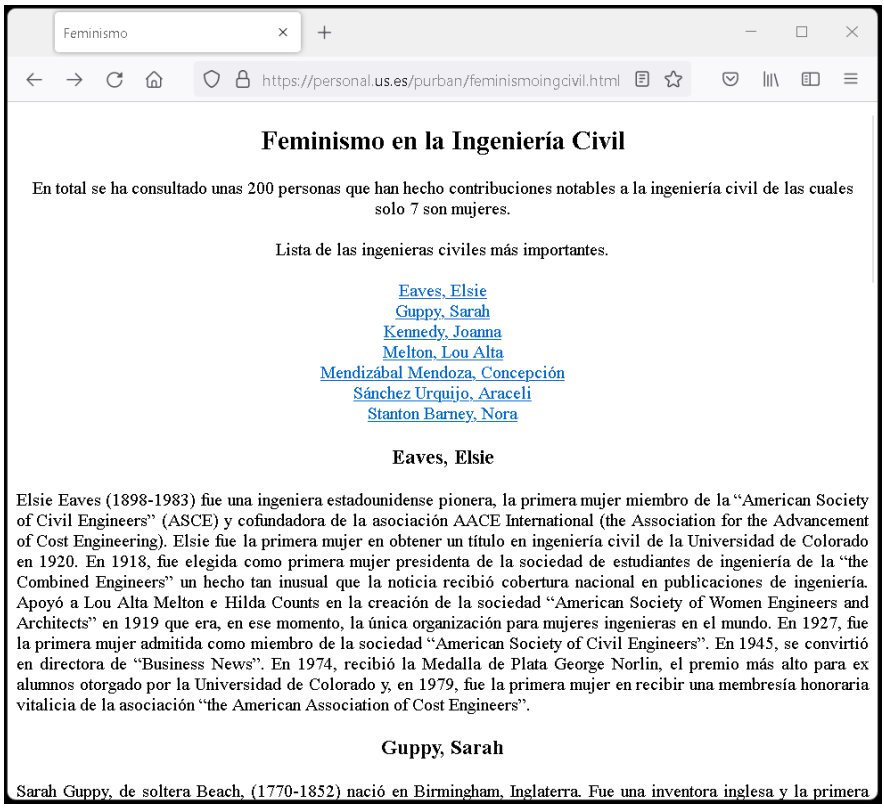
Los resultados y discusión se pueden separar en 3 partes. En el primer lugar se ha creado una página web destacando la importancia de las mujeres en la ingeniería civil (Figura 1). La segunda parte es una estadística de la evolución de la matriculación de las mujeres en el grado de ingeniería civil en la Universidad de Sevilla a lo largo de los últimos años (Gráfico 1). Y, por último, se ha elaborado una encuesta donde los estudiantes podrían opinar sobre el recurso didáctico "Feminismo en la ingeniería civil" y sobre el feminismo e igualdad de género (Gráfico 2).

### 4.1. Página web "Feminismo en la ingeniería civil" (Urban, 2022)

Para encontrar las siete ingenieras más importantes de la ingeniería civil se tenía que consultar dos cientos personas más importantes de la ingeniería civil. Por lo cual, en general, por cada 7 mujeres hay 193 hombres importantes en la ingeniería civil. Es una de las primeras medidas de la desigualdad en el campo de la ingeniería en general, e ingeniería civil

en particular. Las 7 mujeres destacadas en el campo de la ingeniería civil son Elsie Eaves, Sarah Guppy, Joanna Kennedy, Lou Alta Melton, Concepción Mendizábal Mendoza, Araceli Sánchez Urquijo y Nora Stanton Barney (en orden alfabético).

*FIGURA 1. Página web creada para destacar las mujeres en la ingeniería civil.*




Fuente: elaboración propia

### 4.1.1. Elsie Eaves

Nació en el año 1898 y murió en el año 1983. Ha sido una de las primeras ingenieras de los Estados Unidos y la primera mujer de la Universidad de Colorado que se graduó como ingeniera civil en el año 1920. Además, ha sido una de las primeras mujeres que ha conseguido la membresía de la "Asociación americana de la ingeniería civil". Durante sus estudios ha sido elegida como presidenta en la "Asociación de los

estudiantes de la Universidad de Colorado" y como ha sido la primera mujer en conseguir esta posición, se han escrito varias publicaciones a nivel nacional (Estados Unidos) comentando esta inflexión en el feminismo de la época. Durante sus estudios, en el año 1919, Elsie ha apoyado a Hilda Counts y Lou Alta Melton en la constitución de la primera asociación de ingeniería para las mujeres en el mundo, la "Asociación de las mujeres ingenieras y arquitectas de los Estados Unidos".

#### 4.1.2. Sarah Guppy

Nació en Birmingham (Reino Unido) en el año 1770 y murió en el año 1852. Su apellido antes de casarse era Beach. Sarah era una de las primeras mujeres que se dedicaba a la investigación, principalmente en el ámbito de la construcción y de los barcos. Sarah ha patentado unos diez inventos, de los cuales, los más conocido son la mejora en la construcción de puentes utilizando como partes de unión las cadenas y una técnica para evitar que los crustáceos se peguen a la parte inferior de los barcos.

#### 4.1.3. Joanna Kennedy

Nació en Londres (Reino Unido) en el año 1950. Su apellido antes de casarse era Gore. Joanna ha conseguido graduarse cum laude en la Universidad de Saltfort y obtener el prestigioso reconocimiento "Ciencia e ingeniería civil" del Reino Unido el cual consiguen a obtener tan solo unos 3% de mujeres. Actualmente, es una de las mujeres ingenieras civiles más influyentes en el Reino Unido y en el mundo. Es directora de varios proyectos de investigación a nivel nacional e internacional y propietaria de diferentes empresas. Hoy en día, es miembro de la ejecutiva de la asociación "Las mujeres en la ciencia e ingeniería". La misma asociación que ayudó a constituir en el año 1984.

#### 4.1.4. Lou Alta Melton

Nació en Texas (Estados Unidos) en el año 1895 y murió en el año 1974. Ha sido una de las primeras mujeres en graduarse como ingeniera civil en los Estados Unidos y en el mundo en el año 1920 junto con Elsie Eaves en la Universidad de Colorado. Antes de estudiar en la

Universidad, Lou enseñaba en la educación obligatoria que en aquella época era algo más común que estudiar en la Universidad. Lou, igualmente que Elsie Eaves, pertenecía a la "Asociación americana de la ingeniería civil". Además, en la "Asociación de ingenieros del Colorado" fue la primera mujer como miembro. En el año 1922 en la revista "La mujer ingeniera" se publicó un artículo indicando que Lou es una ingeniera civil muy joven, pero que tiene tantos conocimientos y experiencia profesional como los demás ingenieros civiles hombres, apelando así a la igualdad de oportunidades en el campo de la ingeniería civil no solamente para los hombres, sino que, también para las mujeres. Como se ha mencionado antes, Lou ha apoyado a Hilda Counts y Elsie Eaves en la constitución de la primera asociación de ingeniería para las mujeres en el mundo, la "Asociación de las mujeres ingenieras y arquitectas de los Estados Unidos". Una de las primeras actividades de la asociación era pedir a todas las facultades de ingenierías de los EE. UU. Que indicasen el número de mujeres que estaban estudiando la Universidad de ingeniería. Sin embargo, muchos feedback eran muy negativos, indicando que en su facultad de ingeniería no tienen ningunas mujeres y que confían que nunca tendrán ninguna mujer estudiando la ingeniería. Sin embargo, incluyendo muchos feedback negativos, resulta que en aquella época había unos dos cientos mujeres estudiando ingenierías de las cuales la mayoría se unieron posteriormente a la "Asociación de las mujeres ingenieras y arquitectas de los Estados Unidos".

### 4.1.5. Concepción Mendizábal Mendoza

Nació en el año 1893 y murió en el año 1985. Concepción ha conseguido graduarse como primera mujer en la ingeniería civil en los Estados Unidos Mexicanos. Sus estudios no has sido nada fáciles. Durante sus estudios tenía que abandonar temporalmente la Universidad para estar con su padre que era gravemente enfermo. A la Universidad volvió después del fallecimiento de su padre. Como una curiosidad se puede destacar que su trabajo fin de doctorado contenía una gran cantidad de imágenes para popularizar la ingeniería y la ciencia.

### 4.1.6. Araceli Sánchez Urquijo

Nació en España en el año 1920 y murió en el año 2010. Era la primera mujer española que se graduó como ingeniera civil en el año 1948. Hay que destacar que, en comparación, por ejemplo, con los Estados Unidos, donde las primeras mujeres se han graduado a partir el año 1920, en España ha sido unos 28 años más tarde. Es una vista interesante como estaba evolucionando el feminismo en diferentes zonas geográficas a lo largo del siglo XX. Además, lo más curioso es que Araceli ha sido la primera mujer española que se graduó como ingeniera civil, pero no se graduó en España, sino que, en la Unión Soviética, concretamente en la Universidad de Moscú. La razón por la cual se graduó en Moscú era que Araceli pertenecía a la generación de los "Niños de Rusia" que emigraron a la Unión Soviética durante la Guerra de España (1936 – 1939). Varios años después de su graduación trabajó tanto en la parte europea como en la parte asiática de la Unión Soviética y finalmente en el año 1956 en empezó a trabajar en España en una empresa de ingeniería. Sin embargo, incluso en los años 60 del siglo pasado la sociedad no estaba preparada para que una mujer pudiera trabajar en una empresa como ingeniera. Cuando Araceli iba a la entrevista del trabajo, los vigilantes la pararon y le indicaron que esta entrada era solamente para los ingenieros de la empresa y que las trabajadoras de limpieza y del mantenimiento tenían que entrar por una puerta lateral. Finalmente, Araceli hizo la entrevista con mucho más éxito que sus colegas hombres y el director de la empresa le dio el puesto de ingeniera con mucho orgullo.

### 4.1.7. Nora Stanton Barney

Nació en Reino Unido en el año 1883 y murió en el año 1971. Sin embargo, casi toda la vida vivió en los EE. UU. donde era una de las primeras mujeres que se graduó como ingeniera civil en el año 1906. A Nora, como a muchas mujeres hoy en día, le dio su familia a elegir entre ser ama de casa o ser ingeniera. A pesar de la negativa de su familia y de la mayoría de la sociedad en aquellos tiempos Nora eligió ser ingeniera. En el año 1917 entró como miembro visitante y como primera mujer en la "Asociación americana de la ingeniería civil". Sin embargo, la asociación se negó otorgarle ser miembro completo debido a su

condición de ser mujer, incluso cumpliendo todos los méritos necesarios. No era hasta el año 1920 cuando entró como miembro completo Elsie Eaves y Lou Alta Melton.

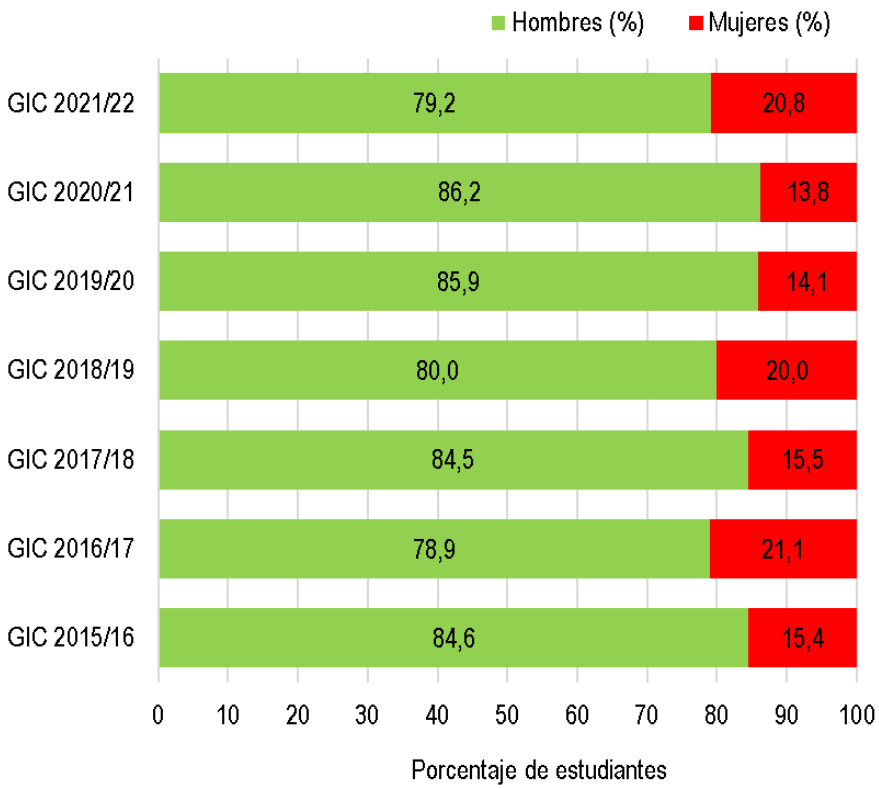
Como conclusión de la parte que resume cuales han sido las primeras ingenieras civiles más destacadas hay que tener en cuenta que en los principios del siglo XX había una desproporción muy grande entre los hombres ingenieros y las mujeres ingenieras. Por esta razón los hombres han contribuido de manera más evidente en las ingenierías en general y en la ingeniería civil en particular. Además, las mujeres tenían que, no solamente, aprender la ingeniería, sino que también, tenían que luchar muchas veces contra la ignorancia y el machismo de la sociedad, de sus amigos, de sus conocidos e, incluso, de su propia familia. Es muy probable, que la historia de la ingeniería podría tener muchas más mujeres ingenieras, todas las que abandonaron los estudios o la idea de ser un día una ingeniera debido a las presiones externas mencionadas anteriormente. Espero, que este resumen sirva como recordatorio de la historia del feminismo para poder ver de manera más clara todo lo que ha conseguido el feminismo en los últimos cien años en Europa y en los países desarrollados, ya que, todavía hoy en día, hay muchos países donde las mujeres no pueden ni estudiar ni trabajar como ingenieras. Es posible, que dentro de 100 años alguien escribirá sobre las mujeres que están hoy en día luchando por sus derechos en los países patriarcados.

### 4.2. La proporción entre las mujeres y los hombres estudiantes de la ingeniería civil

Para determinar cuántas mujeres y hombres están actualmente estudiando la ingeniería civil, se han buscado los datos de los estudiantes matriculados en la Universidad de Sevilla en los últimos 7 años (2015/16 – 2021/22) (Gráfico 1). Como se puede observar en el gráfico, la proporción entre los estudiantes y las estudiantes es más o menos estable y oscila entre 13,8 y 21,1% de las estudiantes matriculadas. Para aclarar, no se distingue entre las estudiantes repetidoras y las estudiantes del nuevo ingreso, por lo cual, algunas estudiantes, matriculadas en varios años, contribuyen con sus matrículas en más que en un año. Sin embargo, suponiendo que lo mismo les pasará a los estudiantes hombres,

no debería verse afectados los resultados de porcentajes de las matrículas.

***GRÁFICO 1.*** *Los estudiantes en la ingeniería civil según el género.*




Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se podrían comparar las estudiantes matriculadas en el grado de ingeniería civil en la Universidad de Sevilla (13,8 y 21,1%) con las estudiantes matriculadas en todos los grados de ingenierías y arquitectura (EPS, 2022) en la Universidad de Sevilla (25,3%), en Andalucía (21,6%) o en España (25,8%). Se observa que la ingeniería civil es una ingeniería menos solicitada por las mujeres. Sin embargo, hay otros grados donde predominan las estudiantes como es el caso de los grados de ciencias de la salud donde las estudiantes matriculadas alcanzan los 69,4%. Incluso, a nivel nacional (España) en todos los grados juntos hay más mujeres estudiantes matriculadas (54,3%) que hombres

estudiantes (45,7%). En cualquier caso, para algunas alumnas de bachillerato, incluso hoy en día, puede todavía resultar un poco extraño empezar a estudiar carrera de alguna ingeniería debido a los prejuicios de algunas partes de nuestra sociedad. Por esta razón es muy recomendable seguir creando material didáctico y educativo destacando la importancia de las mujeres en las ingenierías en general y en la ingeniería civil en particular.

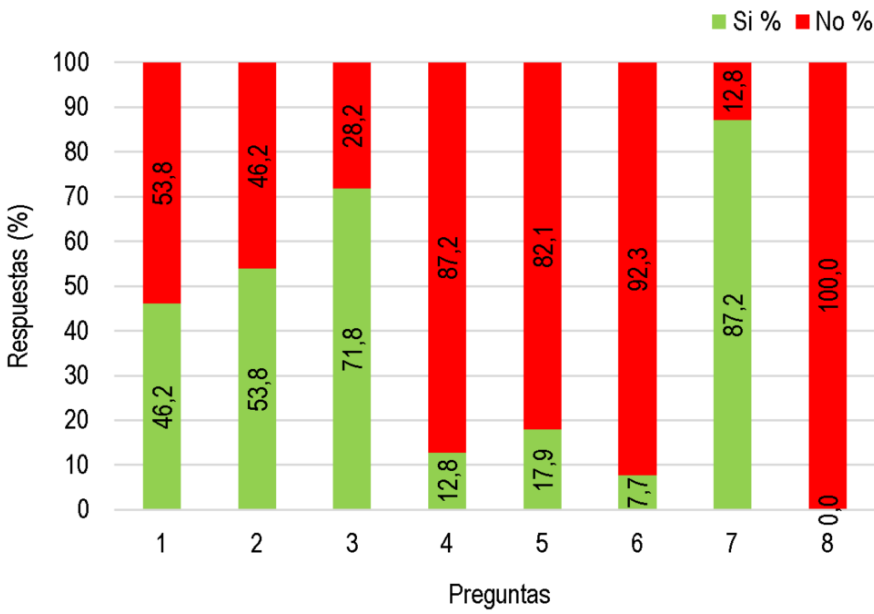
### 4.3. Encuesta sobre el recurso didáctico "Feminismo en la Ingeniería Civil" y sobre el feminismo en general

Para evaluar la opinión de los estudiantes se ha elaborado una encuesta (Gráfico 2). Las primeras tres preguntas están relacionadas con el material docente facilitado a los estudiantes antes del cuatrimestre y las demás cinco preguntas tratan de averiguar cuál es la opinión sobre el feminismo en general entre los jóvenes, hoy en día. En total ha participado 39 estudiantes del grado de ingeniería civil de la Universidad de Sevilla.

#### 4.3.1. ¿Te parece interesante el recurso didáctico sobre el feminismo en la ingeniería civil?

Casi la mitad de los estudiantes cree que el material docente (Urban, 2022) es interesante. La razón principal por la cual los 53,8% de los estudiantes creen que el material docente no es interesante se puede deber a que realmente, en la ingeniería civil, los mayores logros han hecho los hombres. Sin embargo, la mayor importancia de los hombres se debe a la gran dificultad que tenían las mujeres para poder intentar de estudiar o intentar de trabajar en la ingeniería civil. Las mujeres empiezan a matricularse y a ocupar puestos de trabajo relacionados con la ingeniería civil a partir de la segunda mitad del siglo XX. En cualquier caso, podría ser interesante en el futuro incorporar y destacar en la página web también algunos hombres ingenieros civiles para promover entre los estudiantes el sentido del profeminismo y evitar el fomento del antifeminismo.

***GRÁFICO 2.*** *Las respuestas de los estudiantes a la encuesta sobre el recurso didáctico "Feminismo en la Ingeniería Civil".*
*1) ¿Te parece interesante el recurso didáctico sobre el feminismo en la ingeniería civil?*
*2) ¿Crees, que este recurso didáctico podría disminuir un poco la brecha de género entre los hombres y las mujeres?*
*3) ¿Hace falta visibilizar, mediante algún recurso docente parecido, también a los hombres importantes de la ingeniería civil?*
*4) ¿Debería la Universidad de Sevilla incluir en sus normativas y reglamentos porcentajes mínimos de hombres y mujeres matriculados en los diferentes grados de ingenierías?*
*5) ¿Crees que existe alguna forma de machismo en tu clase entre los estudiantes y las estudiantes?*
*6) ¿Crees que existe alguna forma de machismo en tu clase entre los profesores y las estudiantes?*
*7) Te gustaría si en tu grado estudiaría alrededor de 50% hombres y 50% mujeres?*
*8) ¿La ingeniería civil deberían estudiar solo los hombres?*




Fuente: elaboración propia

4.3.2. ¿Crees, que este recurso didáctico podría disminuir un poco la brecha de género entre los hombres y las mujeres?

Casi la misma cantidad de estudiantes, como en la pregunta anterior, opina que la página web podría disminuir la brecha de género entre los hombres y las mujeres. Es muy probable, que los mismos estudiantes que

han respondido positivamente a la primera pregunta han respondido positivamente a esta. De esta manera se comprueba la coherencia de las respuestas de los estudiantes. Además, muchos estudiantes perciben la necesidad de hablar y de crear material docente relacionado con el machismo y feminismo para sacar estos temas de los temas que han sido tabú hace pocas décadas. Antes de solucionar cualquier problema es necesario hablar y expresar opiniones a través de diferentes métodos para llegar a alguna conclusión de compromiso. Esta metodología es válida tanto para solucionar el problema de machismo como para solucionar algunos problemas de las ingenierías o, incluso, problemas de la vida cotidiana.

4.3.3. ¿Hace falta visibilizar, mediante algún recurso docente parecido, también a los hombres importantes de la ingeniería civil?

Casi 72% de los estudiantes cree que en el recurso didáctico es importante visibilizar ambos sexos por igual tanto en la ingeniería civil como, probablemente, en otros aspectos de nuestras vidas. El feminismo es, al final, la igualdad entre ambos sexos y muchos estudiantes cree que no deberían excluirse los hombres por un simple hecho de que las mujeres sufren en mayor grado la desigualdad.

4.3.4. ¿Debería la Universidad de Sevilla incluir en sus normativas y reglamentos porcentajes mínimos de hombres y mujeres matriculados en los diferentes grados de ingenierías?

Tan solo 12,8% de los estudiantes creen que la Universidad de Sevilla debería regular de forma forzosa el número de hombres y mujeres para alcanzar la igualdad. Es muy probable, que los estudiantes prefieren tener un alto grado de libertad para poder decidir dónde y que van a estudiar. Incluso, es posible, que alcanzando la libertad de decisión absoluta habrá siempre mayor número de hombres que mujeres en las ingenierías en general y en la ingeniería civil en particular. La igualdad absoluta no significa que en todos los lugares de nuestras vidas tiene que haber 50% de hombres y 50% de mujeres. La igualdad absoluta significa que las personas pueden decidir de forma totalmente libre sobre lo que quieren estudiar y en que ámbito quieren trabajar. Por esta razón, para alcanzar los objetivos del feminismo es necesario eliminar completamente los

prejuicios en la sociedad que es la primera razón por la cual existe la desigualdad.

4.3.5. ¿Crees que existe alguna forma de machismo en tu clase entre los estudiantes y las estudiantes?

La buena noticia es que muy pocos estudiantes han percibido el machismo entre los estudiantes en clase. Evidentemente, este número podría ser realmente un poco más alto debido a que algunos estudiantes podrían ser testigos de desigualdad, pero no lo han percibido como tan. Uno de los objetivos principales del feminismo es evitar la normalización del machismo en la sociedad.

4.3.6. ¿Crees que existe alguna forma de machismo en tu clase entre los profesores y las estudiantes?

En el caso del machismo entre profesor y estudiante el número de estudiantes es muy bajo. Tan solo 3 estudiantes han percibido este tipo de machismo.

4.3.7. Te gustaría si en tu grado estudiaría alrededor de 50% hombres y 50% mujeres?

El gran sentimiento feminista demuestra los 87,2% de los estudiantes a los cuales les gustaría que en la ingeniería civil estudiaría 50% de hombres y 50% de mujeres. El restante 12,8% de los estudiantes no tienen por qué ser machistas, pero solo pueden tener en cuenta que la igualdad absoluta no se consigue necesariamente con alcanzar los 50% de cada género en cualquier aspecto de nuestras vidas, sino que, con la libertad absoluta en tomar nuestras propias decisiones.

4.3.8. ¿La ingeniería civil deberían estudiar solo los hombres?

Por último, una pregunta machista demuestra que nuestros estudiantes tienen mentalidad feminista y que no hay estudiante creyendo que la ingeniería civil debería ser solo y exclusivamente para los hombres. Sería interesante poder hacer esta misma pregunta a los estudiantes de

ingeniería civil hace 100 años. Las respuestas serían muy probablemente muy diferentes.

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones se pueden dividir en los 3 objetivos de este trabajo:

Se ha creado una página web destacando 7 ingenieras civiles de un total de 200 ingenieros hombres y mujeres consultados. En la descripción de cada una de las ingenieras se mencionan no solamente los logros, sino que, también las dificultades que tenían que vencer para poder avanzar en un ámbito, que era hace 100 años, solo de los hombres.

Se ha elaborado una estadística demostrando que hay un poco menos mujeres matriculadas en la ingeniería civil que la media de mujeres matriculadas en todas las ingenierías.

Por último, se ha elaborado una encuesta donde se preguntaba a los estudiantes su opinión sobre el material docente y sobre el feminismo en general. En conclusión, se puede destacar que este material docente no es imprescindible para estudiar la carrera de la ingeniería civil, pero sí que tiene gran relevancia en el conocimiento de la historia de la ingeniería civil y su papel en la igualdad de género. Además, la mayoría de los estudiantes han demostrado su gran sentimiento feminista y su empatía con el sexo opuesto.

## 7. REFERENCIAS

Agudo-Martínez, M. J. (2020) Comunicación desde una Perspectiva de Género: Artes, Medios y otras Tecnologías, Revisión de las Relaciones entre Ciberfeminismo y Net.Art desde una Perspectiva de Género (pp. 59-74). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-47-8.

Anguita Olmedo, (2021) Economía, Empresa y Justicia. Nuevos Retos para el Futuro, Implicaciones e Impacto de las Relaciones entre el Crimen Organizado y la Minería Extractiva Ilegal en América Latina: La Trata como Manifestación de la Violencia contra la Mujer (pp. 92-122). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-326-1.

Bajo Pérez, I. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Factores de Riesgo en la Ciberviolencia contra las Mujeres en Instagram (pp. 63-80). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Canales Murillo, A. E. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Inclusión de la Perspectiva de Género en los Programas de Derecho (pp. 254-269). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Conchell Diranzo, R. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Repensar la Docencia en Historia de la Educación Social en España Desde la Perspectiva de Género (pp. 293-308). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Cuenca Orellana, N. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Cuidado de los Niños, Labores del Hogar y Apoyo Emocional: Cuando las Tareas Invisibles se Convirtieron en Visibles en las Películas de Animación (pp. 140-156). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

de Haz Cruz, Y. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, El Matrimonio Igualitario en los Grupos LGBTI en Ecuador (pp. 631-648). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

de la Torre Sierra, A. M. (2021a) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Género y Ciencia: Recuperando el Legado de la Física Matemática Mileva Maric (pp. 82-96). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

de la Torre Sierra, A. M. (2021b) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, La Ciberviolencia de Género en Jóvenes Adolescentes: Diseño de un Programa de Prevención (pp. 43-62). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Domínguez, M. A. (2021) La brecha de género en el pensamiento computacional, Ecofeminismo. Redes que tejen futuro. (pp. 165-183) Ediciones Octaedro, S.L. ISBN 978-84-18615-71-9.

Echegoyen Sanz, Y. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Ecología y Feminismo, Sinergias Didácticas en el Horizonte 2030 (pp. 310-330). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

EPS. (2022). Asociación "Mujer en la Ingeniería". Universidad de Sevilla. https://bit.ly/3FHlkn8

García de Oliveira, H. A. (2020) Comunicación desde una Perspectiva de Género: Artes, Medios y otras Tecnologías, Pose: en Búsqueda de una Danza Monstruosa (pp. 115-130). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-47-8.

García Molinero, S. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, La Inclusión de las Prácticas Artísticas Feministas en Educación Artística Superior para Mejorar la Implicación de las Estudiantes. Plumk! (pp. 332-356). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Guerrero Salazar, S. (2021) Nuevos Retos y Perspectivas de la Investigación en Literatura, Lingüística y Traducción, El Discurso Metalingüístico sobre "Mujer y Lenguaje" en la Prensa Española: Análisis del Debate Lingüístico y su Repercusión Social (pp. 1630-1646). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-325-4.

Herrador Raya, C. (2020) Comunicación desde una Perspectiva de Género: Artes, Medios y otras Tecnologías, La Imagen de la Mujer Gitana en los Medios de Comunicación (pp. 93-114). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-47-8.

Cheng-Lin, C. (2021) Nuevos Retos y Perspectivas de la Investigación en Literatura, Lingüística y Traducción, El Surgimiento de las Narrativas Revolucionarias Feministas en "Cerezos en Tinieblas" de Higuchi Ichiyo (pp. 25-44). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-325-4.

Macías Santos, M. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, Taller de Análisis Crítico de los Estereotipos de Género en la Publicidad Gráfica por el Alumnado de Educación Secundaria (pp. 1373-1394). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Mayordomo Zapata, C. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, Una Comparativa entre las Mujeres que Votan a Vox y las que Votan al Partido Popular: ¿Cuáles son las Diferencias entre las Votantes de la Derecha y la Extrema Derecha Española? (pp. 783-798). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Padilla Castillo, (2021) Docencia, Ciencia y Humanidades: Hacia un Enseñanza Integral en la Universidad del Siglo XXI, LinkedIn como Nueva Vía de Construcción de Liderazgo Feminista. El Caso de Ana Botín (pp. 237-253). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-320-9.

Posse Borrajo, M. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, El Deporte y el Papel de la Mujer en la Filosofía de José María Cagigal (pp. 233-252). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Rivera Viedma, Ch. (2021) Nuevas Formas de Aprendizaje en la Era Digital: En Busca de una Educación Inclusiva, El Lenguaje Inclusivo en los Programas de las Carreras con un Currículum Innovado el Año 2019 en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación – UMCE (pp. 569-582). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-321-6.

Rodríguez Goñi, M. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, Las Competencias Básicas en Formación Profesional: Las Maestras de la República como Herramienta Audiovisual para Trabajar la Igualdad (pp. 1349-1372). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Rodríguez Lima, T. (2020) Comunicación desde una Perspectiva de Género: Artes, Medios y otras Tecnologías, Baque Mulher Lisboa: Música e Feminismo (pp. 75-92). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-47-8.

Sancha Vázquez, J. (2021) Nuevos Retos y Perspectivas de la Investigación en Literatura, Lingüística y Traducción, Sexualizar la Lengua o Castrarla: Nuevas Aproximaciones a la Bilateralidad entre Género y Sexo desde la Sociolingüística Cognitiva (pp. 1501-1517). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-325-4.

Sandoval Martín, T. (2021) Estudios de Género en Tiempos de Amenaza, La Expansión de los Sesgos de Género con la Inteligencia Artificial (pp. 566-582). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-327-8.

Sánchez Martínez, S. (2021) Nuevos Retos y Perspectivas de la Investigación en Literatura, Lingüística y Traducción, Rescate del Olvido, Inclusión de las Escritoras y Revisión de los Cánones en los Libros de Texto (pp. 744-764). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-325-4.

Torres López, N. M. (2021) Nuevos Retos y Perspectivas de la Investigación en Literatura, Lingüística y Traducción, Género Literario Chick-Lit: La Imagen de la Mujer del Siglo XXI (pp. 922-942). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-325-4.

Urban, P. (2022). *Feminismo en la Ingeniería Civil*. Universidad de Sevilla. https://bit.ly/3wW2eY0

Valhondo Crego, J. L. (2020) Comunicación desde una Perspectiva de Género: Artes, Medios y otras Tecnologías, Negociando la Identidad Masculina a través de la Parodia del Cine Clásico: El Caso de Sueños de un Seductor (pp. 131-153). Egregius Ediciones. ISBN 978-84-18167-47-8.

Varela, N. (2013) Feminismo para principiantes, B de Bolsillo (Ediciones B) ISBN 978-84-9872-873-6.

# INNOVACIÓN DOCENTE UTILIZANDO VÍDEOS CORTOS PARA LA ASIGNATURA PROCESOS DE FABRICACIÓN

PETR URBAN
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

Tik Tok es una red social que rompe el statu quo no solo en Internet, sino en general en términos de comunicación virtual y funcionamiento en el mundo digital. La fuerte competencia de Instagram y Facebook (las redes sociales más extendidas en el mundo hasta la fecha) viene de China y, como toda innovación, tiene dos caras de la moneda. Populariza el formato de video y brinda un trabajo creativo intuitivo incluso para los más jóvenes.

La historia de Tik Tok (Martínez, 2021) se remonta hasta el año 2017, cuando la empresa china Byte Dance compró Musica.ly con 0,5 millardos de usuarios. Aunque nunca se ha anunciado oficialmente el monto exacto de la transacción, se estima que Byte Dance pagó entre $ 0,8 millardos y $ 1 millardo por Musica.ly. Musica.ly fue extremadamente popular en China, permitiendo ver videos musicales y crear videos propios de hasta 60 segundos de canciones populares, que los usuarios luego compartían con sus seguidores. Byte Dance fusionó su propio desarrollo con la empresa adquirida Musica.ly y lanzó una aplicación móvil llamada Tik Tok. El objetivo era expandirse a los mercados occidentales, especialmente a los mercados de los Estados Unidos de América. En China, la aplicación Tik Tok está disponible con el nombre Douyin. Los medios identificaron por primera vez a Tik Tok como la red social de más rápido crecimiento, saltando de 130 millones de descargas (en 2017) a 660 millones de descargas nuevas (en 2018).

El propósito del Tik Tok es crear y compartir videos cortos. La aplicación móvil permite a los usuarios crear videoclips cortos con una duración de 3 segundos a 3 minutos, principalmente, sobre temas como baile, karaoke, bromas, vídeos con mascotas, desafíos y disparates. Tik Tok (lanzamiento en 2016) es utilizado por 800 cada mes y su base de usuarios crece más rápido que la mayoría de las redes sociales, incluido Facebook (lanzamiento en 2004) con 2,5 millardos de usuarios, You Tube (millones de personas lanzamiento en 2005) con 2,0 millardos de usuarios, WhatsApp (lanzamiento en 2009) con 1,7 millardos de usuarios o Instagram (lanzamiento en 2010) con 1,1 millardos de usuarios (Padilla Castillo, 2021).

Los usuarios de la red social Tik Tok son, principalmente, jóvenes de la generación Z. El grupo de edad más común aquí es de 13 a 24 años. Además, entre los niños y niñas que tienen cuenta en alguna red social destacan Tik Tok e Instagram como redes sociales más usadas entre los menores de 9 a 14 años. En una posición menos destacada aparecen otras plataformas sociales como YouTube, Twitter o Snapchat. Sin embargo, Tik Tok ya no es solo para adolescentes y "una sala de juegos" para niños pequeños. Las estadísticas muestran que un tercio de los usuarios tienen más de 30 años (Sánchez Lizcano, 2021). Al mismo tiempo, las estadísticas muestran que los usuarios envejecen con la aplicación y no la abandonan. En China, Indonesia, Malasia y Arabia Saudita, la mayoría está ahora en el grupo de 25 a 34 años (mientras que antes era de 16 a 24 años). Aunque la mayoría de los usuarios de Tik Tok tienen entre 7 y 24 años, hay casos excepcionales en los que los perfiles de personas mayores, como 50, son populares. Un ejemplo es el abuelo "Grandad Joe", quien tien 87 años y 2,5 millones de seguidores. También resultó exitoso el proyecto "Blinding Lights Challenge", en el que participaron muchos padres de niños que están en Tik Tok. Sin embargo, la mayor parte del contenido en el Tik Tok mucha gente clasificaría como "Tonterías". La generación mayor de 30 años, que no está cerca de Internet y de las redes sociales, muchas veces no entiende por qué alguien hace este tipo de videos, por qué los comparte y cómo alguien puede pasar tanto tiempo viendo esta red social. La red social Tik Tok muestra claramente el pensamiento diferente de las generaciones individuales y las

diferentes percepciones del mundo (especialmente entre la generación Z nacida entre 1995 y 2010 y la Generación X nacida hasta 1980).

El objetivo de la mayoría de los videos en Tik Tok es probar hacer algo diferente, divertirse, huir un rato de la realidad, poder vivir de otra manera, probar un rol diferente, conectarse con la gente, interactuar, inspirar y también ser parte de un grupo. Sin embargo, hay un grupo de Tik Tokers (creadores del contenido en Tik Tok) que ganan dinero por tener muchos seguidores de sus videos. Los 5 mejores Tik Tokers en el mundo son los siguientes (Véliz, 2022):

1. Charli D'Amelio (@charlidamelio) con 142 millones de seguidores.
2. Khabane Lame (@khaby.lame) con 142 millones de seguidores.
3. Bella Poarch (@bellapoarch) con 90 millones de seguidores.
4. Addison Rae (@addisonre) con 88 millones de seguidores.
5. Zach King (@zachking) con 70 millones de seguidores.

La Tik Toker más vista Charli D'Amelio se hizo famosa por sus creaciones de danza.

Sin embargo, el Tik Tok se puede utilizar no solo para bailar y cantar, pero también para crear contenido de aprendizaje. Como ejemplos se pueden mencionar el español para extranjeros (Solano Solano, 2020), la lengua castellana y literatura en la secundaria (Blanco, 2021 y Solano Solano, 2021), el grado de derecho (Rosado Villaverde, 2021), el grado de bellas artes (Marín-Cepeda, 2021), como promover la internacionalización de los estudiantes universitarios (Manchado Nieto, 2020), como mejorar la atención de los estudiantes universitarios en Tik Tok (Canuto, 2021) y como implementar videos en la docencia universitaria (Ribera Puchades, 2021 y Martí Climent, 2021).

Tik Tok es muy intuitivo y todo el proceso de hacer videos es muy simple. Se pueden filtrar los videos creados, ajustar la velocidad, compilarlos con otros cuadros o videos y, por supuesto, también se puede insertar un fondo musical. Se puede transformar la voz, agregar efectos visuales y varias pegatinas estáticas o en movimiento. Finalmente, se puede agregar una breve leyenda al video y agregar hashtags relevantes. Los

hashtags funcionan casi como en el Instagram, aumentando el alcance y clasificando los videos en categorías imaginarias y áreas de interés. Sin embargo, no tienen un peso tan fuerte como en el Instagram. Por el contrario, se pone mucho más énfasis en el tiempo que los espectadores pasan viendo el video, interactuando (me gusta y comentarios) y consumiendo contenido similar. El video se puede configurar para que aparezca privado, para tus amigos (seguidores) o público, cuando cualquiera pueda verlo.

¿Te gustaría ganar dinero en el Tik Tok? Por lo general, hay que alcanzar unidades más altas de miles de seguidores para que los videos reciban suficientes vistas para colaboraciones interesantes y posibles ventas o regalos. Se habla de un límite mínimo imaginario de 10 000 seguidores, pero lo cierto es que es individual. Dependerá mucho del perfil de los seguidores.

Por supuesto, existen también peligros y riesgos en el Tik Tok. La red social Tik Tok ha recibido muchas etiquetas de peligro y riesgo por parte de los medios. Lo cierto es que la cantidad de vídeos que suben y comparten los usuarios es enorme. Los controles no son suficientes, por lo que no es de extrañar que aquí aparezcan videos que son inapropiados o extremadamente peligrosos socialmente en su contenido. Dichos videos no pueden detectarse simplemente mediante el aprendizaje automático, sino que se deben realizar comprobaciones manuales, que no son una prioridad por parte de la empresa Byte Dance. El crecimiento del número de usuarios registrados y la cantidad de contenido compartido es una prioridad. Millones de seguidores y millardos de me gusta no es lo único que se acumula en Tik Tok. Al mismo tiempo, se está recopilando una gran cantidad de hoax (Blasco Vela, 2021) (es un bulo o mentira difundida deliberadamente para que parezca como si estuviera un mensaje verdadero), comentarios ridículos, trolls (personas que publican comentarios para provocar y que son irrelevantes con el propósito de afectar negativamente a los lectores), comentarios críticos que se convierten en ciberacoso, killingstalking (videos que muestran a menores poniéndose cuchillos en la garganta y fingiendo abusar de otros menores), amenazas, videos pornográficos, mensajes de acoso sexual, videos para promover suicidios y podríamos seguir. Ya se conocen casos en los que la

Policía investigó algunos delitos en base a videos de la red social Tik Tok.

Otra característica polémica en la red social Tik Tok es la libertad de expresión. No hace falta decir que Tik Tok no es una red social con libertad de expresión. Ya hay varios casos en los que un usuario ha sido bloqueado porque compartió "contenido inapropiado"; por ejemplo, señaló problemas sociales y étnicos en China y Asia. Sin embargo, en 2020 fuimos testigos de que otras redes sociales no respetan la libertad de expresión y censuran contenidos según sus propias reglas. Tras la crisis del coronavirus y una serie de teorías de conspiración sobre 5G, Facebook, YouTube y Twitter bloquearon varias cuentas, tanto de influencers como de medios.

Por otro lado, Tik Tok podría ser utilizado por algunos países para amenazar a la seguridad nacional de otros países. El presidente de los Estados Unidos, Donald Trump, identificó a Tik Tok como una amenaza para la seguridad nacional y estaba considerando prohibirlo por completo en los Estados Unidos. Uno de los argumentos más fuertes es la amenaza de mal uso de los datos personales por parte del gobierno chino. Tik Tok está obligado a transmitir datos e información sobre los usuarios a pedido del gobierno chino. Tik Tok es utilizado por unos 165 millones de usuarios en los Estados Unidos. El 6 de agosto de 2020, Donald Trump prohibió a las empresas estadounidenses hacer negocios con la empresa china Byte Dance. El 14 de agosto de 2020, emitió una orden de ultimátum de 90 días para que Byte Dance vendiera sus activos y datos recopilados de usuarios estadounidenses. Microsoft y Twitter negociaron la adquisición. Sin embargo, no se llegó a ningún acuerdo. Donald Trump ha ordenado a todas las tiendas de EE. UU. que retiren Tik Tok y WeChat (propiedad de Tencent) de sus tiendas. En los EE. UU., no es posible (desde el octubre de 2020) descargar las aplicaciones Tik Tok y WeChat en Apple Store o Google Play. No obstante, quienes tengan instalada la aplicación podrán seguir utilizándola sin restricciones.

Entre otras restricciones del Tik Tok es la edad mínima para poder utilizar esta red social. Tik Tok no permite oficialmente que los usuarios menores de 13 años se registren. El mismo límite de edad se establece

para redes sociales como Facebook o Instagram. En la práctica, es simplemente cuestión de hacer clic y aceptar las condiciones de uso de la aplicación, lo que significa que no hay más controles de edad. Por lo tanto, la aplicación móvil Tik Tok puede ser instalada por usuarios menores de 13 años. Sin embargo, esto está oficialmente prohibido por la aplicación.

Teniendo en cuanta todos los pros y contras, es posible que Tik Tok no es la aplicación idónea para los fines que uno está buscando. En este caso, existen otras aplicaciones que se parecen al Tik Tok pero cada una con sus particulares diferencias que podría ser la razón para utilizar una u otra. Entgre las más conocidas son Byte, Clash, Dubsmash, Funimate o Triller.

Y al final, ¿consejos para los interesados? Tik Tok está aquí para todos y no importa la edad que tengas. El dinamismo de esta red social es realmente enorme y cambia todos los días. La única forma de tener éxito es estar activo en la plataforma todos los días y experimentar.

## 2. OBJETIVOS

Este proyecto tiene dos objetivos principales. En el primer lugar, crear contenido en forma de vídeos didácticos cortos (como máximo de 3 minutos) y subirlo a la red social Tik Tok. Así, los estudiantes tendrán acceso a un material didáctico novedoso y muy cercano a sus hábitos cotidianos. Y, en el segundo lugar se ha elaborado una encuesta donde los estudiantes podrían expresar su opinión sobre la red social Tik Tok en general y el material docente en la plataforma de Tik Tok en particular.

## 3. METODOLOGÍA

En la red social Tik Tok se ha creado un usuario “Profe Petr” y una cuenta “procesos_de_fabricacion”. Para acceder a esta cuenta se puede utilizar tanto el buscador en la aplicación Tik Tok o directamente mediante la URL “https://www.tiktok.com/@procesos_de_fabricacion”.

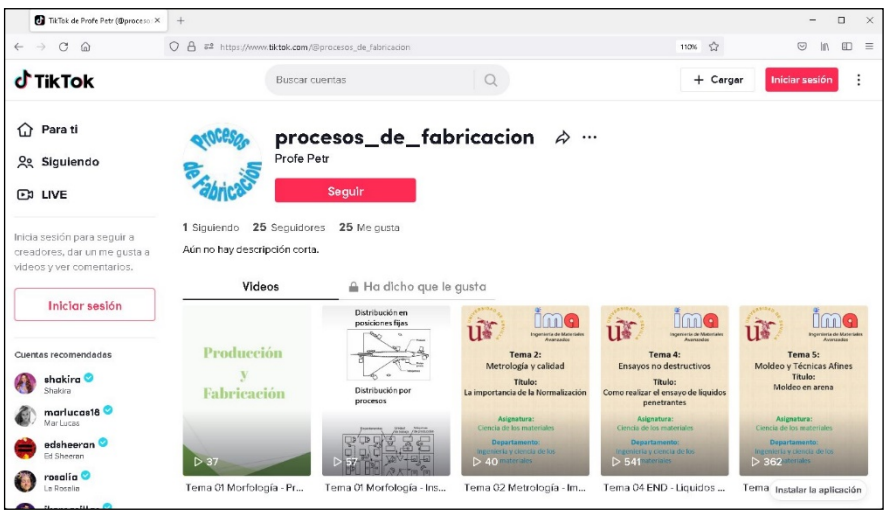
En el caso de la elaboración de la encuesta se ha utilizado el servicio de la aplicación de Google Forms. En total han participado unos 47

estudiantes del grado de ingeniería electrónica industrial y doble grado de ingeniería eléctrica y electrónica industrial. La encuesta tiene en total 10 preguntas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusión se pueden dividir en dos partes bien separadas. Por un lado, se explicarán las características de la cuenta en Tik Tok que contiene algunos videos didácticos orientados para la asignatura de Procesos de fabricación en el grado de ingeniería electrónica industrial y doble grado de ingeniería eléctrica y electrónica industrial (Figura 1). Por otro lado, se mostrarán los resultados de la encuesta donde los estudiantes podrían opinar sobre las redes sociales en general y sobre los videos didácticos en la cuenta de Tik Tok en particular.

***FIGURA 1.*** *La cuenta de la asignatura Procesos de fabricación en la red social Tik Tok.*




Fuente: elaboración propia

### 4.1. La red social Tik Tok y la asignatura Procesos de fabricación

Se ha creado una cuenta en la red social Tik Tok (Figura 1), principalmente, con dos propósitos. Los estudiantes podrían crear sus propios

videos didácticos o podrían simplemente consumir el contenido audiovisual. La creación de los vídeos por parte de los estudiantes ha sido una tarea no obligada y el único requisito ha sido que el contenido tenía que tener alguna relación con la asignatura de Procesos de fabricación. Los estudiantes podrían utilizar una plantilla específicamente diseñada en el Power Point para crear vídeos para Tik Tok o podrían crear videos desde cero por su cuenta con su propio diseño o guion. Actualmente, la cuenta tiene 9 videos didácticos, 25 seguidores 25 me gusta y unas 1 200 reproducciones.

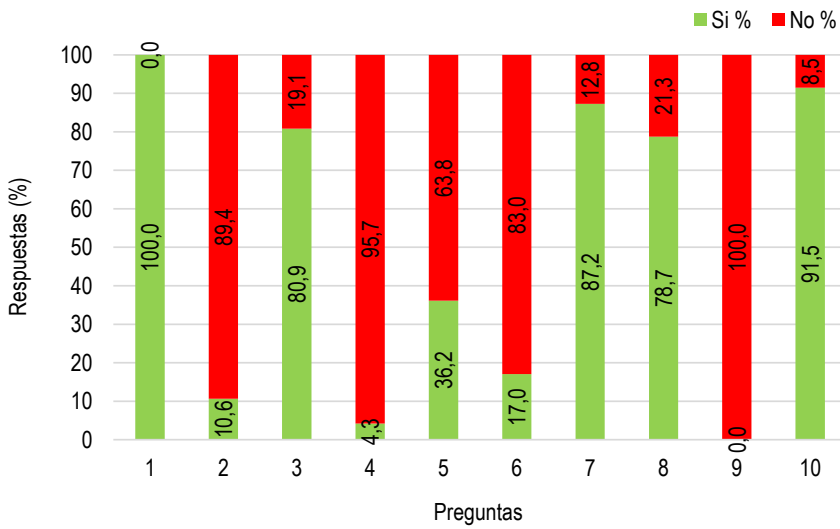
### 4.2. Encuesta sobre la red social Tik Tok

Al final del cuatrimestre se ha enviado a los estudiantes una encuesta (Grafico 1) para que podríamos determinar la popularidad de la red social Tik Tok entre los estudiantes y que opinión tienen los estudiantes sobre los videos didácticos de Procesos de fabricación en el Tik Tok. Los resultados de las preguntas se exponen a continuación.

#### 4.2.1. ¿Conoces la red social Tik Tok o has visto algún video en esta plataforma?

El principal problema de la mayoría de las aplicaciones o programas informáticos, para utilizarlos en la docencia, es que los estudiantes no conocen su funcionamiento y antes de aprender el contenido de la asignatura hay que aprender manejar la aplicación o el programa. En el caso de la red social Tik Tok no es necesario enseñarles a los estudiantes como funciona, ya que, todos los estudiantes conocen muy bien la aplicación Tik Tok y saben manejarla sin la necesidad de más explicaciones. Esta respuesta era de esperar, debido a que en todo el mundo hay actualmente unos 800 millones de usuarios de la red social Tik Tok (Padilla Castillo, 2021). Dicho con otras palabras, una de cada siete personas en el mundo utiliza el Tik Tok. Evidentemente, es muy probable, que en los países menos desarrollados tecnológicamente la proporción será mayor y en los países desarrollados como, por ejemplo, España la proporción es menor. Además, estamos preguntando a estudiantes universitarios, y las personas con nivel de educación más alta suele utilizar más a menudo la informática en general y las redes sociales en particular.

***GRÁFICO 1.*** *Las preguntas y las respuestas de los estudiantes sobre la red social Tik Tok. 1) ¿Conoces la red social Tik Tok o has visto algún video en esta plataforma? 2) ¿Eres Tik Toker? Persona que crea contenido en la red social Tik Tok. 3) ¿Crees, que en la red social Tik Tok se puede crear contenido educativo? 4) ¿Has visto en la red social Tik Tok algún video educativo? 5) ¿Crees, que es mejor la red social Tik Tok que You Tube para publicar videos educativos? 6) ¿Crees, que los videos en la red social Tik Tok con la duración máxima de 3 minutos es tiempo suficiente para videos didácticos? 7) ¿Te gusta el material docente creado en la red social Tik Tok para la asignatura Procesos de fabricación? 8) ¿Crees, que el material docente en la red social Tik Tok puede mejorar tus conocimientos de la asignatura Procesos de fabricación? 9) ¿Ofrecen otros profesores en otras asignaturas en tu carrera material docente creado en la red social Tik Tok? 10) ¿Deberían ofrecer otros profesores en otras asignaturas en tu carrera material docente creado en la red social Tik Tok?*




Fuente: elaboración propia

4.2.2. ¿Eres Tik Toker? Persona que crea contenido en la red social Tik Tok.

Por otro lado, hay muchos menos estudiantes que se consideran ser los llamados Tik Tokers, tan solo unos 10,6%. Un Tik Toker es una persona que crea vídeos y los sube a la red social Tik Tok. Normalmente un Tik Toker pretende que sus videos tengan un gran número de visitas y comentarios, y que su cuenta del Tik Tok tenga un gran número de seguidores. Los vídeos más visitados se denominan vídeos virales. Incluso,

existen manuales para explicar que hay que hacer para que hay más probabilidad que un vídeo se convierta en el contenido viral. Sin embargo, en nuestro caso (nuestra cuenta educativa en Tik Tok) no se pretende capturar la atención a mayor número posible de personas, sino que, se quiere conseguir que nuestros videos vean personal, principalmente estudiantes de ingenierías, que necesitan aprender y entender Procesos de fabricación.

#### 4.2.3. ¿Crees, que en la red social Tik Tok se puede crear contenido educativo?

La red social Tik Tok tiene, evidentemente, algunas ventajas y otras inconvenientes frente a las demás redes sociales para difundir contenido educativo. Probablemente, la inconveniente más cuestionada es la duración de los vídeos. Los vídeos, en la red social Tik Tok pueden tener como máximo unos 3 minutos. Seguramente, la mayoría de los profesores puede opinar que en menos de 3 minutos es prácticamente imposible explicar algo en condiciones. Además, por ejemplo, para aprender la asignatura de Procesos de fabricación hacen falta unas 49 horas de clases magistrales y 11 horas de clases prácticas. Si quisiéramos explicar todo el temario en videos de 3 minutos, necesitaríamos crear unos 1 200 vídeos educativos. Parece muy poco adecuada esta red social para crear contenido educativo, sin embargo, la gran mayoría de los estudiantes, unos 80,9%, cree, que en la red social Tik Tok se puede crear contenido educativo. A lo mejor, no hace falta explicarlo todo mediante vídeos cortos, sino que, explicar solo cuestiones muy concretas con una manera rápida pero lo más eficiente posible. Si se consigue crear contenido educativo muy corto pero muy bien explicado, los primeros beneficiarios de este contenido serán nuestros estudiantes y la calidad de nuestras asignaturas aumentará considerablemente.

#### 4.2.4. ¿Has visto en la red social Tik Tok algún video educativo?

De momento parece, según la encuesta, que en la red social Tik Tok hay muy poca cantidad de contenido educativo. Tan solo 4,3% de los estudiantes han visto en la red social Tik Tok algún video educativo. Pueden darse dos explicaciones de este hecho. Por un lado, que la red social Tik

Tok no es adecuada para este tipo de contenido, probablemente, (y como se ha explicado en la pregunta anterior) debido al tiempo limitado de los vídeos. O, por otro lado, que la red social Tik Tok parece ser a priori para consumir videos divertidos y de entretenimiento más que para aprendizaje y que existe un cierto vacío no aprovechado por los docentes para usar el gran potencial de esta red social para crear y difundir contenido educativo. Lo cierto es, que unos 80,9% de los estudiantes creen, que en la red social Tik Tok se puede crear contenido educativo. Esto tiene que ser la razón por la cual deberíamos, por lo menos intentar utilizar la red social Tik Tok para crear material docente diferente y complementario a los materiales docentes clásicos como libros de texto o presentaciones en Power Point.

4.2.5. ¿Crees, que es mejor la red social Tik Tok que You Tube para publicar videos educativos?

Tan solo 36,2% de los estudiantes cree, que la red social Tik Tok es mejor medio para difundir contenido educativo que el You Tube. Hay que mencionar, otra vez, que en el Tik Tok la duración máxima de un vídeo son 3 minutos. Por lo contrario, en el You Tube se pueden ver vídeos muy largos, incluso de varias horas o en algunos casos extremos de hasta 200 horas que son unos 8 días y 8 horas (Paverick, 2022). Además, los vídeos en You Tube se pueden unir según algún aspecto común mediante una lista de reproducción. Y, probablemente, la mayoría de las personas, si busca un manual o una explicación de algo, lo hará seguramente en el You Tube y no en el Tik Tok.

4.2.6. ¿Crees, que los videos en la red social Tik Tok con la duración máxima de 3 minutos es tiempo suficiente para videos didácticos?

Es muy complicado responder a esta pregunta. Unos 83,0% de los estudiantes cree, que la duración máxima de 3 minutos de los videos en la red social Tik Tok no es tiempo suficiente para la creación y consumo de los videos didácticos. Las respuestas son muy relativas. Depende, principalmente de varios factores como el tipo y la dificultad de la cuestión, la capacidad del docente para explicar dicha cuestión, Los conocimientos previos de los estudiantes, etc. En el primer lugar, hay que tener

en cuente que es lo que se quiere explicar. Para explicar conceptos más complejos se necesita más tiempo y no se puede utilizar el Tik Tok, sin embargo, en estos casos podría ser posible dividir un concepto complejo en conceptos parciales y explicar varios conceptos parciales en varios videos por separado. Y en este caso sí se podría utilizar el Tik Tok. En el segundo lugar, el papel fundamental tiene el docente Tik Toker y cuál es su capacidad de enfocar el problema y diseñar una respuesta clara, rápida y contundente. Y, por último, si los estudiantes tienen una buena base de conocimientos previos, se puede empezar a explicar en el video didáctico directamente el fundamento del problema sin tener que perder tiempo con explicaciones secundarias o laterales.

#### 4.2.7. ¿Te gusta el material docente creado en la red social Tik Tok para la asignatura Procesos de fabricación?

A unos 87,2% de los estudiantes gusta el material docente creado en la red social Tik Tok para la asignatura Procesos de fabricación. El primer paso para que los estudiantes aprendan de forma eficaz es su positiva relación con el tipo de soporte en el cual se presenta el material docente. Incluso antes de empezar cuestionar la propia calidad docente del contenido, es muy importante también elegir correctamente la presentación del contenido. Es muy probable, que, si facilitaremos a los estudiantes exactamente el mismo contenido, pero presentado de maneras diferentes, por ejemplo, un contenido en formato (soporte) de texto simple y el mismo contenido en formato (soporte) de realidad aumentada, los estudiantes aprenderán más fácilmente mediante el soporte con el cual tienen vinculo más positivo. Probablemente aprenderían más fácilmente utilizando la realidad aumentada porque prestarían más interés para aprender. Lo mismo podría ocurrir con el Tik Tok. Como Tik Tok está relacionado, principalmente, con vídeos de entretenimiento, los estudiantes podrían percibir los vídeos didácticos como entretenimiento y no como algo educativo y obligatorio.

4.2.8. ¿Crees, que el material docente en la red social Tik Tok puede mejorar tus conocimientos de la asignatura Procesos de fabricación?

Unos 78,7% de los estudiantes creen, que el material docente en la red social Tik Tok puede mejorar sus conocimientos en la asignatura Procesos de fabricación. Es, prácticamente, casi la misma cantidad de estudiantes que, en la pregunta anterior, respondieron, que les gusta este material docente. Se confirma que, si a algún estudiante le gusta un determinado tipo de enseñanza, entonces este estudiante cree, que es fácil o que se puede aprender algo utilizando dicho tipo de enseñanza. Este material docente tiene muy buena respuesta por parte de los estudiantes y merece la pena seguir creando más vídeos didácticos y mejorar tanto la calidad como la cantidad del contenido en la cuenta del Tik Tok.

4.2.9. ¿Ofrecen otros profesores en otras asignaturas en tu carrera material docente creado en la red social Tik Tok?

Parece, que no existe ningún material docente utilizando Tik Tok en los programas docentes en otras asignaturas, por lo menos, hasta el tercer curso del grado de ingeniería electrónica industrial y del doble grado de ingeniería eléctrica y electrónica industrial. En general, los profesores prefieren basar su docencia, principalmente, en las clases magistrales introduciendo poco o ningún contenido basado en TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación).

4.2.10. ¿Deberían ofrecer otros profesores en otras asignaturas en tu carrera material docente creado en la red social Tik Tok?

Unos 91,5% de los estudiantes cree, que los profesores en otras asignaturas deberían ofrecer material docente creado en la red social Tik Tok. Este resultado se debe a que la mayoría de los estudiantes pertenecen a la generación Z (personas que han nacido entre 1995 – 2005), por lo cual, tienen una muy buena base en el uso de las nuevas tecnologías. Estos estudiantes esperan, que en los estudios universitarios los profesores incorporarán en la enseñanza material docente innovador con alto nivel tecnológico.

Como resumen se puede destacar que, por un lado, los estudiantes conocen muy bien la red social Tik Tok e, incluso, algunos de ellos son creadores de contenido audiovisual en esta plataforma. Por otro lado, los estudiantes tienen altas expectativas sobre el Tik Tok y su uso educativo y ven con buenos ojos cualquier material docente innovador utilizando nuevas tecnologías. La sociedad, las universidades y los docentes deberían reflexionar si ahora no es el momento para empezar a transformar poco a poco las clases magistrales a clases de contraste aprovechando el buen conocimiento que tienen los estudiantes en el ámbito de las nuevas tecnologías.

## 6. CONCLUSIONES

Como conclusiones se puede mencionar que se ha creado una cuenta en la red social Tik Tok. Los estudiantes han participado de forma activa en la creación de contenido audiovisual. Con el tiempo estaba creciendo de forma continua la cantidad de seguidores, me gustas y visualizaciones de los videos didácticos. Y, por último, que los estudiantes mostraron, mediante una encuesta, una relación muy positiva tanto con la plataforma Tik Tok como con el contenido educativo que se ha utilizado como material docente en paralelo con el material docente convencional (libros de texto y presentaciones en Power Point).

## 7. REFERENCIAS

Blanco, A. (2021). Aprender desde la perspectiva de las ecologías: una experiencia en Secundaria a través del teatro y de Tiktok. Educatio Siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación, 39(2), 169-190. https://doi.org/10.6018/educatio.465551

Blasco Vela, A.T. (2021) Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, La Experiencia de la Academia Fake Hunters. Educomunicación frente a la Posverdad y Fake News (pp. 1524-1543). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Canuto, T. (2021) Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI, Los Memes: La Revolución Educativa (pp. 944-970). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-592-0.

Manchado Nieto, C. (2020) EDUNOVATIC2020, Internacionalizar en Casa Fomentando la Competencia Intercultural en la UEx (pp. 514-515). Adaya Press. ISBN 978-84-09-22967-3.

Marín-Cepeda, S. (2021) Docencia, Ciencia y Humanidades: Hacia un Enseñanza Integral en la Universidad del Siglo XXI, El museo en TikTok (pp. 102-119). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-320-9.

Martí Climent, A. (2021) Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI, El Repertorio de Recursos Tecnológicos para la Docencia del Futuro Profesorado (pp. 2122-2147). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-592-0.

Martínez, F. (2021). *El libro de TikTok*. Social Business. ISBN: 978-84-415-4360-7

Padilla Castillo, G. (2021). Luces en el Camino: Filosofía y Ciencias Sociales en Tiempos de Desconcierto, Publicidad de Medicamentos en Instagram. El Caso de las Toallitas Antibióticas (pp. 1141-1158). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-322-3.

Paverick, M. (2022). Video del temporizador de cuenta regresiva de 200 horas. You Tube. https://bit.ly/39RL98U

Ribera Puchades, J.M. (2021) Medios Digitales y Metodologías Docentes, Cuatro Propuestas para la Implementación del Uso del Vídeo en la Docencia Universitaria (pp. 113-122). Adaya Press. ISBN 978-84-124511-0-8.

Rosado Villaverde, C. (2021) Economía, Empresa y Justicia. Nuevos Retos para el Futuro, El Arte de Contar Historias. Un Nuevo Camino para Transmitir el Derecho (pp. 1778-1793). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-326-1.

Sánchez Lizcano, A. (2021). Oportunidades y Retos para la Enseñanza de las Artes, la Educación Mediática y la Ética en la Era Postdigital, Análisis del Comportamiento Postconfinamiento Respecto al Consumo de Contenidos Digitales de Niños Pre-Adolescentes y Jóvenes en el Hogar (pp. 1600-1619). Dykinson S.L. ISBN 978-84-1377-594-4.

Solano Solano, M.C. (2020) EDUNOVATIC2020, El Uso del Móvil como Herramienta Didáctica en el Aula de ELE (pp. 1087-1090). Adaya Press. ISBN 978-84-09-22967-3.

Solano Solano, M.C. (2021) Medios Digitales y Metodologías Docentes, El Móvil como Recurso Didáctico en el Aula de Secundaria (pp. 175-185). Adaya Press. ISBN 978-84-124511-0-8.

Véliz, D. (2022). *Top 10: los tiktokers con más seguidores del mundo (2022)*. Marketing 4 commerce. https://bit.ly/3zVU0RA

# DISTANCIA INSTITUCIONAL EN RELACIÓN A LA METODOLOGÍA DOCENTE EN UN CURSO DE MECÁNICA DE FLUIDOS EN INGENIERÍA AEROESPACIAL. UN ENFOQUE DESDE LA TEORÍA ANTROPOLÓGICA DE LO DIDÁCTICO

JOSÉ LUIS DÍAZ PALENCIA
*Universidad Francisco de Vitoria / Universidad a Distancia de Madrid*

PEDRO VIVAS CABALLERO
*Universidad Francisco de Vitoria*

ANTONIO NARANJO REDONDO
*Schiller International University*

MARÍA CLARA MATUTANO MOLINA
*Universidad Francisco de Vitoria*

## 1. INTRODUCCIÓN

La mecánica de fluidos constituye una asignatura básica y de notable relevancia en las titulaciones de contenido técnico o científico. En la formación del ingeniero, se hace imprescindible para afrontar con éxito futuras cuestiones profesionales tales como las relacionadas con la gestión y almacenaje de la energía contenida en un medio continúo fluido. Aspecto éste último de enorme actualidad y relevancia social.

La mecánica de fluidos es una asignatura impartida en los cursos medios de las titulaciones técnicas o científicas, pudiéndose relacionar con una, cada vez más asentada, madurez científica de los estudiantes. La mecánica de fluidos establece su inicio, como requisito a conocer, en las ciencias físicas y matemáticas de los primeros cursos de formación en ingeniería. A partir de éstas, se configura un punto de encuentro que permite la extensión del razonamiento cuantitativo hacia fenómenos naturales y

observables. Ahora es clave la identificación del objeto existente y continúo a estudiar y la comprensión con cierto rigor de las leyes matemáticas y físicas que soportan como pilares el ejercicio de conceptualización y modelización. Además, se lleva a cabo la incipiente constitución de un espíritu crítico en la interpretación del resultado cuya validez requiere de un ejercicio de calibración con la realidad objeto de estudio. Desde la madurez científica que proporciona un curso de mecánica de fluidos, los estudiantes adquieren competencias para cursar ramas aplicadas a su ámbito futuro de especialización dentro de la titulación: hidráulica, motores térmicos, plasmas, aerodinámica, aeroeslasticidad, etc.

La relevancia de los modelos matemáticos propios de la mecánica de fluidos se explica desde sus ámbitos de aplicación a los fenómenos reales que tratan de modelar. Freudenthal (1983) introdujo el concepto de inversión y conversión para justificar como un conocimiento matemático surgido de la experiencia real y tangible acaba convirtiéndose en una forma cada vez más condensada y abstracta, erigiéndose en un contenido matemático universal. La mecánica de fluidos puede entenderse como una ciencia surgida desde la observación y la experimentación (recordamos los estudios de Da Vinci, Galileo o Torricelli sobre hidráulica experimental) que, en un momento dado del tiempo, comienza una escalada orientándose hacia la economía del concepto para llegar a formar superestructuras cognitivas próximas a las matemáticas. De hecho, uno de los grandes desafíos matemáticos de nuestro tiempo, la resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes, surge desde la aplicación de patrones de conocimiento y razonamiento propios de la mecánica de fluidos. En esta línea de pensamiento, se concibe el carácter riguroso de las matemáticas y las bases de aplicación de la mecánica de fluidos como una simbiosis única que permite la segregación entre el ámbito teórico y el ámbito aplicado. La concepción de la mecánica de fluidos como una matemática aplicada y experimental es apropiada, ya que permite otorgar de sentido a materias como el cálculo diferencial, el álgebra, las ecuaciones diferenciales o el cálculo numérico. Autores como Harris, Black, Hernandez-Martínez, Pepin y Williams (2015) ponen el énfasis en como la integración de las matemáticas en las ciencias aplicadas evita

que esta ciencia se pueda percibir como aislada del ámbito científico o técnico. El hecho de que la mecánica de fluidos y las matemáticas compartan el principio de inversión y conversión así como que ambas constituyan un frente simbiótico en las titulaciones de ingeniería y ciencias, sugiere la posibilidad de aplicar la teoría antropológica de lo didáctico (TAD) de Chevallard (1986) que ha sido ampliamente tratada para el ámbito de la didáctica de las matemáticas (también en sus formas aplicadas). Por lo tanto, se han seleccionado aquellos autores y referencias que han puesto el énfasis en un desarrollo de la TAD desde una matemática aplicada y se han buscado puntos comunes con las posibilidades de encuentro que ofrece la mecánica de fluidos.

Como se ha expuesto, el hecho de que las matemáticas se constituyan como parte sustancial de la mecánica de fluidos, nos lleva a considerar aspectos como la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas o la capacidad de los docentes para ponerlas en valor en un contexto de aplicación a un objeto de estudio de interés en los ámbitos de la formación técnica y científica. Baquero, Bosch y Gascón (2007) sostienen que, en la institución universitaria, las matemáticas se construyen desde una perspectiva alejada del modelo o potencial de aplicación. De esta forma, defienden que las matemáticas constituyen una formación autónoma erigida como ciencia autosuficiente a pesar de encontrarse institucionalizada en el ámbito de las escuelas técnicas o facultades de ciencias aplicadas. En el presente análisis, tratamos de construir un marco de entendimiento sobre la relación existente entre la mecánica de fluidos, que se imparte en la educación terciaria, y el entorno social, la institución y los docentes. Desde el ámbito teórico que proporciona la TAD, empleamos herramientas y elementos clave de esta teoría poniendo el énfasis en la relación personal del docente con la mecánica de fluidos, la relación de la institución con la sociedad y el docente y la identificación de metodologías docentes centradas en la mecánica de fluidos. Observaremos como se perciben las metodologías docentes relacionadas con la mecánica de fluidos desde varios prismas: ingeniero profesional sin contacto con la Universidad, ingeniero ejerciendo como profesional en una empresa del sector y como profesor a tiempo parcial en la Universidad, profesor e investigador con experiencia en empresa y profesor e

investigador con experiencia única en la institución donde ejerce. Para cada uno de los perfiles seleccionados, integrantes del grupo de expertos poseedores del saber sabio, se ha llevado a cabo un cuestionario común con el objetivo de estudiar las relaciones y restricciones existentes en los niveles de sociedad, Universidad, pedagogía y disciplina dentro de la codeterminación entre la mecánica de fluidos y las metodologías didácticas.

### 1.2. Breve reseña Teórica

La enseñanza y aprendizaje de la mecánica de fluidos en los estudios terciarios ha estado ligada a criterios curriculares en relación con los niveles institucionales y de titulación a impartir. Desde la teoría de la transposición didáctica, partimos de la premisa de que cualquier conocimiento constituido en disciplina (como la mecánica de fluidos) se encuentra sometido a una super-estructrura institucional. Pensemos en dos instituciones concretas a las cuales asignaremos unas funciones determinadas en el marco del presente estudio: La Universidad, como centro de referencia del saber y conocimiento y la Empresa, como área competente del conocimiento aplicado y lugar de transformación del saber más general en tecnología demandada por la sociedad. En ambas instituciones, la mecánica de fluidos se desarrolla y se transforma a lo largo del tiempo. Ciertas nociones sobre la mecánica de fluidos, ciertas técnicas o teorías pueden permanecer desconocidas para una institución mientras que pueden ser desarrolladas ampliamente en otra. Este aspecto puede conducir a un aumento en la distancia entre ambas instituciones. Nos referiremos a este concepto como distancia o norma institucional. La distancia institucional entre la Universidad y la Empresa debería situarse en valores moderados para asegurar un óptimo funcionamiento de la noosfera asociada a la mecánica de fluidos. Esto permitiría asegurar un óptimo entendimiento entre instituciones como generadoras de conocimiento y potenciales aplicaciones en la disciplina que nos ocupa. No obstante, se hace necesario un análisis de la situación actual que aborde y permita entender el estado de la distancia institucional, con la intención de identificar potenciales áreas de mejora.

Nuestro objetivo requiere de un enfoque multidimensional que ponga de relieve todos los agentes que configuran la puesta en práctica del ejercicio docente en mecánica de fluidos. Aplicamos, consecuentemente, las ideas propias de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (en adelante TAD) de Chevallard (1999). La TAD ha sido ampliamente empleada para el análisis en la didáctica de las matemáticas, desde diferentes prismas, uno de ellos centrado en la elaboración de modelos típicos de la ciencia (Barquero, et al. 2007). De este modo, aceptamos la mecánica de fluidos como un saber con un elevado contenido matemático orientado a la modelización de sistemas másicos continuos. Gascón (2001) estableció, como génesis constructivista del conocimiento matemático, un esfuerzo centrado en la modelización de una realidad sobre la que opera dicho conocimiento. De este modo, dotamos a la didáctica de las matemáticas y la mecánica de fluidos de un hilo común donde las ideas generales de la TAD tienen cabida, permitiendo una extensión controlada desde el ámbito de la didáctica de las matemáticas al ámbito de la didáctica de la mecánica de fluidos. En esta misma línea, se hace necesario destacar que a lo largo del presente documento se da a conocer el problema de la modelización matemática como un elemento esencial de la mecánica de fluidos. Modelar es la actitud transformadora que permite la expresión rigurosa del pensamiento humano en el objetivo de ampliar la visión de la realidad observada. La aproximación hacia la realidad de la mecánica de fluidos, como ciencia, emana del paradigma actual de las ciencias físicas, de modo que su puesta en práctica debe contar con el apoyo sistemático de las leyes matemáticas. La mecánica de fluidos habilita a las matemáticas con una visión funcional, más allá de los aspectos formales, permitiendo una visión cercana al cuestionamiento del mundo, alejada del estudio monumentalista de los conceptos.

La visión de los diferentes recorridos de estudio e investigación (Chevallard, 2004) que emergen de la mecánica de fluidos constituyen un corpus de acción sobre el que desarrollar la perspectiva de pensamiento analítico, de operación y de cambio que configuran propiamente al ingeniero y su labor (Olaya, 2013).

La TAD formula que una Institución I es una organización social constituida por miembros sobre los cuales I establece una forma concreta de

hacer y de pensar (Chevallard, 2003, p.82). Cada miembro de una Institución I lleva a cabo su actividad en términos de una o varias praxeologías. Dichas praxeologías hacen referencia al tipo de tareas que debe realizar un miembro de una determinada institución haciendo uso de unas técnicas concretas. Además, el discurso tecnológico asociado a cada técnica concreta permite justificar el motivo por el cual se emplea una determinada técnica y no otra. El tipo de tareas, así como sus técnicas, fundamentadas en un discurso tecnológico propio de la Institución I, tiene un impacto directo en el comportamiento de cada miembro de la institución I. Es relevante destacar que, de acuerdo a la TAD, un cambio en el paradigma tecnológico de una determinada institución conlleva un cambio de discurso justificativo de sus técnicas, y por tanto, una potencial modificación de éstas, impactando sobre la prexeología de cada miembro de la institución.

La mecánica de fluidos es una ciencia propia con sus líneas de investigación características, revistas especializadas y ámbitos de formación e investigación en materia de doctorado. En la línea de Chevallard (1997), podemos distinguir tres actividades fundamentales que permiten explicar, a alto nivel, las interrelaciones entre el saber sabio de la mecánica de fluidos y el saber a enseñar en las instituciones, a saber: Proceso de estudio, organización temática y organización didáctica. Además, el propio Chevallard (2001) establece un isomorfismo entre los aspectos temáticos y de organización didáctica proponiendo una jerarquía o dimensión de estudio para llevar a cabo la asociación entre tema y didáctica. Centrando la atención en la jerarquía social, se hace relevante el entendimiento de cómo los actores que forman parte de la sociedad, como demandantes del saber, influyen en la organización temática y didáctica. Además, esa demanda permeabiliza sobre jerarquías inferiores dotándolas de sentido y estructura.

## 2. OBJETIVOS

- Medir la distancia institucional entre la universidad y la empresa en relación con la metodología docente empleada en la impartición de la mecánica de fluidos.

- Dar respuesta a la pregunta sobre si las metodologías docentes puesta en práctica en la universidad en relación con la mecánica de fluidos son aquellas especialmente demandadas por la empresa como agentes tecnológicos.
- Poner de relieve la opinión de expertos en la mecánica de fluidos procedentes de dos instituciones diferenciadas como la universidad y la empresa.

## 3. METODOLOGÍA

En primer lugar, se llevó a cabo una identificación de las instituciones con las se trabajó. En concreto, La institución I1 se refirió a la Escuela de Ingenieros Aeroespaciales adscrita a la Universidad Politécnica de Madrid mientras que la Institución I2 se refirió al consorcio aeroespacial Airbus. Ambas instituciones están geográficamente cerca una de la otra, por lo que es natural que muchos graduados tempranos en I1 comiencen su carrera profesional en I2

En segundo lugar, se llevó a cabo una campaña dedicada haciendo uso de las redes sociales y de las herramientas de difusión de la investigación para encontrar miembros adecuados, tanto de la empresa como de la universidad, que formen parte del estudio. Con este fin, se consideraron los perfiles de los investigadores en Google Scholar y ResearchGate junto con los perfiles profesionales que hacen uso de la red LinkedIn. En relación al nivel de muestreo, se mencionará que la intención es realizar un cuestionario a altos expertos en la materia, por lo que la premisa principal se centró en la alta calidad de los investigadores y profesionales más que en la cantidad de los encuestados. Así, los criterios de búsqueda se centraron en:

- Número de publicaciones científicas en revistas relevantes bajo la escala Journal Citation Report en Web of Science.
- Proyectos competitivos promovidos por los investigadores involucrados.
- Años de experiencia como profesional en una empresa.
- Puestos de responsabilidad desempeñados.

Algunos de los candidatos seleccionados para la siguiente fase eran competitivos en los cuatro criterios mencionados. Cuando esto sucedió, el investigador fue clasificado como un híbrido con competencias notables tanto en la Institución I1 como en la I2.

Nótese que los estudios comparativos con muestras reducidas ya han sido explorados en el marco de la TAD en Artigue y Winsløw (2010). y en relación a la TAD con el currículo en Trouche, et al. (2019). Siguiendo estos enfoques, se entrevistó a un total de diez expertos representativos. Cinco de los expertos trabajan actualmente como profesores e investigadores en mecánica de fluidos. Los cinco expertos tienen más de 400 horas de experiencia docente en mecánica de fluidos e ingeniería. Además, han publicado más de veinte artículos en revistas especializadas, con una tasa media de publicación de 36 artículos en revistas de impacto a lo largo de su trayectoria investigadora. Por otro lado, los otros cinco restantes expertos entrevistados son ingenieros que desarrollan su labor profesional en la empresa, donde han participado en proyectos de sistemas relacionados con fluidos en aeronaves militares y civiles. Uno de estos expertos tiene actividades de investigación y docencia con la universidad como profesor asociado en mecánica de fluidos. Nuestro objetivo es, pues, establecer un diálogo entre universidad y empresa en relación con las perspectivas docentes más habituales en I1 y más demandadas en I2. Desde aquí, se pretende medir el posible grado de distancia institucional existente.

Además, el cuestionario fue diseñado de acuerdo con la siguiente secuencia lógica de Stone (1993):

- Selección de Datos e ítems a incluir: Los datos a incluir se seleccionaron en base a los objetivos del cuestionario, es decir, profundizar en el conocimiento de la noosfera asociada a la Mecánica de Fluidos en un área local de España. Los datos que se incluyeron se basaron, en primer lugar, en los criterios de búsqueda de expertos descritos anteriormente.

- Definición y diseño de la pregunta guía: La pregunta fue formulada para permitir al experto generar opiniones, puntos de vista y sugerencias.

- Diseño y codificación de las posibles respuestas: La definición de la pregunta guía tenía la intención de permitir respuestas abiertas; por lo tanto, no se ha tenido en cuenta ninguna codificación específica.
- Proceso de lanzamiento de la pregunta guía: La pregunta fue enviada a los expertos por correo electrónico.
- Presentación e impresión de la pregunta en los expertos: Los expertos fueron contactados después del envío para verificar las posibles dudas sobre la redacción de la pregunta. Sobre la base de las respuestas de los expertos, se identificaron algunos patrones emergentes como se describe más adelante.

Además, durante el proceso de respuesta a la pregunta guía, se le pide a cada uno de los expertos encuestados que envíen un curriculum vitae abreviado prestando atención a los siguientes aspectos:

- Licenciatura o Ingeniería
- Máster (si lo hubiere)
- Doctorado (si lo hubiere)
- Ocupación Principal
- Colaboraciones con empresas públicas o privadas
- Colaboraciones con la Universidad

A continuación, se resume la información extraída del curriculum vitae de cada uno de los expertos:

Experto 1 (E1):

El experto E1 tiene un perfil principalmente académico. Posee una formación profunda en mecánica de fluidos. Sus líneas de investigación se centran en los campos de la combustión, la mecánica de fluidos y los métodos numéricos. Además, tiene en su haber colaboraciones con empresas en las que ha llevado a cabo estudios de diferente naturaleza relacionados con la mecánica de fluidos. Es gerente de una empresa dedicada al sector de la modelización en ingeniería térmica. Su puesto actual es de Profesor Titular de Universidad. De forma resumida:

- Ingeniero aeronáutico
- Doctor Ingeniero aeronáutico
- Profesor titular de Universidad
- Ha llevado a cabo estudios con empresas del sector público y privado en materia de modelización térmica. Además, sostiene una empresa dedicada al modelado de fluidos.

Por lo tanto, la relación personal del experto E1 se construye desde dos funciones profesionales diferentes: Profesor Titular de Universidad y Gerente de una empresa.

Expertos 2 (E2), 3 (E3), 4 (E4) y 5(E5):

Este grupo de expertos tiene un perfil académico y puede considerarse como un referente científico en la mecánica de fluidos. Sus líneas de investigación se centran en los campos de la combustión, la dinámica de chorros y los materiales semiconductores. Se trata de perfiles orientados casi exclusivamente al ámbito académico con alguna colaboración esporádica con la empresa en la forma de proyectos subvencionados. De forma resumida:

- Ingenieros aeronáuticos
- Doctores Ingenieros aeronáuticos
- Catedráticos de Universidad
- Sus estudios tienen relación casi exclusiva con el ámbito académico, a excepción de alguna colaboración menor con el sector empresarial

Experto 6 (E6):

El experto E6 tiene como formación básica la ingeniería aeronáutica, además es doctor en ciencia y tecnología. Actualmente desarrolla su labor en la empresa privada como ingeniero de modelado y simulación en materia de fluidos. Además, ejerce como profesor asociado de mecánica de fluidos y matemáticas. De forma resumida:

- Ingeniero aeronáutico
- Doctor en ciencia en tecnología

- Ingeniero de modelado y simulación en fluidos
- Desarrolla su labor profesional en la empresa compaginando como profesor asociado de Universidad.

La relación personal del experto E5 es particularmente interesante. Podemos observar que presenta una visión de la mecánica de fluidos desde la perspectiva profesional y aplicada en empresa y desde la Universidad, donde desarrolla sus labores colaborando en la impartición de docencia en mecánica de fluidos.

Expertos 7 (E7), 8 (E8), 9 (E9) y 10 (E10)

Este grupo de expertos tiene como formación básica la ingeniería aeronáutica. Desde la finalización de sus estudios universitarios, no han estado en contacto con el ámbito académico, desarrollando su labor de forma exclusiva en la empresa como ingenieros de diseño de sistemas fluidos en avión. Su trayectoria puede resumirse:

- Ingenieros aeronáuticos
- Ingenieros de diseño de sistemas fluidos
- Desarrollan su labor profesional en la empresa exclusivamente

Cada uno de los expertos fue preguntado en base a la siguiente cuestión guía:

*¿Qué metodología docente considera como la más apropiada para el desarrollo de un curso de mecánica de fluidos en las titulaciones de ingeniería dentro de su ámbito?*

Esta pregunta guía tiene como objetivo hacer emerger las relaciones personales de cada uno de los expertos hacia la mecánica de fluidos. De esta manera, se pone el énfasis en la existencia de elementos convergentes o divergentes entre los expertos que puedan explicar la cercanía o lejanía sobre qué metodología debiera tenerse en cuenta en un curso de mecánica de fluidos.

## 4. RESPUESTAS A LA PREGUNTA GUÍA

La pregunta guía presenta una formulación lo suficientemente abierta como para que los expertos puedan emitir sus juicios y establecer un hilo

de respuesta en base a sus experiencias previas. Aunque la subjetividad no puede descartarse por completo, es posible construir un conocimiento global basado en un enfoque inductivo para concluir sobre el objetivo fáctico, es decir, la posible existencia de una distancia institucional entre la universidad y la empresa en materia de metodologías didácticas y docentes. Veamos a continuación cada respuesta:

Respuesta Experto E1:

*Pizarra, sin lugar a duda*

Respuesta Experto E2:

*Creo que se debe incidir en los problemas propios de la mecánica de fluidos. No se puede salir de un curso si no se tiene una buena base en estos problemas básicos.*

Respuestas Expertos E3, E4 y E5 (Las respuestas de estos tres expertos fueron previamente debatidas entre ellos en una respuesta única):

*El tratamiento teórico de la mecánica de fluidos es difícil, pero es imprescindible para adquirir conocimientos reales de la materia. Es esencial una formación teórica, en base a pizarra y problemas de creciente dificultad.*

Respuesta Experto E6:

*Opino que la universidad debe proporcionar competencias en problemas reales profesionales de fluidos. Normalmente, los problemas a lo que se enfrentará el futuro ingeniero son muy amplios, por lo tanto fomentaría una metodología más abierta, donde haya problemas reales que sean discutidos en clase.*

Respuestas Expertos E7, E8, E9 y E10 (Las respuestas de este grupo de experto son muy similares, de modo que se han compilado en una única):

*Problemas reales en el marco de un proyecto sin duda. Los estudiantes deben conocer las dificultades del mundo real y como los conocimientos que aprenden sirven para dar respuesta a los retos. Es importante prestar atención a que los modelos que aprenden sirven para muchos problemas porque siempre hay cierta similitud conceptual.*

## 5. DISCUSIÓN

Para la codificación de las respuestas en materia de concepciones docentes, se han empleado las nomenclaturas de Gascón (2001). Esta aproximación tiene como eje central la concepción de las matemáticas únicamente. No obstante, y como se ha comentado, dada la cercanía epistemológica de las matemáticas y de la mecánica de fluidos, se considera que esta aproximación entraña un bajo riesgo conceptual. En primer lugar, observamos que la respuesta de los expertos en el ámbito de la Institución I1 está muy influenciada por concepciones docentes clásicas, centradas en la perspectiva teórica y/o en la técnica de resolución de problemas típicos de creciente dificultad. El experto E6 introduce la importancia de acercar problemas propios del futuro profesional y que además puedan ser debatidos en clase con el objetivo de encontrar una respuesta de grupo. Este experto introduce la importancia de seguir un modelo docente constructivista, donde el conocimiento se elabora desde perspectivas cercanas a la realidad a modelar y donde el grupo de trabajo lleva a cabo estrategias, hipótesis, conjeturas y argumentaciones para dar solución al problema. En tal proceso, el conocimiento se construye y se elabora desde una referencia llana para el estudiante. El experto E6 tiene un contacto estrecho en la Institución I1 y en la Institución I2. En este caso, comenzamos a vislumbrar una no desdeñable distancia en materia didáctica entre las instituciones I1 e I2 que se confirma con las respuestas del siguiente grupo de expertos. Efectivamente el grupo de expertos E7, E8, E9 y E10 proponen una metodología de trabajo menos individualista (trabajo por proyectos) donde exista un problema a abordar con una serie de restricciones propias del entorno profesional. Observamos una aproximación centrada en la importancia de modelar fenómenos fluidos para dar respuesta a los retos que se puedan plantear en un futuro proyecto profesional en la empresa. Además, y siguiendo el principio de economía del modelo, es importante incidir en la ubicuidad de tal modelo para afrontar distintos ambientes problemáticos.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En base a la discusión expuesta en el apartado anterior, observamos cómo las respuestas a la pregunta guía nos permite confirmar la existencia de una distancia institucional entre la universidad y la empresa en relación con las concepciones docentes empleadas en la impartición de la mecánica de fluidos en el ámbito de la ingeniería aeroespacial. Por un lado, encontramos el acto docente existente en la universidad, por otro lado se encuentra una situación dispar en referencia al requerimiento de los profesionales de la empresa en relación a los planteamientos docentes.

Los expertos con una perspectiva académica consolidada establecen que la metodología docente debe incidir en los conocimientos teóricos y centrados en problemas guiados donde éstos sean expuestos y tratados. Por otro lado, los expertos con experiencia en el ámbito profesional, no puramente académico, consideran que la metodología debiera afrontar problemas reales con aproximaciones docentes que posibiliten la construcción del conocimiento en el contexto de un problema interactivo entre estudiantes. A lo largo del análisis presentado, se ha demostrado que la noosfera asociada a la mecánica de fluidos es multidimensional, presentando aristas que pueden incidir en un funcionamiento eficiente de la misma. La reducción de la distancia institucional requeriría que la institución I1 introdujera parcial o completamente concepciones docentes próximas a las demandas por la institución I2 con el objetivo de cumplir plenamente con la expectativa de la institución I2 de profesionales en el sector.

Por último, destacar que se ha puesto de manifiesto la opinión de diferentes expertos en la mecánica de fluidos, aspecto de interés intrínseco en sí mismo dada la enorme experiencia y calidad profesional de los expertos encuestados.

## 8. REFERENCIAS

Artigue, M., & Winsløw, C. (2010). International comparative studies on mathematics education: a viewpoint from the anthropological theory of didactics. Récherches en Didactiques des Mathématiques, 30(1), 47-82

Barquero, B., Bosch, M. Gascón, J. (2007). La modelización como instrumento de articulación de las matemáticas del primer ciclo universitario de Ciencias, Estudio de la dinámica de poblaciones. En L. Ruiz Higueras, A. Estepa F.J. García (Eds), Matemáticas, escuela y sociedad. Aportaciones de la teoría antropológica de los didáctica (pp. 531-544). Jaén.

Chevallard, Y. (1985). La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado. España. AIQUE Grupo editor, 1997.

Chevallard, Y. (1997). Familière el problématique, la figure du profeseur. Reserches en didactique des mathématiques, 17(3). 17-54.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des practiques enseignantes en thèorie anthropologique du didactique. Recherches en Didactique de Mathématiques, 19(2). 221-266.

Chevallard, Y. (2001). Aspectos problemáticos en la formación del docente. XVI jornadas del Seminario Interuniversitario de investigación en didáctica de las matemáticas. Huesca.

Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury M. Caillot (Eds). Rapport au savoir et didactiques. pp. 81-104. Paris: Faber.

Chevallard, Y. (2004). Vers une didactique de la codisciplinarité. Notes sur une nouvelle épistémologie scolaire. Journées de didactique comparée. Lyon.

Freudenthal, H. (1983). Didactical phenomenology of mathematical structures. Dordrecht, Países Bajos: Reidel.

Gascón, J. (2001). Incidencia del modelo epistemológico de las matemáticas sobre las prácticas docentes. Revista Latinoamericana de Investigación Matemática Educativa. Vol 4 (2), pp 129- 159

Harris, D., Black, L., Hernández-Martínez, P., Pepin, B., Williams, J., TransMaths Team (2015). Mathematics and its value for engineering students: what are the implications for teaching? International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 46(3), 321-336.

Olaya, C. (2013). Más Ingenieria y menos ciencia por favor. XI Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México..

Stone, D.H. (1993). Design a questionnaire. British Medical Journal. 307:1264. https://doi.org/10.1136/bmj.307.6914.1264.

Trouche, L., Gitirana, V., Miyakawa, T., Pepin, B., Wang, C. (2019) Studying mathematics teachers interactions with curriculum materials through different lenses: Towards a deeper understanding of the processes at stake. International Journal of Educational Research. Volume 93, 53-67.

# DISEÑO DE PRODUCTOS Y FABRICACIÓN DIGITAL. EL PROTOTIPO COMO HERRAMIENTA DE APROXIMACIÓN

JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
*Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de prototipos se ha convertido en un paso clave dentro del proceso de diseño industrial de productos, ya que permite resolver problemas formales, geométricos, materiales o constructivos, aportando viabilidad a la posterior fase de producción de copias funcionales.

Si bien estos prototipos pueden elaborarse en fases finales del proceso de diseño, como mecanismo de comprobación y ajuste del producto diseñado, también podemos hablar de fabricación de prototipos rápidos, de exploración, que ya desde fases iniciales sirvan de apoyo al proceso creativo y de toma de decisión. El uso de técnicas de fabricación digital mediante impresión 3D, entre otras, facilita estos procesos, además de resultar una vía relativamente económica con la que ensayar soluciones de diseño sobre un objeto real

### 1.1. FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS EN EL DISEÑO INDUSTRIAL DE PRODUCTOS

El proceso de diseño industrial de productos se estructura en distintas fases entre las que se encuentra una primera etapa de exploración, en la que, mediante bocetos de aproximación, comienzan a analizarse distintas alternativas que permitan resolver los condicionantes impuestos al producto. Una vez realizado este primer acercamiento, el diseñador opta por las soluciones que mejor responden al producto objeto de estudio,

profundizando en su definición y diseño a nivel formal, geométrico e incluso constructivo.

De esta forma, el producto comienza a adquirir un mayor grado de definición a nivel gráfico, para lo que pueden utilizarse bocetos explicativos y de presentación del mismo, junto con planos técnicos que aportan una mayor concreción de cara a su materialización.

Es en ese momento cuando, en la mayor parte de los casos, se comienzan a elaborar prototipos que, en base a esos planos técnicos, den forma física al producto y permitan realizar un trabajo de comprobación de los sistemas constructivos planteados o del uso de materiales, entre otros. A su vez, se realizarán los ajustes necesarios en el diseño para garantizar la viabilidad del producto, no sólo técnica, sino formal, geométrica, estética o de uso, de forma que la solución propuesta pueda darse por cerrada y pasar a fase de producción.

### 1.2. Prototipos de comprobación Vs Prototipos de exploración

Como hemos señalado previamente, el prototipado de productos suele introducirse en el proceso de diseño una vez alcanzada una solución definitiva de entre las distintas variantes posibles exploradas, de forma que se convierte en un modelo de comprobación para el ajuste final del producto previo a la fase de producción.

Sin embargo, podemos pensar en el prototipo como un instrumento mucho más potente dentro del proceso de diseño, de forma que además de servir como elemento de comprobación final pueda utilizarse como herramienta ligada a la toma de decisión en el proceso creativo. Para ello, sería necesario enfocar el prototipado como una estrategia a introducir en fases previas del proceso de diseño, de forma que puedan realizarse prototipos de exploración, o de trabajo, que a modo de bocetos tridimensionales sirvan al diseñador como elemento de experimentación para la toma de decisión, ayudando a integrar en esta fase soluciones de fabricación, además de componentes funcionales o estéticas.

De esa forma, estos aspectos estéticos, formales o funcionales sin duda se verían afectados por condicionantes de carácter técnico, pero al mismo tiempo se facilitará que el diseño finalmente alcanzado no

requeriría de una fase final de ajuste, o que al menos los cambios introducidos en esta etapa sean mínimos, garantizando así la viabilidad del producto ante un proceso de producción y fabricación en masa del mismo.

Es importante puntualizar a qué nos referimos cuando hablamos de prototipo y qué características han de tener estos con respecto a otros modelos físicos que puedan elaborarse como herramienta de trabajo dentro de un proceso de diseño de producto. En general, un modelo físico asociado al diseño de producto buscará facilitar la visualización del objeto diseñado, como premisa fundamental. Además, y en función de la fase del proceso de diseño en la que nos encontremos, un modelo físico servirá al diseñador como vía para explorar sus ideas y poder experimentarlas, al tiempo que ayudará a presentar el producto a otros agentes, clientes en la mayor parte de los casos.

Estos modelos podrán ser de ampliación o de reducción, en función del tamaño real del objeto con el que estemos trabajando y el nivel de detalle que queramos aportar al modelo para facilitar su visualización. Partiendo de estas premisas generales, existen distintos tipos de modelos físicos que presentarán características concretas (Lugo, J.J, Prototipos, maquetas y modelos para desarrollar productos de diseño):

- Maquetas: Se trata de modelos que, como se ha señalado, representan un producto a una escala determinada con el fin de facilitar su visualización para probar ideas y permitir que los usuarios puedan entenderlo y realizar comentarios respecto al mismo, en fase de diseño.

  Cuando hablemos de maquetas entenderemos, por lo general, que se trata de modelos físicos que no realizan ninguna función concreta y que tendrán como misión presentar la apariencia del objeto a desarrollar a nivel de forma, color o textura. Se utilizan habitualmente para realizar pruebas ergonómicas, y evaluar el objeto a nivel visual, ya que en ese aspecto suelen tener un gran parecido con el producto final a fabricar.

– Prototipos: Se trata de modelos físicos cuya finalidad es la de probar un proceso asociado al objeto diseñado. A diferencia de las maquetas, los prototipos suelen tener funcionalidad, la del objeto diseñado, ayudando por ello al diseñador a detectar problemas relacionados con la fabricación final del producto. Al mismo tiempo, el prototipo final servirá como objeto a replicar en fases de producción.

  Los prototipos se desarrollan según una gama de fidelidad, o grado de aproximación al objeto real diseñado, pudiendo distinguirse entre:

a. Prototipos de baja fidelidad: Este tipo de prototipos no se parecen, por lo general, al producto final diseñado ya que, entre otras cuestiones, utilizan materiales distintos a los finales para que el prototipo resulte más económico, sencillo y fácil de producir. Son prototipos muy útiles en las fases iniciales del diseño, las más creativas o conceptuales y será el tipo de prototipo al que haremos mención cuando hablemos de prototipos de trabajo o de exploración.
b. Prototipo de alta fidelidad: Son prototipos muy parecidos al producto final a desarrollar, entre otras cosas porque utilizan los mismos materiales con los que se prevé fabricar el objeto. A su vez, y precisamente por ese grado de similitud con el producto final, suelen ser prototipos más costosos y que requiere mayor tiempo de elaboración. A diferencia de los anteriores, suelen utilizarse en fases finales de diseño, para terminar de pulir detalles del diseño antes de iniciar el proceso de producción. Se trata de lo que denominaremos prototipos finales o de comprobación.

### 1.3. Fabricación digital de prototipos e impresión 3D

Para poder introducir la fabricación de prototipos en fases iniciales del proceso de diseño como instrumento de trabajo, con un carácter intuitivo y exploratorio, es necesario recurrir a herramientas que faciliten la fabricación de modelos físicos de forma rápida, sencilla y económica. Al

mismo tiempo, será necesario optar por una herramienta flexible que permita el ensayo de diferentes soluciones de diseño, en la línea de lo expresado previamente.

Un instrumento que responde a estos requisitos, y que cada vez está más extendida en el mundo del diseño, es la fabricación digital, que con un consumo limitado de material y energía permite fabricar prototipos a partir de la definición geométrica de sus partes y hacerlo con un nivel de acabado adecuado para que el prototipo aporte claves en el proceso de toma de decisión.

Un aspecto importante, dado el enfoque docente de esta comunicación, es que la mayor parte de escuelas de diseño de nuestro país ya cuentan con talleres de fabricación digital de prototipos bajo el uso de maquinaria e impresoras 3D aditivas o de corte laser, lo que facilita la puesta en práctica de experiencias de fabricación de prototipos en fases iniciales de diseño a nivel académico.

Cuando hablamos de fabricación digital nos referimos a procesos de trabajo en los que emplearemos un sistema asistido por ordenador que nos permitirá definir un producto e iniciar un proceso de fabricación de manera simultánea. Así, los datos digitales generados en el proceso de diseño, normalmente mediante herramientas CAD (diseño asistido por ordenador) permitirán a los equipos de fabricación digital (software CAM) crear las geometrías de las distintas piezas que componen el producto. Estos equipos de fabricación podrán ser de distinto tipo, como indicaremos a continuación (fundamentalmente de adición de material o sustracción del mismo), siendo importante elegir el más adecuado en función del material a emplear y las características de prototipo a realizar.

Para entender mejor como se realiza un proceso de fabricación digital asociado al diseño de producto, haremos mención, de forma somera, a las distintas fases que lo componen.

### 1.3.1. Diseño inicial del producto:

Como ya se ha señalado, el proceso comienza con la elaboración de bocetos de trabajo que inicien el proceso creativo y de diseño para dar paso a la digitalización inicial de esos bocetos en modelos 3D mediante

herramientas CAD. El grado de definición y profundización que se alcance con estos diseños iniciales hará que el prototipo de exploración a realizar tenga un carácter más finalista o más orientado al apoyo del proceso de diseño y toma de decisión, como ya se ha señalado.

1.3.2. Preparación de la información a aportar al equipo de fabricación digital:

A nivel técnico, trasladaremos los datos del modelo 3D diseñado a la herramienta de fabricación digital exportándolos en forma de malla triangulada, de forma que a través de puntos, vértices y caras se defina la geometría del objeto a fabricar. Así, obtendremos patrones asociados a las distintas piezas del objeto que servirán para llevar a cabo la impresión.

Una manera de crear estas mallas es a través del modelado sólido de objetos y geometrías, para lo que pueden emplearse softwares como Autocad 3D, Solidworks, Catia o Rhinoceros, entre otros. Además, podemos recurrir al escaneado 3D como vía para obtener un modelo imprimible, aunque por lo general requieren de un trabajo posterior de edición de mallas, dado que habrá que garantizar que estas siempre estén compuestas por triángulos cerrados y conectados, evitando la superposición o colisión entre superficies.

En los casos en los que la herramienta de fabricación digital sea de sustracción o corte, podremos emplear patrones bidimensionales planos.

A partir de los patrones elaborados, ya sea en forma de malla o bidimensionales, introduciremos los parámetros de fabricación que darán lugar a las instrucciones específicas que aportaremos desde el archivo CAM a la impresora, normalmente asociando órdenes la visualización por capas y colores de las distintas geometrías que componen el patrón.

1.3.3. Fabricación con herramientas digitales:

Una vez elaborado el archivo CAM entraremos en fase de fabricación, transmitiendo a los equipos e impresoras los patrones e instrucciones definidas para obtener el prototipo diseñado. Para ello es importante tener claro qué tipo de máquina se va a utilizar, lo que a su vez afectará a

la anterior fase preparatoria de información y la forma en la que esta se elabora y presenta al equipo (archivo CAM).

De esta forma, y como ya hemos comentado, haremos mención a dos tipos de equipos asociados a la forma en la que estos trabarán con el material durante el proceso de fabricación, ya sea por adición o sustracción del mismo (Formlabs, Introducción a la fabricación digital):

– Impresoras 3D:

  Cuando hablamos de impresoras 3D nos referimos, fundamentalmente, a proceso de fabricación aditiva de material, es decir, en los que la fabricación tridimensional del objeto se obtiene por suma de distintas capas de material. Existen distintos modelos de impresoras en el mercado que utilizan distintas técnicas para alcanzar este objetivo. De entre estas, señalaremos:

1. Impresoras 3D de modelado por deposición fundida (FDM). En este tipo de impresoras la fabricación se lleva a cabo al derretirse y extruírse un filamento termoplástico que deposita capa a capa el material en el área de impresión. Se trata de la tecnología de impresión 3D más rentable, aunque la que tiene una precisión más baja. Por ello, podemos pensar en este tipo de herramientas para prototipos compuestos por piezas sencillas en los que se busque la elaboración rápida, de forma que sirvan como modelo de trabajo con un carácter explorativo asociado a fases iniciales de toma de decisión.
2. Estereolitografía (SLA). Esta tecnología emplea un láser para convertir resina líquida en plástico endurecido, lo que se conoce como fotopolimerización. Las piezas fabricadas bajo este proceso serán mucho más precisas que las anteriores y con mejor nivel de acabado. Por ello, utilizaremos este tipo de equipos para fabricar prototipos finalistas, más próximos a fases de producción para definir los ajustes finales del producto.
3. Impresoras 3D de sinterizado selectivo por láser (SLS). Esta herramienta utiliza como recurso un láser de alta potencia que funde pequeñas partículas de polvo de polímero, lo que

permite fabricar prototipos con muy buena resistencia y características mecánicas.

– Herramientas CNC:

  Cuando hablamos de herramientas de control numérico computacional (CNC) nos estamos refiriéndonos a equipos basados en la sustracción de material mediante el corte, la perforación o el amolado. De esta forma, encontraremos herramientas de fresado de torneado con las que podremos emplear distintos tipos de materiales (metales, plástico, madera).

4. Cortadora láser. Este tipo de equipos utilizan un láser para cortar o grabar con bastante precisión. Suelen ser fáciles de utilizar, rápidas y económicas, por lo que vuelve a ser una herramienta adecuada para la fabricación de prototipos exploratívos o de trabajo.
5. Cortadora por chorro de agua. En este caso, el corte del material se realizará a través de un chorro de agua mezclada con medios abrasivos a presión alta. Pueden cortar láminas de mayor espesor que la cortadora laser, así como materiales de mayor dureza.

### 1.4. Diseño de productos en ámbito académico

Una vez analizado el proceso de diseño de productos a nivel general, nos centraremos en el diseño de producto a nivel académico. En este caso las asignaturas que se centran en esta cuestión suelen tener un tiempo limitado de desarrollo, lo que hace que, salvo en el caso de trabajos fin de estudios, las fases iniciales de diseño sean las que más se desarrollan, no llegando a ponerse en marcha fases de ajuste final, sobre todo porque tampoco van a estar asociadas a un proceso de producción posterior.

De igual forma, la viabilidad de fabricación del producto, en muchos casos, pasa a un segundo plano ya que no suele ser objetivo de los programas docentes de la asignatura. Así, el proceso creativo de diseño suele ser el elemento central sobre el que suele girar el trabajo del estudiantado, dándole menos importancia a la viabilidad constructiva, lo que

hace que al finalizar sus estudios el alumnado encuentre dificultad para afrontar esa fase del proceso en su vida profesional, al menos en un primer momento.

Por ello, y atendiendo fundamentalmente a la limitación temporal de la mayor parte de trabajos académicos a desarrollar por el alumnado, debemos reflexionar acerca de la necesidad de asociar al proceso creativo y de diseño inicial variables propias de la fabricación que ayuden al estudiantado a aproximarse a estos condicionantes.

## 2. OBJETIVOS

Una vez expuesto en contexto en el que se enmarca la presente comunicación, pasaremos a señalar el objetivo general y específicos en los que se centrará el estudio:

### 2.1. Objetivo general

El objetivo de la presente comunicación es el de analizar, en ámbito docente, como se puede abordar el diseño de productos desde la fabricación digital de prototipos como recurso de apoyo al proceso creativo.

Hay que señalar, como ya se ha apuntado previamente, que la construcción de este tipo de modelos implicará la introducción de variables de fabricación en fases iniciales de ideación de producto, que en muchas ocasiones no son tenidas en cuenta en trabajos académico.

### 2.2. Objetivos específicos

Definido el objetivo general de la investigación, señalaremos algunos de los objetivos específicos a los que trata de atender la comunicación, y que apuntaremos como interrogantes del estudio a realizar:

- ¿Cómo afecta al proceso creativo la introducción de variables propias de la fabricación / producción en fases iniciales del diseño?

– ¿Cómo abordar un proceso de diseño en contexto académico que tenga en cuenta la materialización / fabricación del producto proyectado?

Ya hemos señalado que adelantar el desarrollo de prototipos a fases iniciales del proceso de diseño implicará considerar variables que superan cuestiones formales, estéticas o funcionales. De esta forma, será necesario que el alumnado comience a trabajar en torno a los materiales a utilizar desde el inicio del proceso creativo, pensar en los sistemas de ensamblaje y unión de las piezas, en el tipo de maquinarias necesarias para su producción etc. En definitiva, cómo dar viabilidad económica y técnica el producto diseñado desde fases tempranas del proceso creativo.

## 3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio propuesto partiremos del análisis de experiencias previas en materia de fabricación de prototipos a nivel general y en ámbito docente, para pasar después a diseñar una propuesta de trabajo en el aula de la que podamos extraer claves que nos permitan concluir en qué medida la incorporación de técnicas de fabricación digital de prototipos en ámbito docente contribuirá a alcanzar una mayor concreción en la definición del objeto diseñado en fases iniciales del proceso.

### 3.1. Análisis de experiencias previas

Como punto de partida para desarrollar este estudio se seleccionan una serie de experiencias previas vinculadas al mundo de la fabricación digital, en ámbito profesional y docente, de forma que sirvan como referente para el estudiantado de cara a afrontar la práctica que va a proponerse. Se enumeran a continuación los más representativos:

***FIGURA 1.*** *BICHO3. Experiencia en fabricación digital de estudiantes de primer curso de Monterrey para desarrollar un pabellón expositivo.*

Fuente: Plataforma de Arquitectura. https://bit.ly/3cfBpGA

***FIGURA 2.*** *Premio Nacional de arquitectura efímera Emporia de Plata por la exposición Blur, como parte de los actos de investidura de Kazuyo Sejima como doctora Honoris Causa de la Universidad de Málaga.*

Fuente: Veredictas.com. https://bit.ly/3AGsVSm

***FIGURA 3.*** *Pabellón de cartón en base a diseño paramétrico desarrollado por estudiantes de País Vasco.*

Fuente: Plataforma de Arquitectura. https://bit.ly/3pECJWC

***FIGURA 4.*** *Exposición en el colegio oficial de arquitectos de Madrid*

Fuente: Fab lab Madrid. https://bit.ly/3PGPFGd

***FIGURA 5.*** *Arquitectura efímera en México para construcción de pabellones expositivos con materiales reciclados*

Fuente: Plataforma de Arquitectura. https://bit.ly/3Co4gmS

***FIGURA 6.*** *Pabellón Archimediam, diseñado y elaborado en el Fab Lab de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla*

Fuente: Fab Lab. ETS Arquitectura de Sevilla. https://bit.ly/3qpt0Ed

***FIGURA 7.*** *Bathtopia, diseñado y elaborado en el Fab Lab de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla*

Fuente: Fab Lab. ETS Arquitectura de Sevilla. https://bit.ly/3Qklp4k

***FIGURA 8.*** *The future is here. Exposición en el museo de diseño de Londres.*

Fuente: Domus for Design. https://bit.ly/3QLHWI1

### 3.2. Propuesta de trabajo en el aula

A partir de la selección de experiencias de referencia expuesta, que se presentó al estudiantado al inicio de la práctica, se propone para desarrollar el trabajo en el aula la siguiente hoja de ruta:

- Diseño de una práctica propuesta en clase
- Diseño de condiciones de contexto/limitaciones de fabricación del producto a diseñar
- Seguimiento del trabajo/evolución durante el curso

En este caso, la experiencia en la que se centra esta comunicación se ha llevado a cabo durante el curso académico 2021-2022 en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, en la asignatura Expresión Artística II del grado en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

El curso se estructura en torno al desarrollo de tres trabajos prácticos: uno ligado al diseño gráfico de carteles; el segundo destinado al diseño de un producto o familia de productos; el tercero, dirigido al diseño de la identidad corporativa de una empresa o entidad.

Centrándonos en la segunda práctica del curso, se pide al alumnado que desarrolle un trabajo de diseño de expositores destinados a albergar una selección de productos diseñados por otros estudiantes de la escuela. Para ello, se establecen como condicionantes:

- Que los expositores permitan alojar un panel A1 explicativo del producto expuesto, y un prototipo de este.
- Que los expositores se diseñen como elementos flexibles, de forma que puedan adaptarse a distintos tipos de prototipos, al no saber de antemano qué tipos de productos tendrán que exponer y por tanto qué tamaño tendrán.
- Que el expositor sea de fácil montaje y desmontaje, así como que busque reducir al máximo el espacio de almacenamiento.
- Que para el diseño de los expositores se tenga en cuenta que tendrán que fabricarse digitalmente en el taller de prototipado

de la escuela, lo que supone que sólo podrán utilizarse los materiales disponibles en el taller y los tamaños permitidos por las máquinas de fabricación con que cuenta el mismo, que serán tableros de DM de dimensiones:

- DM 310x200mm e=30mm (corte en fresadora)
- DM 310x200mm e=19mm (corte en fresadora)
- DM 600x400 e=10mm (corte láser)
- DM 600x400 e=5mm (corte láser)
- DM 600x400 e=3mm (corte láser)

Partiendo de este contexto, y tras la presentación al alumnado de los proyectos de referencia antes mencionados, se inicia el trabajo dentro del calendario de seis semanas previsto para el desarrollo de la práctica, que incluye una pre-entrega intermedia y sesiones críticas de presentación a los compañeros. Los trabajos, a su vez, se realizarán en parejas, dejando a elección del estudiantado la conformación de los grupos.

### 3.3. Análisis de resultados del trabajo desarrollado

A partir del planteamiento de la práctica, el estudiantado comienza a trabajan semanalmente en el desarrollo de sus diseños, presentando el trabajo avanzado en clase y planteando las dudas surgidas al profesor.

Antes del inicio del trabajo se realiza una visita del grupo al taller de prototipos para presentar las máquinas y material disponible y que el personal responsable del taller pudiera dar a conocer al estudiantado las normas de funcionamiento del mismo. El objetivo era que el alumnado tuviera claras las condiciones de contexto, viendo físicamente el funcionamiento de las máquinas, y que comenzaran a utilizar el taller como recurso para ensayar sus prototipos en paralelo a que desarrollaban sus diseños.

Hemos de señalar que, atendiendo a la normativa del taller, el alumnado no podrá utilizar las máquinas de manera directa, sino que lo hará el personal autorizado del mismo. No obstante, se anima al estudiantado a que consulten con ellos las posibilidades de fabricación, dimensión de los materiales disponibles, medios de unión entre piezas etc. de forma que tengan un mayor grado de conocimiento de cómo terminará materializándose el prototipo y eso incida en el diseño.

A partir del trabajo desarrollado, cada pareja de estudiantes presenta finalmente un diseño de expositor o familia de expositores, un prototipo del mismo, y un panel resumen explicativo.

## 4. RESULTADOS

Al finalizar la práctica, el estudiantado presenta seis diseños de expositores. Aunque todos ellos tuvieron en cuenta las premisas dadas en cuanto al uso de materiales y dimensiones adaptadas a las condiciones del taller, hubo cuatro en los que la influencia del desarrollo de prototipos fue más importante.

A su vez, de estos cuatro trabajos, hubo dos en los que el prototipado se llevó a cabo con un carácter más finalista, siendo un único grupo el que integró el trabajo de prototipado desde el inicio del proceso de diseño, y utilizó el prototipo como elemento de toma de decisión, rediseño y ajuste.

***TABLA 1.*** *Resumen de trabajos presentados y principales aspectos observados en cada uno de ellos*

| Lema del trabajo | Uso de materiales / dimensiones | Solución de uniones | Definición constructiva y de fabricación | Desarrollo de prototipo de trabajo | Incidencia del prototipo en el proceso de diseño |
|---|---|---|---|---|---|
| Grupo 1 | ■ | ■ | | | |
| Grupo 2 | ■ | ■ | ■ | | |
| Grupo 3 | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Grupo 4 | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Grupo 5 | ■ | ■ | | ■ | |
| Grupo 6 | ■ | ■ | | ■ | ■ |

Fuente: Elaboración propia

En cualquiera caso, como ya se ha señalado, todos los grupos de estudiantes tuvieron en cuenta la materialización, fabricación y ensamblaje de sus expositores, lo que a su vez tuvo una incidencia en el producto resultante, a nivel estético o funcional entre otros, dado que esas variables de fabricación introducen limitaciones al proceso creativo.

## 5. DISCUSIÓN

Visto el resultado alcanzado por el estudiantado en el desarrollo de la práctica, pasaremos a analizarlos, indicando cuáles han sido los aspectos positivos y negativos observados en el proceso:

### 5.1. Aspectos positivos

- Mayor concreción en la definición del objetivo diseñado. No cabe duda de que partir de condicionantes propios de la fabricación contribuye a que el resultado presente un diseño más preciso, siempre que el estudiantado tome en consideración estas premisas.

- No necesita reajustes importantes de diseño en fases finales del proceso. Si bien es cierto que sobre los expositores no se va a llevar a cabo un proceso de fabricación real, no cabe duda de que los que mejor han integrado el trabajo de fabricación digital de prototipos no presentarán problemas para ser producidos a escala natural.

- Introduce variables de fabricación / materialización / producción en un trabajo académico. A su vez, esta experiencia ha permitido que estudiantes que desarrollan un trabajo de diseño con un plazo reducido tengan en cuenta conceptos de fabricación que en otro caso no habían considerado como prioritarios, dado el tiempo de duración de la práctica.

### 5.2. Aspectos negativos

- Limitación al proceso creativo con incidencia en la definición estética y formal del producto. Si bien la consideración de condicionantes de fabricación en el proceso de diseño aporta viabilidad al producto diseñado, no cabe duda de que supone una dificultad añadida para estudiantes que tienen que enfrentarse al desarrollo de un diseño rápido. Eso, unido a la falta de experiencia en este tipo de trabajos, por desarrollarse la experiencia en un curso inicial del grado, hace que de entrada el proceso

creativo se vea resentido y resulte más complicado explorar soluciones más flexibles.

- Mayor dificultad el estudiantado a la hora de afrontar el trabajo a realizar. Del mismo modo, esa limitación al proceso creativo se convierte en un hándicap para el alumnado, lo que hace que no en todos los casos el trabajo de fabricación digital de prototipos se haya integrado de la misma forma ni se le haya dado la misma prioridad. Así, en muchos casos se busca alcanzar un diseño que responda a todos los condicionantes planteados pero minimizando la presencia de los más complejos, precisamente los asociados a la fabricación real del producto.

## 6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados alcanzados por esta experiencia consideramos que el uso de metodologías de fabricación digital de prototipos en fases iniciales del diseño de productos, en contexto académico, si bien puede coartar inicialmente el proceso creativo, contribuirá a que el resultado alcanzado tenga en cuenta variables que posibiliten su viabilidad técnica, constructiva y económica, y ayudará al estudiantado a trabajar desde fases iniciales de diseño bajo parámetros que eviten que las ideas iniciales propuestas se alejen de un resultado final factible.

No obstante, en cualquier proceso de diseño industrial de producto (no solo bajo el contexto de un trabajo académico) esas variables de fabricación aparecerán necesariamente antes de la fase de producción, lo que implicará la necesidad de elaborar un rediseño del producto para tenerlas en cuenta.

Como líneas de trabajo a llevar a cabo, o sobre las que profundizar en futuras experiencias de este tipo, podemos señalar:

- Sería interesante dar más peso aún a la fabricación digital de prototipos. Así, además de la toma en consideración de las variables establecidas, sería adecuado que el estudiantado interviniera de manera más directa en el proceso de fabricación, ya que tal y como se plantea la práctica, hay estudiantes que se implican más en el trabajo en taller, mientras que otros delegan

esa labor al personal autorizado, que en cualquier caso deberán actuar como supervisores del trabajo del alumnado para garantizar que se cumplen las normas de seguridad y que no se desperdicia material.

– Podría establecerse un protocolo que permita ensayar los prototipos diseñados, de forma que se pueda realizar análisis de sus características en cuanto a estabilidad, resistencia etc.

## 7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo llevado a cabo ha podido realizarse gracias al soporte que supone la asignatura Expresión Artística II del grado en Ingeniería del Diseño Industrial y Desarrollo del Producto y su coordinadora, así como al alumnado del grupo 1 de la misma que lo ha cursado en el año académico 2021-2022.

## 8. REFERENCIAS

Berchon, M., & Luyt, B. (2016). La impresión 3D. Editorial Gustavo Gili.

Eissen, K., Steur, R. & Noriega, J. (2013). Bocetaje: las bases. Editorial Gustavo Gili

Formlabs. Introducción a la fabricación digital. Blog fundamentos de fabricación digital. https://bit.ly/3cL7zu0

Hallgrimsson, B. (2013). Diseño de producto: maquetas y prototipos. Editorial Promopress.

Lugo, J.J. Prototipos, maquetas y modelos para desarrollar productos de diseño. https://bit.ly/3Q5qBsA

Munari, B. (2016). ¿Cómo nacen los objetos?: apuntes para una metodología proyectual. Editorial Gustavo Gili. 2º Edición

Pérez de Lama, J., Vázquez, E., & Vázquez, N.J. (2017). Machines of loving grace. Fabricación digital, arquitectura y buen vivir. Editorial Universidad de Sevilla.

Pérez de Lama, J., Lara Bocanegra, A.J., & Vázquez, N.J. (Eds.). (2014). Yes we are open. Fabricación digital, arquitectura, cultura y tecnologías libres. Editorial Universidad de Sevilla.

Rodgers, P., & Milton, A. (2011). Diseño de producto. Editorial Promopress.

Terstiege, G. (Ed.). (2009). The making of design: From the first model to the final product. Birkhũser.

# DISEÑO DE PRODUCTOS ADAPTADOS AL USUARIO. DINÁMICAS PARTICIPATIVAS DE TRABAJO COLECTIVO

JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
*Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior*
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el término *participación* ha ido introduciéndose en numerosos procesos de toma de decisión, con mayor o menor implicación de los actores involucrados, para buscar soluciones colaborativas y consensuadas que faciliten la viabilidad de las propuestas planteadas. Ejemplo de ello son procesos, muchas veces asociados a la elaboración de políticas públicas, para el diseño y planificación de ciudades, diseño de edificios, viviendas o espacios públicos, en los que se invita a participar a agentes destinatarios del uso final de los mismos.

Si nos centramos en el diseño de productos, al igual que en los casos anteriores, la participación del usuario en el proceso de toma de decisión supone un importante aporte para alcanzar soluciones adaptadas a requerimientos reales y conectar empresa-diseñador-usuario para propiciar resultados más satisfactorios y eficaces.

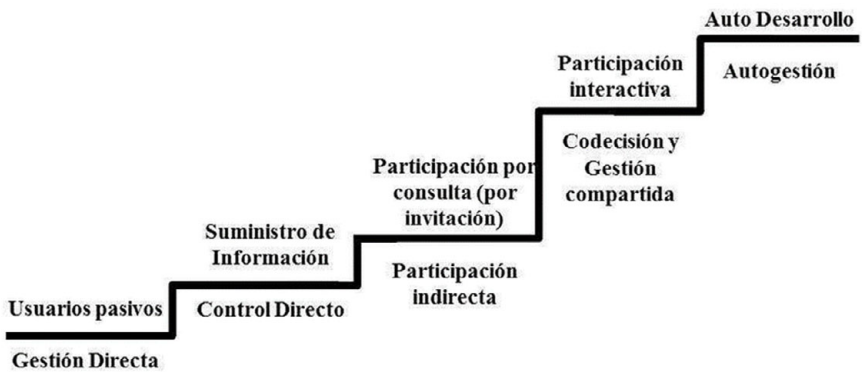
Para realizar ese acercamiento a la opinión del usuario suelen emplearse técnicas de sondeo, mediante encuestas telefónicas y cuestionarios digitales, aunque también pueden ponerse en prácticas técnicas participativas más complejas a través de las que el diseñador y el usuario interactúan en un proceso de co-diseño colaborativo.

## 1.1. Participación en procesos de toma de decisión

El concepto participación ha sido utilizado en numerosas ocasiones durante los últimos años para referirse a procesos de toma de decisión en los que se requiere la implicación de los actores involucrados en el objeto de diseño.

Sin embargo, el grado de implicación de los actores en ese proceso de toma de decisión define el tipo de participación que va a desarrollarse. De esta forma, numerosos autores hacen referencia a la escalera de la participación en la que, en función del peldaño en el que nos situemos, podemos hablar de procesos en los que meramente se informa a los actores participantes, lo que le otorga un carácter consultivo, o alcanzar los peldaños más altos en los que las personas participantes se involucran de manera directa en el proceso de toma de decisión, dotando a las soluciones alcanzadas de un consenso pero a su vez haciendo que, por la implicación y colaboración de distintos agentes, se obtengan soluciones creativas que permiten aumentar su grado de viabilidad, por contar con el apoyo de los actores que tendrán que ponerlas en práctica o desarrollarlas.

***FIGURA 1.*** Escalera de la participación.




Fuente: Los desafíos del nuevo poder local: la participación como estrategia relacional en el gobierno local. Polis, Revista de la Universidad Bolivariana, 4 (12) (Alguacil, 2005)

En este contexto, según el sociólogo Manuel Montañés (2009), la participación actúa como soporte para la construcción del conocimiento científico, dado que permite compatibilizar las distintas miradas que sobre una realidad presentan distintos sujetos observadores. En ese sentido, podemos hablar del paso de la transdisciplina a la transectorialidad, como apunta Víctor Pelli (2010) al referirse a la participación como vía de integración del conocimiento de distintos sectores de la sociedad, lo que reconoce el conocimiento experto pero también el vivencial de aquellos agentes asociados a la realidad analizada.

Rodríguez Villasante (1993) hace mención a la idea de generar un intercambio de saberes técnicos y sociales, la denominada ecología de los saberes, lo que apunta al concepto de participación ecosistémica basada en la idea de que cada actor participa de distinto modo, en base a su perfil social, cultural etc. pero la conjunción de distintos saberes y putos de vista permite alcanzar un intercambio global equilibrado.

En esa línea, haremos mención al término Investigación-Acción-Participativa (IAP) como herramienta colaborativa que posibilita la construcción de conocimiento colectivo. A pesar de que en torno a este concepto podemos encontrar referentes europeos, señalaremos como pioneros en el campo a distintos grupos latinoamericanos que en los años 80 y 90 comienzan a trabajar en esa línea bajo la influencia de Paulo Freire y sus pedagogías populares (1969). Es el caso del sociólogo colombiano Orlando Fals Borda, que introduce conceptos como la investigación colectiva, la puesta en valor de la cultura popular o la comunicación multivocal. En España, el termino IAP es popularizado por Paloma López de Ceballos, Jesús Ibáñez o Tomás Rodríguez Villasante (López, 2010).

Tomás Alberich define la IAP como un "método de estudio y acción que busca obtener resultados fiables y útiles para mejorar situaciones colectivas, basando la investigación en la participación de los propios colectivos a investigar" (2007:6). Montse Rosa y Javier Encina señalan que “La IAP no es otra cosa que una espiral espacio-temporal que alentada por expertos metodológicos ayuda a la población a definir sus necesidades y a buscar satisfactores, lo cual genera un proceso de intercambio y construcción colectiva del conocimiento que puede provocar acciones de cambio” (2003:94). Por su parte, Rocío Valderrama añade que la IAP

facilita el análisis de "deseos, conflictos, preocupaciones, necesidades, capacidades, recursos, y permite planificar acciones y medidas para transformarla" (2013:60)

De esta forma, la IAP se caracterizará por ser un método de investigación que centra la creación de conocimiento en la participación de los protagonistas de la realidad analizada. A su vez, se trata de procesos con un carácter cíclico en el tiempo, en los que el debate se abre y reabre para profundizar en el análisis, las propuestas y en la apropiación de estas por parte de los participantes. Al mismo tiempo, y como ya se ha señalado, en estos procesos se producirá un intercambio de saberes técnicos y populares, por lo que deberán diseñarse para fomentar la participación de todo tipo de agente que resulte relevante para el objeto de estudio.

### 1.2. Procesos participativos de referencia

Existen numerosos ejemplos de procesos participativos ligados a fases de toma de decisión. Generalmente suelen asociarse al desarrollo de políticas públicas en las que se establecen mecanismos de exposición pública de leyes y planes, con un periodo de alegación, presentación de propuestas etc. Sin embargo, junto a estos mecanismos definidos legalmente, y que tienen un carácter meramente informativo en la mayor parte de los casos, encontramos otros ejemplos más ligados a la participación real y efectiva de los agentes involucrados en el proceso, y en concreto en torno a experiencias ligadas al diseño en distintas escalas:

#### 1.2.1. Diseño y planificación urbana

Ya sea para el desarrollo de planes a escala de ordenación del territorio, planes de ordenación urbana o planes de desarrollo urbanístico de sectores concretos de la ciudad, se define a nivel legal un mecanismo de exposición pública de las estrategias propuestas por estas figuras y un periodo de alegación para presentar propuestas, quejas o sugerencias en relación a estos. Sin embargo, son cada vez más los entes públicos que proponen profundizar en estos procesos para facilitar la participación efectiva de agentes afectados por las decisiones a desarrollar en estos planes, lo que supone la realización de reuniones informativas, consulta

digital a través de cuestionarios sobre temas concretos, y en los casos más avanzados, procesos participativos con implicación real de los actores protagonistas.

En esa línea, hemos asistido en los últimos años a la proliferación de ayuntamientos que, bajo la idea de "gobierno abierto", han apostado por establecer vías de diálogo con los agentes involucrados para dar respuesta a distintos retos planteados, lo que permite contar con múltiples miradas y puntos de vista para alcanzar soluciones consensuadas. No obstante, y a la vista de los resultados alcanzados por experiencias de este tipo, podemos señalar que en general la puesta en marcha de estos procesos resulta compleja y que es difícil garantizar la incidencia real de los ciudadanos participantes, por lo que pese a las expectativas iniciales, estos procesos terminan convirtiéndose en reuniones informativas que en muchos que no alcanzan cuotas reales de participación.

No obstante, haremos mención a algunas experiencias de interés puestas en marcha en esta línea, y que pueden servir de referente al estudio que nos ocupa (Guëmes 2018).

- Aragón Participa:

  Se trata de una experiencia exitosa de promoción, apoyo y asesoramiento que busca incluir la participación ciudadana en la elaboración de políticas públicas a través del desarrollo de talleres de debate presenciales, al amparo de la Ley 8/2015, de 25 de marzo, de Transparencia de la Actividad Pública y Participación Ciudadana de Aragón.

  Para ello se ha creado LAAAB: Laboratorio de Aragón [Gobierno] Abierto, un blog que funciona como espacio colaborativo en la red para intercambio de ideas, así como la red social "Aragón Gobierno Abierto", que busca acercar la relación entre administración y ciudadanía.

- Decide Madrid:

  Se trata de un mecanismo en red puesto en marcha por el ayuntamiento de Madrid para fomentar la transparencia y la

participación. El sistema facilita a los ciudadanos la posibilidad de realizar consultas, propuestas o votar sobre cuestiones planteadas por el gobierno municipal, lo que ofrece una vía sencilla de acceso para la población, pero al mismo tiempo vuelve a redundar en ese carácter consultivo, ya que carece del aporte cualitativo que puede aportar el debate y el diálogo directo entre participantes.

– Granada Proyecta:

  Se trata de una iniciativa participativa que integra a la comunidad universitaria y empresarial, ciudadanía en general, asociaciones, movimientos sociales y personal vinculado al ayuntamiento de Granada para debatir sobre turismo sostenible y generar propuestas ligadas al plan de turismo de la localidad.

– Escuela de participación ciudadana en Córdoba:

  Puesta en marcha por el ayuntamiento y dirigida a ampliar los conocimientos de la ciudadanía, responsables políticos y personal municipal para mejorar la calidad de los procesos participativos llevados a cabo.

– Planes Municipales de Vivienda y Suelo de Bormujos y Bollullos de la Mitación (Sevilla):

  En la línea de la planificación municipal, estos dos ayuntamientos sevillanos redactan en 2017 sus planes municipales de vivienda y suelo vinculando su elaboración al desarrollo de un proceso de Investigación-Acción-Participativa llevado a cabo por un equipo de investigadores de las Universidades de Sevilla y Pablo de Olavide. Como resultado, se desarrollan un conjunto de talleres ciudadanos, técnicos y políticos en los que se definen las necesidades y demandas de la población en materia residencial, para después pasar a establecer, de forma colaborativa y consensuada, las principales estrategias para afrontarlas y que sirven como base para la redacción del programa de actuaciones previsto por ambos planes.

***FIGURA 2.*** Taller de participación ciudadana del Plan Municipal de Vivienda y Suelo de Bormujos (Sevilla)

Fuente: PMVS Bormujos. El taller Ecosocial de Hábitat Cuatro

### 1.2.2. Diseño de edificios y viviendas

Al igual que en el caso de la planificación urbana, también encontramos procesos de toma de decisión ligados al diseño de edificios y viviendas. En estos casos, no siempre son promovidos por la administración pública, sino que parten de los propios usuarios que buscan implicación real en el proceso de diseño de sus edificios y viviendas.

Aunque pueden mencionarse ejemplos concretos en esta línea, nos centraremos en analizar un modelo de trabajo que resulta de enorme interés para el estudio que nos ocupa, ya que establece pautas para el diseño participativo de viviendas que podremos extrapolar al de productos.

Se trata del denominado **método Livingston**, desarrollado por el arquitecto argentino Roberto Livingston, en el que se propone trabajar de manera directa con los usuarios de una vivienda para determinar sus expectativas respecto a esta y poder así diseñarla atendiendo a sus necesidades y deseos.

Según señala el propio Livingston, su método permite decodificar la demanda real del cliente con el objetivo de potenciar sus propias ideas y ofrecerle soluciones alternativas basadas en sus deseos originales. De esta forma, a través de una serie de encuentros entre el arquitecto y sus clientes (la familia al completo) se definen las demandas y necesidades de estos utilizando una serie de juegos y dinámicas que permitirán compatibilizar los deseos de cada miembro de la familia y, si se trata de la reforma de la vivienda actual, los problemas que ésta presente para dar respuesta a esas demandas.

El método se estructura en cuatro pasos claramente definidos, asociando a cada uno de ellos distintas dinámicas de trabajo participativo que pasaremos a especificar:

1. **El pacto.** En primer lugar, se lleva a cabo una entrevista inicial con la familia a fin de determinar el tipo de trabajo que se requiere. En esta reunión inicial se establece la hoja de ruta a seguir para desarrollar el proceso participativo.
2. **Sitio y nueva escucha.** Tras la primera entrevista, se lleva a cabo un nuevo encuentro en el que adentrarse en la situación actual de la familia: número de miembros, edades, trabajos, previsión de cambios futuros etc. Al mismo tiempo se le pide al cliente que aporte un croquis de su casa que dará lugar a lo que se denomina Plano del Cliente (PC), que el arquitecto dibujará siguiendo sus indicaciones. A partir de ese plano, se realizarán una serie de dinámicas de trabajo con el cliente:

– **Más-Menos.** Se pedirá al cliente que defina lo que más le gusta de su casa y lo que menos.

– **Ejercicio fiscal.** Al mismo tiempo, se pedirá al cliente que amplíe sus quejas sobre su casa actual, tengan o no solución.

– **Casa final deseada.** Olvidando la casa actual, se pide al cliente que describa cuál sería su casa ideal, dentro de lo razonable y evitando descripciones genéricas. Al mismo tiempo se pide que se puntúen los deseos expresados para saber cuáles tienen mayor o menor prioridad.

- **Los globos.** Se trata de una técnica a través de la que visualizar espacios genéricos que ayuden a concretar la organización espacial de la casa.

3. **Variantes.** A partir de la información obtenida mediante las dinámicas señaladas, el arquitecto trabajará en diferentes variantes de diseño siguiendo cuatro pasos:

- **Creación del campo.** Se recupera toda la información de la fase anterior y se coloca a la vista, de forma gráfica, para poder analizarla en conjunto de un vistazo.

- **Aparato para juzgar variantes.** Se organizan los apuntes tomados en dos columnas: Problemas y Deseos. Se recogerán de manera específica los deseos de mínimas señalados (con mayor prioridad).

- **Fuegos artificiales.** En esta dinámica nos alejaremos de la sensatez, realizando propuestas para tratar de dar respuesta a las premisas planteadas por el cliente a través de la elaboración de croquis. Se recomienda hacerlo a mano y utilizando papel transparente, para poder trabajar en diferentes variantes de manera sencilla.

- **La sensatez.** Tras el trabajo en diferentes variantes, el arquitecto deberá aterrizar en los problemas y deseos del cliente, confrontando las distintas opciones planteadas con el aparato para juzgar variantes, lo que hará necesario que se redibujen nuevas propuestas que acerquen las soluciones teóricas a la realidad definida.

*FIGURA 3. Aparato para juzgar variantes y propuestas en fase de sensatez elaboradas según el método Livingston para desarrollar un proyecto de reforma para una pareja de Sevilla en contexto del desarrollo del curso de Introducción a la Producción y Gestión Social del Hábitat del Centro de Formación Permanente de la Universidad de Sevilla.*

Fuente: Contenido en la publicación Hábitat en Proceso.
Fernández Rodríguez, J. F. (2020). Reforma de vivienda para una pareja.
Hábitat en procesos.

4. **Presentación de variantes y ajuste final.** A partir del trabajo desarrollado, se vuelve a concertar una reunión con los clientes para presentar tres o cuatro soluciones alternativas que el cliente evaluará y sobre la que se trabajará en un ajuste final hasta alcanzar una solución consensuada.

### 1.3. Participación del usuario en el diseño de productos

No cabe duda de que la implicación real y efectiva de agentes involucrados en un proceso de diseño, en la línea de lo expuesto en puntos anteriores, contribuirá a que las soluciones alcanzadas resulten más viables. Así, y como sucede en el diseño urbano o arquitectónico, para el caso de un proceso de diseño de productos resultará igualmente

importante contar con la participación de los usuarios destinatarios del objeto de diseño ya que:

- El producto se adaptará mejor a los requerimientos de los usuarios.
- El resultado resultará más eficaz y satisfactorio, atendiendo a cuestiones funcionales, pero también estéticas o de diseño.
- Permitirá establecer una conexión entre Diseñador / Empresa / Usuario para garantizar que el producto diseñado y comercializado tenga una acogida positiva por parte del potencial público que lo va a consumir.

### 1.4. TÉCNICAS DE SONDEO EN DISEÑO DE PRODUCTOS

Para recoger la opinión de usuarios dentro de un proceso de diseño de productos existen diferentes técnicas, que generalmente tienen carácter de sondeo para así poder incluir a un mayor segmento de la población y garantizar que la muestra es suficientemente amplia y heterogénea. De esta forma, encontramos técnicas como:

- Encuestas telefónicas, realizadas de forma aleatoria para recoger información sobre preferencias de consumo a nivel general, o de productos concretos.
- Cuestionarios digitales para recoger información general de consumo, o consultas específicas sobre productos concretos.

Junto a estas técnicas de sondeo, son menos los casos en los que se introduce la opinión del usuario en el propio proceso de diseño, haciendo que diseñador y usuario se interrelacionen y exista una incidencia real de su opinión / deseos en el objeto diseñado, convirtiéndolo en un proceso de co-diseño colaborativo. No obstante, si son más los ejemplos de trabajo en torno a grupos de expertos que participan en procesos de toma de decisión para el diseño de productos de diversa índole, basados en su conocimiento técnico y experiencia.

## 2. OBJETIVOS

Una vez expuesto el marco en el que se encuadra la presente comunicación, pasaremos a señalar el objetivo general y específicos en los que se centra el estudio:

### 2.1. Objetivo general

En este contexto, el objetivo de la presente comunicación es analizar cómo puede abordarse el diseño industrial de productos en el entorno educativo desde la participación, introduciendo técnicas en el aula que permitan incluir al usuario en el proceso de toma de decisión para alcanzar soluciones creativas que respondan a sus demandas.

### 2.2. Objetivos específicos

Señalado el objetivo general de la investigación, apuntaremos hacia algunos de los objetivos específicos a los que trata de atender la comunicación y que definiremos como interrogantes del estudio a realizar:

- ¿Cómo introducir técnicas en el aula que permitan incluir al usuario en el proceso de toma de decisiones?
- ¿En qué medida influye en el proceso de diseño la incorporación de las demandas del usuario?
- ¿Cómo afecta la participación del usuario al producto final resultante?

De esta forma, expondremos en el estudio qué técnicas utilizaremos en el aula para introducir la toma de decisión del usuario en el proceso creativo, definiendo cómo esto influirá en el proceso de diseño y el trabajo del diseñador. Al mismo tiempo, analizaremos cómo el resultado alcanzado tendrá en cuenta las demandas de los usuarios y en qué medida responderá a sus requerimientos, que entenderemos como requisitos de mercado a los que dar solución.

## 3. METODOLOGÍA

A partir del análisis de experiencias previas en esta materia, a las que hemos hecho mención anteriormente, extraeremos claves que nos permitan concluir en qué medida la incorporación de técnicas participativas en el diseño industrial de producto en ámbito docente contribuirá a alcanzar una mayor concreción en la definición del objeto diseñado, adaptado al usuario.

### 3.1. Análisis de experiencias previas

Vistas algunas de las experiencias mencionadas en el apartado introductorio de la comunicación, nos centraremos para el desarrollo metodológico de este trabajo en el método propuesto por Roberto Livingston para el caso del diseño de viviendas. De esta forma, y partiendo de las técnicas participativas señaladas por este autor, estableceremos una hoja de ruta para el desarrollo de un proceso de este tipo aplicado al diseño de productos en entorno académico.

Hemos de señalar que esta propuesta metodológica, si bien ha comenzado a ponerse en práctica de forma introductoria en cursos previos, no ha llegado a desarrollarse en su totalidad, y serán los resultados observados a lo largo de esos primeros intentos de desarrollo participativo en el aula los que ayudarán a terminar de perfilarla para su implementación en cursos futuros.

### 3.2. Propuesta de trabajo en el aula

La estructura general del trabajo a llevar a cabo para desarrollar la experiencia girará en torno a tres puntos:

- Diseño de prácticas propuestas en clase.
- Diseño de técnicas participativas/asignación de roles de diseñador y usuario para el desarrollo de sesiones críticas durante el desarrollo del trabajo.
- Seguimiento del trabajo/evolución durante el curso.

Para el desarrollo de esta experiencia nos centraremos en el trabajo llevado a cabo durante el curso académico 2020-2021 y 2021-2022 en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, en la asignatura Expresión Artística II del grado en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

El curso se estructura en torno al desarrollo de tres trabajos prácticos: uno ligado al diseño gráfico de carteles; el segundo dirigido al diseño de un producto o familia de productos; el tercero, destinado al diseño de la identidad corporativa de una empresa o entidad.

Centrándonos en la tercera práctica del curso, se pide al alumnado que desarrolle un trabajo de diseño de identidad corporativa de una empresa, definiendo un logotipo / imagotipo, un manual de identidad corporativa asociado a la marca y tres productos pertenecientes a la misma. El trabajo se desarrolla en grupos de cuatro estudiantes, realizándose un total de cuatro proyectos en el aula en el curso 2020-2021 y tres proyectos en el curso 2021-2022.

- Curso 2020-2021: La temática del curso es "vida saludable". Se desarrollan cuatro trabajos: uno dedicado a una empresa que imparte cursos de cocina saludable; un segundo dedicado a la imagen corporativa de un gimnasio asociado a la universidad; un tercero dedicado a una empresa de alfajores argentinos elaborados con productos ecológicos; un cuarto dedicado a una empresa de productos estéticos para jóvenes desarrollados de forma ecológica.

- Curso 2021-2022: La temática del curso es "museografía y exposiciones". Se desarrollan tres trabajos: uno dedicado a una empresa de catering para atender las inauguraciones asociadas al museo del Louvre; un segundo dedicado a una bodega que realiza visitas guiadas y catas; un tercero destinado al desarrollo de la marca de un museo astronómico en la ciudad de Sevilla.

Cada uno de los grupos desarrolla un trabajo de definición de las características de la empresa en torno a la que va a trabajar y el target al que va destinado, ya sea público general, sector de la población infantil,

joven, adulta etc. Hemos de señalar que, dentro del contexto temático general del curso antes mencionado, se da total libertad al estudiantado para definir el tipo de empresa sobre la que trabajar.

Una vez definidas las características de la empresa, cada grupo comienza a trabajar en el desarrollo de su proyecto de diseño de identidad corporativa, atendiendo a cuestiones estéticas, formales y semánticas para conseguir una imagen que dé respuesta a los deseos de la marca y que al mismo tiempo resulte atractiva para el potencial público al que va dirigido.

Para ello, se trabaja en clase durante las cinco semanas de duración de la práctica y se establece una fecha de pre-entrega intermedia y de sesiones críticas para la revisión del trabajo avanzado.

Esas sesiones críticas serán las que sirvan para desarrollar el citado proceso participativo en el que el estudiantado asume el rol de usuario y opinan sobre el trabajo de sus compañeros. Para ello, se utiliza un modelo de trabajo asambleario en el que, a través del debate, opinar sobre las cuestiones centrales del trabajo de diseño de la marca y los productos asociados, como son:

- Uso del color
- Uso de la tipografía
- Semántica del producto
- Elementos de composición

De esta forma, cada grupo, alternando la persona portavoz, tendrá que dar su opinión acerca del diseño realizado por sus compañeros para determinar si responde a las premisas planteadas por la empresa, de forma que se pueda alcanzar un cuadro final en el que recoger todas las opiniones como recurso a través del cual cada grupo pueda redefinir su diseño e incorporar estas opiniones para alcanzar un resultado más ajustado a las ideas de otros usuarios del producto objeto de estudio.

Además de estas cuestiones, se propone introducir en próximos cursos el desarrollo de técnicas más específicas dentro de estas sesiones de puesta en común que ayuden a acotar el debate, guiarlo, y servir de apoyo al estudiantado para facilitar su participación. De esta forma, y atendiendo al método Livingston antes mencionado, se propone poner

en práctica durante esas sesiones críticas dinámicas ya explicitadas: Más-Menos, para definir qué es lo mejor y peor del diseño presentado; Aparato para juzgar variantes, para organizar las premisas de la empresa y ayudar a seleccionar entre distintas soluciones propuestas; o fuegos artificiales, a modo de lluvia de ideas en la que olvidar la sensatez y tratar de aportar soluciones que respondan a las necesidades establecidas.

## 4. RESULTADOS

Bajo la estructura antes mencionada y tras el trabajo desarrollado en formato taller semanalmente, el alumnado presenta cuatro trabajos en el curso académico 2020-2021 y tres en el curso 2021-2022, con distinto grado de desarrollo aunque en general cumpliendo con los mínimos exigidos para el planteamiento de la práctica.

A partir de estos trabajos, podemos hacer mención a dos aspectos fundamentales relacionados con los resultados alcanzados en la experiencia puesta en marcha:

### 4.1. Resultados alcanzados en relación al proceso participativo

Centrándonos en el proceso participativo, señalaremos que se desarrolló en el tiempo estimado de clase durante el desarrollo de un par de sesiones prácticas. En estas sesiones se solicitaba la participación del alumnado en relación a los trabajos expuestos por sus compañeros que realizaban una doble exposición: primero "ciega" en la que sólo mostraban el trabajo gráfico realizado sin comentarios o aclaraciones para que comunicaran únicamente de forma gráficamente sus ideas; y una exposición posterior comentada.

Tras la primera presentación "ciega" se solicitaba al alumnado que realizara aportaciones y comentarios al trabajo presentado por sus compañeros, lo que resulta complicado de conseguir cuando es de carácter voluntario. Por eso, se optó por asignar a cada grupo un bloque de trabajo de los arriba mencionados (uso del color, uso de tipografía, semántica de producto y elementos de composición) de forma que supieran de

antemano en qué aspectos fijarse durante la presentación para posteriormente hacer comentarios o aportes en esa línea.

Además, se pedía que en cada turno de palabra participara un miembro el grupo, a modo de portavoz, de forma que todos finalmente intervinieran en la sesión.

***TABLA 1.*** *Hoja resumen de las aportaciones realizadas durante la sesión crítica de los distintos grupos de trabajo. Curso 2020/2021*

| **TURNO DE INTERVENCIÓN POR GRUPOS** | | **RESULTADO DE COMENTARIOS POR GRUPOS** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **GRUPO** | **ASPECTO A COMENTAR** | **GRUPO 1** | **GRUPO 2** | **GRUPO 3** | **GRUPO 4** |
| G1_ | IDENTIDAD CORPORATIVA / SEMIÓTICA | Revisar logo para transmitir imagen joven de la empresa (sketching de exploración) | Se transmite una imagen de universidad y de deporte con el imagotipo propuesto | Las ideas propuestas transmiten la idea planteada. Hay que centrar todo y optar por una | Se transmite la idea en general con las propuestas planteadas, salvo las que incluyen círculos |
| G2_ | ELEMENTOS DE COMPOSICIÓN | Combinar logo y texto (aislamiento, alturas, simetría) para que quede relacionado | Poner en relación con elementos de la universidad para que la identidad corporativa del centro case. Probar combinación de imagotipo-naming-logo | Trabajar en la composición de logo e imagotipo para que se reconozca como uno | Revisar combinación de logotipo y frase adicional. Podrá o no aparecer según el caso |
| G3_ | TIPOGRAFÍA | Probar distintas tipografías para ver si responde a la idea planteada | Poner en relación con identidad corporativa de la universidad y tipografía de otros centros asociados | Tipografía adecuada. Relacionar con imagotipo para que se reconozca como texto | Se considera adecuada |
| G4_ | COLOR | Gradiente de color adecuado. Probar como se relaciona el color del logo y del texto | Poner en relación con colores de la universidad y otros centros. Ver si texto e imagotipo tienen o no el mismo color | Pensar en colores para imagotipo y texto. Puede ser el mismo o diferente. Analizar colores fondo | Revisar el uso del color en el logo, para jugar con la combinación de palabras ALFAMEJOR |

Fuente: Elaboración propia

### 4.2. Resultados alcanzados en cuanto a la definición de los diseños realizados

Con el feedback del profesorado y los compañeros, cada grupo tenía dos semanas de plazo para terminar el trabajo atendiendo a las cuestiones comentadas. Si bien es cierto que las apreciaciones, sobre todo de los compañeros, no resultaron muy incisivas ni supusieron un enorme cambio en el planteamiento inicial de los trabajos, todos los grupos tuvieron en cuenta la opinión del resto de compañeros y corrigieron los aspectos señalados para atender a necesidades y requerimientos que podrían resultar de interés para posibles usuarios de la marca y los productos que se estaban diseñando.

## 5. DISCUSIÓN

Visto el resultado alcanzado por el estudiantado en el desarrollo de la práctica, pasaremos a analizarlos, indicando cuáles han sido los aspectos positivos y negativos observados en el proceso:

### 5.1. Aspectos positivos

- Capacidad del alumnado de incluir la opinión / demanda del usuario en su proceso creativo de diseño. Se observa como el estudiantado, asumiendo el rol de diseñador, es capaz de ajustar su diseño para dar respuesta a las demandas de otros usuarios, haciendo que el resultado alcanzado satisfaga a un sector de la población más amplio.

- Competencias en el análisis / exposición de ideas sobre el trabajo de compañeros / compañeras. El planteamiento de desarrollo de un trabajo participativo, en el que el estudiantado no solo tiene que presentar sus trabajos sino opinar sobre el trabajo de sus compañeros, hace que adquieran capacidad crítica y analítica, lo que se considera un punto positivo de la experiencia.

- Acercamiento al trabajo de diseño bajo el uso de técnicas participativas. No cabe duda de que la experiencia también abre un campo, el de la participación, al alumnado que tiene una primera experiencia de este tipo y entiende que en el proceso de diseño ha de incorporar múltiples miradas.

- Productos resultantes adaptados a las necesidades del usuario. Los productos resultantes responden a las necesidades planteadas en clase, y por tanto tienen la capacidad de satisfacer las necesidades del sector de la población representado por el estudiantado participante en el proceso.

### 5.2. Aspectos negativos

- Dificultad inicial del estudiantado a la hora de juzgar / opinar sobre el trabajo de compañeros y compañeras. Es cierto que la participación voluntaria se convierte en un hándicap a superar en este tipo de experiencias, lo que normalmente suele solventarse estableciendo turnos concretos en los que cada usuario ha de participar y acostumbrarse a dar su opinión, tan válida como la de cualquiera.

- Limitaciones al proceso de diseño y proceso creativo por el aumento de condicionantes impuestos por los usuarios. En este caso, no fueron muchos los condicionantes incluidos, pero es cierto que supone cierta dificultad dar respuesta a distintos requisitos que en algunos casos pueden resultar contradictorios.

- No todo el estudiantado se involucra de la misma forma en el proceso y desarrollo de dinámicas. Pese a tratar de estructurar los turnos de intervención, siempre hay estudiantes a los que les cuesta más participar. No obstante, este tipo de experiencias siempre resultan positivas para ir adquiriendo fluidez en este tipo de competencias, que deberían tener continuidad en los siguientes cursos del grado.

## 6. CONCLUSIONES

Como resultado de esta dinámica obtenemos una serie de productos diseñados bajo parámetros propios de la participación, lo que influirá en su definición final. Además, a través de esta experiencia, el alumnado llevará a cabo un proceso de diseño de productos atendiendo a la opinión de otros usuarios, lo que permitirá establecer un diálogo y entendimiento a fin de alcanzar resultados satisfactorios para distintos agentes, dando respuesta así a las demandas de la sociedad.

De esta forma, el uso de dinámicas en el aula que faciliten la participación del usuario en el proceso de toma de decisión en el diseño de productos supone:

- Una primera experiencia del alumnado en el desarrollo de un proceso de diseño de productos atendiendo a la opinión de otros usuarios.
- Una mejora de la capacidad analítica / crítica del estudiantado al tener que pasar del rol de diseñador al de usuario.
- Mejoras en cuanto a la capacidad expositiva y de presentación de ideas.
- Contribuye a que se establezca un diálogo y entendimiento para alcanzar resultados satisfactorios que den respuesta a las demandas de la sociedad.

No obstante, de cara al desarrollo de experiencias futuras en esta línea, se podría plantear el diseño de dinámicas más específicas, seguramente en asignaturas o prácticas con un mayor recorrido temporal a lo largo del curso, que vincule métodos como el de Livingston, antes expuesto, con uno propio asociado al diseño de productos.

Al mismo tiempo, potenciar la participación del estudiantado en el aula siempre resultará adecuado, sea con técnicas concretas o simplemente estableciendo debate, lo que enriquece a quienes reciben los comentarios, pero también a quienes los realizan.

## 7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo llevado a cabo ha podido realizarse gracias al soporte que supone la asignatura Expresión Artística II del grado en Ingeniería del Diseño Industrial y Desarrollo del Producto y su coordinadora, así como al alumnado del grupo 1 de la misma que lo ha cursado los años académicos 2020-2021 y 2021-2022.

## 8. REFERENCIAS

Alberich Nistal, T. (2007). Investigación-Acción Participativa y mapas sociales. Benlloch.

Alguacil Gómez, J. (2005). Los desafíos del nuevo poder local: la participación como estrategia relacional en el gobierno local. Polis, Revista de la Universidad Bolivariana, 4 (12)

Eissen, K., Steur, R. & Noriega, J. (2013). Bocetaje: las bases. Editorial Gustavo Gili

Fernández Rodríguez, J. F. (2020). Reforma de vivienda para una pareja. *Hábitat en procesos.*

Fernández Rodríguez, J. F. (2020). Participación para la activación de vivienda vacía en Andalucía: Desarrollo de instrumentos de regulación y planificación urbano-habitacional para la co-gestión del parque inmobiliario infrautilizado en ámbito local. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla

Güemes, C., Resina, J., & Cruz-Rubio, C. (eds.) (2018). Participación ciudadana: Experiencias inspiradoras en España. Grupo de investigación en gobierno, administración y políticas públicas.

López Medina, J.M. (2010). Metodologías Participativas para la Gestión Social del Hábitat. Hábitat y Sociedad, (1), 83-103.

Livingston, R. (2021). Arquitectos de familia: El método. Arquitectos de la comunidad. Nobuko.

Montañés Serrano, M. (2009). Metodología y técnica participativa. Teoría y práctica de una estrategia de investigación participativa. Editorial UOC.

Munari, B. (2016). ¿Cómo nacen los objetos?: apuntes para una metodología proyectual. Editorial Gustavo Gili. 2º Edición

Pelli, V.S. (2010). La gestión de la producción social del hábitat. Hábitat y Sociedad, (1), 39-54.

Rodgers, P., & Milton, A. (2011). Diseño de producto. Editorial Promopress.

Rodríguez-Villasante, T. (1993). Aportaciones básicas de la IAP a la epistemología y metodología. Documentación social, (92), 23-42.

Rosa, M. & Encina, J. (2003). Haciendo metodología al andar. En: Encina, J.; Ávila, M.A.; Fernández, M. & Rosa, M. (Coords.). Praxis participativas desde el medio rural. Construyendo ciudadanía (pp. 89-116). CIMAS.

Terstiege, G. (Ed.). (2009). The making of design: From the first model to the final product. Birkhũser.

Valderrama Hernández, R. (2013). Diagnóstico participativo con cartografía social: Innovaciones en metodología Investigación-Acción Participativa (IAP). Revista Andaluza de Ciencias Sociales, (12), 53-65.

# ENSEÑANZA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SIMULADORES DE RADIOCOMUNICACIÓN

RAQUEL ESTHER REY CHARLO
*Universidad de Cádiz*

MARÍA EDURNE RUBERTE DE LA HIGUERA
*Universidad de Cádiz*

## 1. INTRODUCCIÓN

España ha sido un país que siempre se ha preocupado por fomentar la enseñanza. En el siglo XVIII se impulsó la química, mecánica y diseño textil. La enseñanza náutica civil, comenzó en Real Colegio de San Telmo de Sevilla en 1681, luego aparecieron centros en Málaga, Gijón o en Coruña, todos ellos beneficiados por los consulados o la junta de comercio. A parte de esos centros había Escuelas Departamentales en un principio de carácter militar y luego estatal tanto en Cádiz[10], Cartagena y Ferrol. Sobre 1851 se implantó los estudios en 3 años, repartiendo las asignaturas en sus distintos cursos.

En primero se enseñaba aritmética y algebra, dibujo lineal y geografía, sin embargo, en segundo era matemáticas donde se incluía geometría, las dos trigonometrías, curvas, logaritmos y manejos de tablas. Y en el último curso era física, náutica, pilotaje y maniobra y dibujo hidrográfico.

La escuela con el paso de los años había mejorado, pero seguía luchando por conseguir mejores condiciones, una de ella sería pasar su ubicación de Jerez de la Frontera a Cádiz. Para conseguir el traslado y ubicarlo en la capital, lo haría a través de fondos costeados por rentas privadas de distintas fundaciones, en vez de depender de fondos públicos. Las

[10] Dicho estudio se centró en la Universidad de Cádiz, al tratarse que es hoy en día la única universidad de España donde se imparte la especialidad de radioelectrónica, el tema a tratar.

gestiones realizadas para tal fin, darían sus frutos en 1863 permaneciendo, así como centro independiente hasta 1869.

La escuela estuvo ubicada en una la planta baja, donde tan solo había cuatro clases, el despacho del director, la secretaria, el almacén, y los cuartos de baños, por lo tanto, no tenía ni laboratorios ni talleres donde los alumnos realizaran sus prácticas. Los materiales eran escasos, para la clase de pilotaje tenían cronómetros (instrumento mecánico para medir el tiempo), sextantes (instrumento utilizado para medir distancia entre dos objetos, por lo general era la distancia del sol al horizonte, conociendo así la latitud), ampolletas (antiguo instrumento que servía para medir el tiempo) y compases (es un instrumento que se usa para medir distancias en la carta náutica). Para la clase de maniobra podían contar con un conjunto de cuadernales y poleas. También disponían globos de terráqueos para geografía y mesas de dibujo con dibujos lineales e industriales. (Pavón, 2000)

Al inicio del siglo XIX, se habían creado en España 16 escuelas que, a pesar del gran auge que tuvo la Marina Mercante eran excesivas por lo cual, en 1924 entró en vigor un Real Decreto que tan solo dejaba a cuatro de ellas que eran Barcelona, Bilbao, Cádiz y Santa Cruz de Tenerife. Y en el Estatuto siguiente se dividió la carrera en dos especialidades: Náutica y Máquinas.

La especialidad de Radioelectrónica se convirtió en una tercera parte de la Escuela de Náutica, tras diversas etapas que se desarrollaron como consecuencia de los medios mejorados de las comunicaciones en los buques, a raíz del hundimiento del “Titanic”(Piniella, 2017).

La siguiente reforma sufrida fue en 1961, como consecuencia de la generación de la Ley 144/61 sobre Reorganización de Enseñanzas Náuticas y de Pesca, donde se constituyó un conjunto de disposiciones que originarían la transformación de Escuela de Náutica a Escuela Técnica de Grado Medio, hoy día Escuela Universitaria. Pero en 1975 por el Decreto 1439 se convirtió en Enseñanza Superior, transformándose así en el segundo ciclo de enseñanza universitaria, a pesar de no estar integrada en el Ministerio de Educación y Ciencia.

Se trató de una época donde la Marina Mercante Española tuvo un alto prestigio y tanto fue así que eran solicitados por las más potentes Compañías mundiales, quedándose así los buques nacionales sin esos excelentes profesionales por escasez.

Aprobado el decreto anteriormente comentado, el Ministerio de Educación y Ciencia se haría cargo de los planes de estudios, que lo constituyó en dos ciclos, el primero formado por tres años y el segundo por otros dos. Tras ser reconocido como estudios superiores en 1977, solo quedaba fijar que órganos expedirían los títulos académicos y los profesionales. El Decreto del Ministerio de Presidencia 2841/80 cubrió este vacío donde la Escuela de Náutica dependería del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, convirtiéndose así en Escuela Superior de la Marina Civil con la conformidad del Ministerio de Defensa para casos de guerra o circunstancias especiales pudiendo delegar a los buques y sus oficiales de la Marina Mercante. Estableciéndose entonces las titulaciones académicas de:

- Diplomado en Marina Civil
- Licenciado en Marina Civil

Obteniendo las titulaciones profesionales con la formación a bordo de los buques en sus periodos de embarques. Para oficial de segunda un año de embarque, de los cuales un periodo de 6 meses de navegación de altura. Y para el oficial de primera, dos años de embarque.

En 1994, surge una nueva Resolución 20611 donde se da a conocer los nuevos planes de estudio para la Diplomatura en Radioelectrónica Naval a impartir en la Facultad de Ciencias Náuticas de Cádiz. A fecha de hoy, la obtención de los certificados oficiales de la Marina Mercante se realiza a través del Convenio Internacional de 1978 seno de la Organización Marítima Internacional (OMI), reformado en 2010 en Manila y denominado “Convenio Internacional para la formación, titulación y guardia de la gente de mar” (STCW 78/95).

## 2. JUSTIFICACIÓN

La Universidad española ha tenido que modificar su sistema educativo desde que intenta adaptarse al Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES), donde ya no es prioritario la enseñanza sino el aprendizaje. Esto nos lleva a un cambio de objetivo, ahora se busca las competencias del alumno que está englobado en sus conocimientos, habilidades, actitudes y capacidad para afrontar un problema.

Esto nos lleva a que el docente debe destinar la clase al aprendizaje de esas competencias, con ello pone de manifiesto que el docente tiene que modificar su metodología usada hasta ahora en el aula por otras nuevas (García et al., 2013) (Bazán et al., 2020) (Cifuentes-Faura, 2020). La metodología activa potencia la participación del alumno, dejando al lado al alumno simplemente receptor. Ahora se trabaja con alumnos que han crecido y aprendido con las nuevas tecnologías por lo que las controlan y están conectados casi siempre.

Por todo lo comentado anteriormente, la Universidad se encuentra inmersa en la mejora constante de sus planes y programas de estudio, llevando a cabo un programa docente donde se muestren las exigencias de la sociedad. Para llevarlo a la práctica, se fomenta la formación de habilidades que el alumno debe tener para el desempeño profesional. Por eso, es tan importante la metodología empleada por el docente y los recursos que este emplee para que el alumno no solo consolide conocimiento sino también adquiera procedimientos y modos de actuación.

La Escuela de Ingenierías Marina, Náutica y Radioelectrónica, es una escuela de formación a futuros marinos mercantes, donde se encuentra claramente distinguida las tres especialidades:

- Marina, enfocada a formar a Jefes de Máquinas,
- Náutica a futuros Capitanes u Oficiales de Puente e
- Ingeniería Radioelectrónica, donde se centra el presente artículo.

El marco del presente artículo se fundamenta en la experiencia alcanzada de los años de entrega, tanto en la docencia teórica como en la

docencia práctica en la titulación del Grado de Ingeniería Radioelectrónica, dirigida a la formación de carácter profesional como Oficial Radioelectrónico tanto de segunda como de primera clase de la Marina Mercante, títulos reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Este grado consiste en una sucesión de conocimientos específicos en el campo de la tecnología marítima que, atendiendo a sus dedicaciones se pueden recopilar en:

- Lo perteneciente a la optimización en la operación, reparación y mantenimiento de equipos e instalaciones radioelectrónicas a bordo del buque.
- Lo referente a la optimización en la operación, reparación y mantenimiento de instalaciones radioelectrónicas terrestres en todos los ámbitos industriales.

En la labor docente llevada a cabo hasta ahora, hemos observado en los estudiantes cuestiones relacionadas con el conocimiento como, deficiencias en la integración y estructuración del conocimiento, carencia de una visión global, desconocimiento de cómo abordar la relevancia de un problema, dificultades en el análisis y razonamiento... La escuela por lo tanto apuesta por una metodología a través del uso de simuladores para este tipo de aprendizaje.

Por ello, en los últimos años del grado, se ha integrado y relacionado los conocimientos de las asignaturas anteriores cursadas, mediante la utilización de los simuladores, cuyo objetivo es comprender mejor el sistema, interrelacionar los parámetros fundamentales y adquirir conocimientos especializados.

Como posibles características profesionales sobre el trabajo se puede considerar manejar múltiples equipos complejos y sus cambios tecnológicos. Ser experto en ellos, tiene un alto grado de responsabilidad que en ocasiones conlleva rapidez de respuesta, necesidad de coordinarse tanto en comunicaciones a bordo como en tierra, asignación de excesivas funciones y de diferente nivel, necesidad de tiempo para poder seguir formándose.

Entre las necesidades de formación del Oficial radioelectrónico se requiere unos resultados donde los alumnos sean más flexibles y tengan mayor capacidad para analizar, multidisciplinares, versátiles, que garanticen más eficiencia con respuestas ágiles a las necesidades encontradas, tomas rápidas de decisiones, conocimiento profundo del funcionamiento y procedimiento de operación de los equipos.

A pesar de todos los requisitos que se les requiere a los alumnos, debemos de recordar los motivos de esas exigencias, como pueden ser los logros históricos de la salvación de vidas humanas, medioambientales y económicas, gracias a las radiocomunicaciones, ya que ellos serán los encargados de las radiocomunicaciones SAR, de la recepción de partes meteorológicos, avisos a los navegantes… (Rey, 2022). Muestra de ello quedó reflejado en el primer rescate marítimo en 1909 (Fedunkiw, 2007) tras la colisión de los buques "Republic" y "Florida", o el más recordado hoy en día el hundimiento del "Titanic" en 1912 que provocó un cambio en las radiocomunicaciones. Y todos aquellos accidentes hasta la fecha donde gracias a una buena comunicación como consecuencia de un buen uso de equipo y de protocolos se ha conseguido reducir el número de pérdida de vidas humanas, reducción de impacto medioambientales, pérdidas materiales…

## 3. METODOLOGÍA

La metodología empleada es la utilización del simulador de radiocomunicaciones para desarrollar las competencias que les compete en su puesto de trabajo. Se trabaja con una metodología activa donde el alumno toma el rol de oficial radioelectrónico implicándose en la obtención de los objetivos.

El docente y un reducido grupo de alumnos interacciona en un espacio de aprendizaje donde se puede realizar un seguimiento de estos y evaluarlos.

El aprendizaje y la adquisición de competencias se consiguen a través de unas prácticas que pasan por distintos niveles progresivamente consiguiendo así profundizar y mejorar en los procedimientos, a través de unas situaciones reales.

## 4. SIMULADORES

Los simuladores han sido utilizados en distintos contextos, recordemos que en 1929 aparece el primer simulador de vuelo (Peña Chávarro & Vélez Fernández, 2019) y a partir de la segunda guerra mundial tiene un aumento progresivo los simuladores para pilotos.

Si nos adentramos en el sector sanitario, los simuladores surgen como medida de ayuda y apoyo tras el aumento de muertes ocurrido en Estados Unidos como consecuencia de errores médicos en 1999, lo que provocó la necesidad de una mejora en la formación a través de estos (Donaldson et al., 2000).

Esto nos lleva a que los simuladores docentes son empleados en diversas materias y por lo tanto estudiados por ellas, como podríamos decir de la rama de enfermería (Palés Argullós & Gomar Sancho, 2010), en medicina (Rodríguez-Díez et al., 2013), gestión empresarial (Cabrera et al., 2015), y química (Juárez & Alonso, 2015), entre otras.

Si hablamos de simuladores docentes, debemos recordar el cambio sufrido en la docencia como consecuencia de los avances tecnológicos y como los docentes han tenido que formarse para llegar a un nivel de formación para poder dar una enseñanza de calidad.

La docencia a raíz de los avances tecnológicos y tras la globalización y la demanda social, ha tenido que transformarse, los docentes han tenido que cambiar sus clases magistral por clases donde utilizan una metodología distinta y hace uso de recursos tecnológicos (Marcelo & Vaillant, 2019), (Sanchez-Rodriguez et al., 2020), (Cabero Almenara & Martínez Gimeno, 2019).

La necesidad de ofrecer un incremento de contenido práctico más efectivos, nos lleva al estudio en cuestión. Los grados de “Náutica y Transporte Marítimo”, “Ingeniería Marina” e “Ingeniería Radioelectrónica”, integran una serie de asignaturas practicas donde los alumnos consolidan los contenidos teóricos.

En los simuladores de navegación los alumnos pueden reproducir diferentes escenas donde los alumnos pueden gobernar un buque y así realizar las maniobras tanto de navegación, como de atraque, carga y

descarga… y tomas de decisiones en cada momento. Los simuladores de marina, ofrece a los alumnos dos posibilidades, por una parte, la sensación de estar dentro de una sala de máquina, donde a través de tres pantallas se observa por ejemplo en una de ellas un motor, en otra una depuradora… es decir los distintos elementos que constituyen una sala de máquina. Y, por otra, adentrándonos en lo que observamos en la pantalla, pueden verse ya con detalles los circuitos, las bombas u otros sistemas. Vamos pasando de una a otra dependiendo de lo que necesitemos ver.

El simulador de radioelectrónica se trata de una herramienta didáctica muy útil en los estudios de dicho grado, ya que facilita al alumno situarse en contexto en una realidad bastante fidedigna. Este hecho permite desarrollar capacidades que necesitaran para enfrentarse a problemáticas que se pueden encontrar, ya que experimentan distintas situaciones, todo ello gracias a que los simuladores ofrecen los equipos cuyas versiones son las más recientes y exigidas por las normativas aplicables.

Las prácticas en el simulador de radiocomunicaciones es el primer contacto que tienen los alumnos con los equipos de comunicación con los que en un futuro muy cercano trabajaran. Hablamos de una situación donde los alumnos deben integrar los conocimientos teóricos con sus habilidades, sus actitudes y su capacidad de adaptación en casos posiblemente reales. Este proceso de aprendizaje se lleva a cabo tras un duro trabajo de formación con la ayuda del docente.

### 4.1. Descripción del simulador

El simulador GMDSS de la empresa TRANSAS, es el último simulador adquirido por la Universidad para el grado de Ingeniería Radioelectrónica, para cumplir con los mínimos requisitos exigidos por “La Convención Internacional en Estándares de Formación, Certificación y Vigilancia para la gente de mar” (STCW) de la Organización Marítima Internacional (OMI) y la versión más moderna del “Standard for Certification of Maritime Simulators”. De la misma forma, el simulador está homologado para la impartición y expedición de los títulos profesionales tanto del Certificado Operador General (GOC), como del Certificado Operador Restringido (ROC).

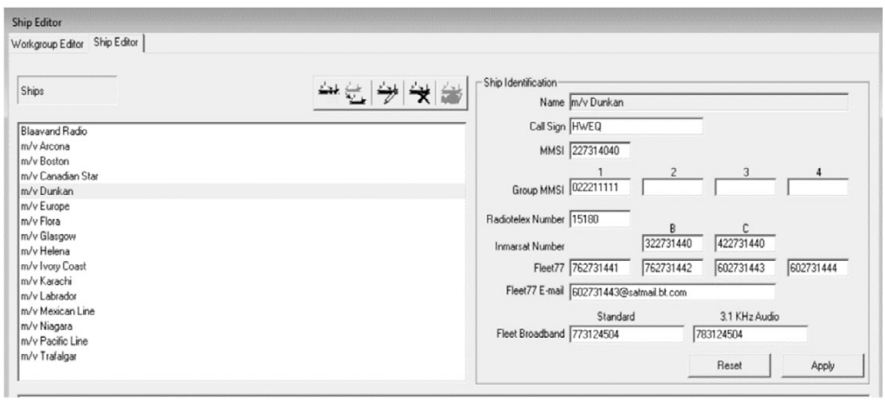
## 4.2. Características del simulador

El simulador trabaja con un potente software diseñado para operadores de radio, tanto para principiantes como para veteranos. En términos generales el simulador formará en materia de radiocomunicaciones a Oficiales Radioelectrónicos y también a futuros Capitanes y Pilotos.

Con este software, el alumno dispondrá de situaciones y escenarios reales, donde podrán entrenar operaciones de búsqueda y rescate (SAR) de forma controlada por el docente que tomaría el rol de instructor, también se realizará las comunicaciones de Rutina, Socorro, Urgencia y Seguridad.

El simulador GMDSS, ofrece al instructor (el docente encargado de la clase), la capacidad de otorgar a través de unos parámetros al alumno el rol de un buque o de una estación costera, es decir puede editar un buque.

***FIGURA 1.*** *Editor de buque*




Fuente: Manual Transas

A parte de editar el buque del alumno, puede monitorizar todos los procesos de los alumnos, siendo estos registrados. Cuando el docente lo vea oportuno, puede interferir en el tráfico de comunicaciones de los alumnos ya sea a través de meterles ruidos, bloquear el equipo que está utilizando en ese momento el alumno, para que piense que está estropeado y por lo tanto sepan reaccionar y cambiar a otro para poder realizar la comunicación…

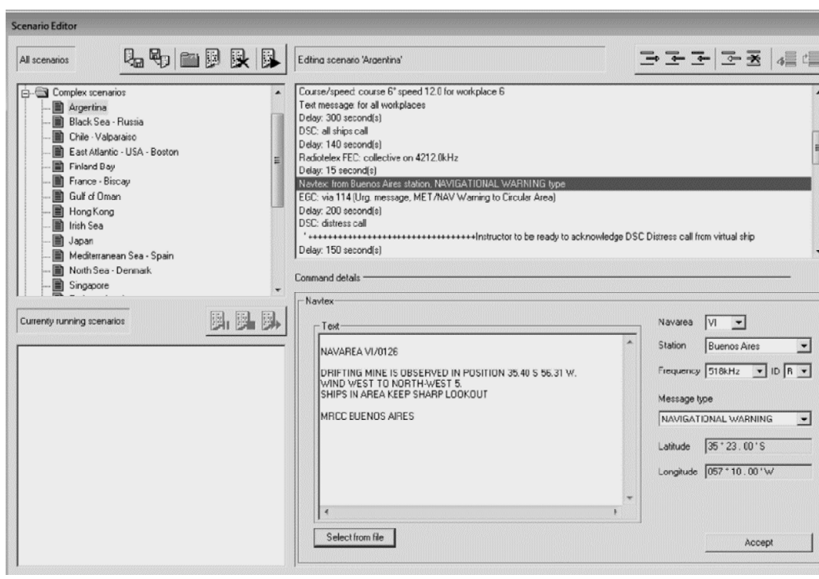
El docente tiene la capacidad de trabajar en distintos roles, es decir, puede trabajar como abonado telefónico, de estación de radio costera, como operador de RCC, otro buque.

Mientras se trabaja con el simulador, se puede crear nuevos escenarios de ejercicios, se cambia de posición a los buques, detener la conducción del ejercicio cuando sea necesario…

En la imagen inferior podemos ver la ventana del editor de escenario. En la parte superior izquierda está el campo de “All scenarios” donde se encuentra un listado de los posibles escenarios. Encima está la barra de herramienta para crear, borrar, ejecutar, importar y exportar el escenario.

En la parte superior derecha se encuentra el “Editing/Running Scenario” en el cual se utiliza para editar y visualizar un escenario. Encima de éste también hay una barra de herramienta donde encontramos crear nuevo evento, copiar, pegar, eliminar... El “Command details” en la parte inferior derecha, muestra los parámetros específicos de cada evento. Y el “Currently Running Scenarios” en la parte inferior izquierda, muestra los escenarios activos.

***FIGURA 2.*** *Editor de escenario*




Fuente: Manual Transas

Al finalizar la clase, todos los datos registrados que contienen los mensajes transmitidos en DSC pueden ser impreso e incluso se puede reproducir las comunicaciones radiotelefónicas del alumno, por lo que podemos tener una evaluación del alumno in situ.

### 4. 3 Organización de las sesiones

Al tratarse de una asignatura donde se trabaja con varios equipos de radiocomunicaciones, nos lleva a que antes de comenzar la práctica, el docente encargado de darla tiene que tener claro que equipo debe dar y preparar la escena y la situación de peligro a tratar. Esto se debe a que existe una reglamentación y normativa marítima donde se expone entre otras cosas, que equipo debe de llevar dependiendo de la zona de navegación y como es el procedimiento a seguir en los distintos tipos de llamadas.

Hay que considerar que, al ser simuladores educativos, esto nos indica que los alumnos deben estar supervisado y evaluado por el docente, que les ayudará en todo el proceso de aprendizaje.

Las sesiones de prácticas de simulación están divididas primero por equipo de comunicación a aprender

- VHF
- MF/HF
- INMARSAT
- NAVTEX
- TELEX
- AIS
- RDF
- RADIOBALIZA

Por cada equipo se organiza dos sesiones, la primera sesión sencilla y el segunda un poco más complejo, ambas sesiones tienen una duración acorde a los cursos modelos de Operador General. Las practicas están coordinadas con los contenidos teóricos, los cuales se dan antes de la realización de éstas.

El material del que dispone los alumnos se encuentra en la plataforma virtual de la asignatura donde pueden encontrar:

- Diario de Radiocomunicaciones,
- Plantilla de procedimientos de socorro, urgencia y seguridad,
- Código Q,
- Nomenclator UIT
- Almiralty
- Manuales de los equipos

Con este material incorporado, las sesiones comienzan con una pequeña descripción teórica para ubicar a los alumnos en las practicas.

En la primera sesión de cada equipo de comunicación se trata del primer contacto con éste y sus procedimientos ante las distintas llamadas existentes. Los alumnos se enfrentan a la dificultad de encontrarse con algo nuevo y las inseguridades de ellos por el desconocimiento. En esta primera toma de contacto se incluye los primeros procedimientos de radiocomunicación más fáciles a realizar.

En la segunda sesión de cada equipo, ya los alumnos con un mayor conocimiento sobre la operatividad de los equipos de radiocomunicaciones adquiridos en la primera sesión son sometidos a unas prácticas más técnicas en un escenario más complejo. En el tiempo de las practicas el docente supervisa a los alumnos y ve sus progresos en los procedimientos de radiocomunicación.

## 5. RESULTADOS

Los alumnos han acercado en las practicas con los simuladores, esos conocimientos teóricos aprendidos en los primeros años del grado. Calificando la simulación como algo positivo donde se manifiesta problemas reales del día a día en un buque. Los alumnos han asimilado los conceptos de una forma más real y eficaz. Han experimentado y vivido las radiocomunicaciones como si estuvieran en un buque de verdad, comprendiendo mejor los procedimientos y realizándolos de una manera sencilla y versátil.

Las competencias por tanto que han desarrollado gracias al simulador son;

a. *Habilidades e intervenciones*, el alumno ejecutará los procedimientos y las técnicas propias de su perfil utilizando correctamente las técnicas y destrezas de su puesto. Para ello se prueba, se repite y se aprende de los errores, de este modo adquiere habilidad para cada nivel de ejercicios planteados.
b. *Conocimientos teóricos específicos*, es decir, el alumno debe mostrar durante las practicas los procedimientos y desarrollo de éstos en las distintas situaciones establecidas. Entendemos entonces que el alumno debe de tener unos conocimientos teóricos a priori y saber en la realización de las prácticas como actuar estableciendo una relación entre lo que sabe y lo que hace mediante la reflexión y el razonamiento, demostrando así sus competencias adquiridas.
c. *Comunicación oral y escrita*, el oficial radioelectrónico debe comunicarse hablando claro, despacio y eficazmente, por ello es primordial que en los simuladores se comuniquen oralmente, utilizando el lenguaje apropiado en la lengua necesaria, preferentemente el inglés. Con la comunicación escrita, nos vamos a referir al diario de comunicaciones, que se trata de un registro de los acontecimientos que suceden en las radiocomunicaciones durante la navegación. Este tiene tanto importancia legal, como de comunicación y calidad asistencial. Por eso es tan importante que desde el nivel más bajo los alumnos aprendan a escribir los procedimientos.
d. *Análisis*, el alumno en este caso debe valorar juiciosamente la situación planteada. Es decir, el alumno tiene que interpretar la situación, ver los posibles problemas y adoptar las medidas necesarias para afrontarlo. No les resulta fácil la elección de qué equipo de comunicaciones debe de utilizar en cada situación. Es evidente que tanto los conocimientos como la experiencia son fundamentales para este proceso, teniendo en cuenta que tiene un progreso de dificultad para el alumno.
e. *Toma de decisiones*, es un hecho que ocurre prácticamente de manera continua siempre va antepuesto a una evaluación y diagnóstico de la situación.

f. *Responsabilidad*, aquí el alumno demostrará su responsabilidad en el trabajo y como alumno en el aula. Colaborará en el aula con su mantenimiento tanto del lugar como de los equipos, puntualidad en su asistencia, actitudes respetuosas al docente y compañeros…

## 6. CONCLUSIONES

El presente artículo ha realizado un recorrido histórico por la enseñanza del Marino Mercante, en particular del Radioelectrónico. El desarrollo de la enseñanza tuvo sus subidas y bajadas, avanzando paralelamente a la evolución que se producía en las líneas marítimas hasta que se establecieron normas comunes para todos los países a través de la Organización Marítima Internacional (OMI). Pero actualmente, el marino mercante estudia el grado de Ingeniería Radioelectrónica dentro del sistema universitario español y por tanto sus enseñanzas son homologadas como cualquier ingeniería.

Haciendo alusión al tema a tratar, los resultados obtenidos por parte de los alumnos tras la utilización de los simuladores es una mayor destreza en la realización de las llamadas y de los protocolos necesarios para mantener una correcta comunicación. Esto nos lleva a pensar que aprender con simuladores ayuda a éstos a evitar o reducir los errores de comunicación, al tener una base consolidada de conocimiento, en momentos de alto stress que pueden estar sometidos como consecuencia de una situación de riesgo.

En la revisión realizada sobre el uso de los simuladores en la enseñanza hemos podido observar que es un recurso muy utilizado en cualquiera de los campos, permitiendo a los alumnos obtener la relación causa y efecto ante sus decisiones, mejorando así su formación y aumentando su eficiencia.

Al tratarse el simulador una herramienta más para la formación de los alumnos, cabe recordar que antes de ser utilizado por éstos, el docente debe de crear los escenarios lo más creíble y realista posible para conseguir que el alumno se vea en éste como si fuera real y se convierta en

su rol de oficial radioelectrónico, donde poco a poco se le irá incorporando gradualmente escenarios más complicados en sus entrenamientos.

Por lo tanto, se ha podido demostrar que los simuladores pueden reducir el tiempo de aprendizaje y la adquisición de destrezas, gracias a la repetición, enfrentarse a situaciones adversas, desafiantes, de aprender de sus propios errores… con los simuladores se puede corregir errores o fallos como consecuencias de no tener los conceptos teóricos claros.

Reiterando nuevamente que la formación con los simuladores está orientada para un aprendizaje en entornos casi reales.

El alumno recibe continuamente feed-back del docente sobre las acciones cometidas durante la simulación. También el docente realizará un seguimiento continuo del alumno y todo esto le permitirá realizar su evaluación.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este estudio contó con el apoyo del Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval. En forma especial a mi colaboradora Manuela por su ayuda a pesar de la distancia. Y como no a la Profesora Edurne con la que comparto esta experiencia.

## 8. REFERENCIAS

Bazán, I. A. G., Cortés, J. M., & Alemán, Á. A. L. (2020). La adaptación a la tecnológica en la educación: una situación emergente. Revista RedCA, 3(8), 49–61.

Cabero Almenara, J., & Martínez Gimeno, A. (2019). Las tecnologías de la información y comunicación y la formación inicial de los docentes: modelos y competencias digitales.

Cabrera, S., Mussolini, M. S., & Scattolini, N. (2015). Uso de simuladores de negocios como práctica interdisciplinaria en la asignatura Tecnología de la Información de la FCE-UNRC. III Jornadas de TIC e Innovación En El Aula (La Plata, 2015).

Cifuentes-Faura, J. (2020). Docencia online y Covid-19: la necesidad de reinventarse. Revista de Estilos de Aprendizaje, 13(Especial), 115–127.

Donaldson, M. S., Corrigan, J. M., & Kohn, L. T. (2000). To err is human: building a safer health system.

Fedunkiw, M. (2007). Inventing the Radio. Crabtree Publishing Company.

García, D. M., Joaquín, M., Torres, P., & Vázquez, I. R. (2013). Estilos de enseñanza y las nuevas tecnologías en la educación.

Juárez, I. A., & Alonso, J. R. H. (2015). Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación. Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo ISSN: 2007-2619, 10.

Marcelo, C., & Vaillant, D. (2019). Hacia una formación disruptiva de docentes: 10 claves para el cambio (Vol. 151). Narcea Ediciones.

Martínez, M. F. C., José, R. M. M., Lema, L. E. C., & Andrade, L. C. V. (2019). Formación por competencias: Reto de la educación superior. Revista de Ciencias Sociales (Ve), 25(1).

Palés Argullós, J. L., & Gomar Sancho, C. (2010). El uso de las simulaciones en educación médica.

Pavón, J. M. C. (2000). La Escuela Industrial, de Comercio y de Náutica de Cádiz (1851-1863). Llull: Revista de La Sociedad Española de Historia de Las Ciencias y de Las Técnicas, 23(46), 5–36.

Peña Chávarro, C. L., & Vélez Fernández, C. J. (2019). Diseño y simulación del sistema de control de una plataforma de movimiento para simuladores de vuelo.

Piniella, F. (2017). La enseñanza técnica del marino mercante en España: una revisión histórica.

Rodríguez-Díez, M. C., Díez-Goñi, N., Beunza-Nuin, J. J., Auba-Guedea, M., Olartecoechea-Linaje, B., Ruiz-Zambrana, Á., & Alcázar-Zambrano, J. L. (2013). Confianza de los estudiantes de medicina en el aprendizaje de la exploración obstétrica con simuladores. Anales Del Sistema Sanitario de Navarra, 36(2), 275–280.

Sanchez-Rodriguez, J., Colomo Magaña, E., Sanchez-Rivas, E., & Ruiz-Palmero, J. (2020). La tecnología como eje del cambio metodológico.

# DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA ESTRUCTURA DE DATOS QUE INTEGRA REALIDAD AUMENTADA

ANABELEM SOBERANES-MARTÍN
*Universidad Autónoma del Estado de México*
*Centro Universitario Valle de Chalco*

## 1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de diversos recursos en el aula sirve para apoyar la función del docente y contribuir en el aprendizaje de los estudiantes independientemente del nivel educativo. La propuesta describe una aplicación móvil con realidad aumenta (RA) para un curso de Estructura de Datos, asignatura esencial para los alumnos de Ingeniería en Informática e Informática Administrativa de dos instituciones de educación superior públicas en México. La aplicación móvil incluye cinco temas de coincidencia en ambos planes de estudio: Estructuras lineales, no lineales, recursividad, ordenamientos y búsquedas, se nombró EstRecOB.

### 1.1. ANTECEDENTES

Hoy en día es frecuente la incorporación de recursos tecnológicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya sea de manera formal o informal. A partir de 2020, a raíz de la contingencia por covid-19 se requirió el uso de apoyos didácticos digitales que contribuyera al proceso educativo en todos los niveles, sin embargo, se necesitó diversificar los recursos para no volver aburridas las clases y que se convirtieran en repetitivos los medios empleados.

Cuevas *et al* (2019) señalan que se está trabajando en herramientas que permitan innovar y diversificar el razonamiento, al combinar las competencias con los instrumentos didácticos, las cuales van a permitir al

egresado tener lo primordial para competir profesionalmente en su ámbito que demanda la sociedad.

La formación de los ingenieros informáticos debería integrar procedimientos que permitan su evaluación, usando tecnologías novedosas, como la móvil, por ser una de las más conocidas (Vargas *et al.*, 2016). Los instrumentos móviles se han propagado en la sociedad de forma que cada vez es menos sencillo apartarse de ellas. Se considera que el paradigma móvil ha llegado para quedarse debido al nivel de adaptabilidad que dan los dispositivos (Ruiz *et al*, 2019).

En el entorno educativo cada vez es más recurrente la unión de tecnologías que contribuyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, destaca la utilización de la realidad aumentada (RA), tecnología que aporta recursos al mundo educativo que resultan amplios y diversos, además, se extienden en los diferentes niveles de enseñanza, adaptándose a las necesidades de los docentes y estudiantes (Lucas, 2018).

El tema de realidad aumentada ha crecido en los últimos años con aplicaciones en diferentes áreas, como se ha mencionado una de ellas es la educativa. En el ámbito educativo la RA constituye una plataforma tecnológica, metodológica y pedagógicamente eficaz en todo lo referente con la percepción de la realidad física por parte de los alumnos, por su particularidad de permitir visualizar la información en tiempo real e interactuar con el contenido que se muestra de forma dinámica, facilitando la captación, que a veces es imperceptible para los sentidos (Mayorga *et al*, 2015), es decir, la RA se puede definir como una tecnología que permite combinar objetos virtuales y reales en tiempo real a través de dispositivos tecnológicos (Martínez *et al,* 2021).

Los múltiples procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación preeminente fueron apoyados por la utilización de programas informáticos basados en la RA, porque aumentaron la motivación de los alumnos por medio de una visión distinta de representar contenidos, fenómenos y situaciones básicas o complicadas de abordar en un escenario maestro (Céspedes *et al*, 2020). Otros autores como Andaluz (2019) señalan que la realidad aumentada es una tecnología que actualmente está perfeccionando la calidad de educación; la implementación de dispositivos

móviles posibilita que el alumno sea protagonista de su aprendizaje sin depender de un lugar o tiempo específico.

Algunos ejemplos de la incorporación de aplicación móvil con realidad aumentada en educación superior son:

(a) En una de las asignaturas que fortalece las competencias de investigación de los alumnos de educación superior es metodología de la investigación, se desarrolló una aplicación móvil con RA que incluye las modalidades de titulación, los elementos del protocolo de cada modalidad, los apartados del trabajo final y sección de referencias de consulta, que contenga los tipos de citas y las reglas de las referencias de diversos recursos, se obtuvieron los porcentajes de aceptación de los docentes y alumnos de 93.2% y 97.1% respectivamente (Soberanes et al, 2018).

(b) Una de las asignaturas que a veces es un tanto compleja para los alumnos de diseño industrial es Mercado y Consumo, por ello, se desarrolló una aplicación móvil con realidad aumentada que, en una primera fase incluye los aspectos teóricos de la materia, después se incluyen vídeos y animaciones, que presente la información de refuerzo e integración de ejercicios de algunos conceptos incorporando diversos recursos (Soberanes *et al*, 2019).

(c) Cuando la institución no cuenta con los laboratorios de producción y experimentación para fabricar envases, se planteó desarrollar un recurso educativo con realidad aumentada para estudiantes de la licenciatura en diseño industrial, en la materia de envase y embalaje, para la adquisición o fortalecimiento del conocimiento sobre procesos de manufactura complejos (Soberanes-Martín *et al*, 2020).

(d) Se presenta una experiencia de innovación educativa llevada a cabo con 37 estudiantes de informática administrativa sobre el uso y producción de material didáctico con RA de la materia de graficación y multimedia, los resultados de la percepción de los estudiantes es 85% considera que las instrucciones del material presentado por la docente eran precisas. Con relación a la accesibilidad al material aumentado 84% expresó que era adecuada, 93% opinó que la distribución en la pantalla resulta era correcta,

el mismo porcentaje contestó que los materiales en general son innovadores, 100% consideró adecuados los colores empleados (Peña *et al*, 2020).

La RA relacionada con la educación se ve reflejada como un instrumento didáctico en el aprendizaje aportando efectividad en el área educativa (Claros-Perdomo *et al*, 2020). Otro aspecto importante es el aprendizaje colaborativo que se logra con la implementación de aplicaciones colaborativas con RA, fomenta el trabajo en grupo donde los alumnos comparten entendimiento, dudas u opiniones, logrando un mejor grado cognitivo que haciendo un trabajo individualmente. Teniendo espacios para el aprendizaje con tecnología y crear ambientes de aula de enorme interés para los estudiantes (Andaluz, 2019).

### 1.2. Planteamiento del problema

La asignatura de Estructura de Datos se imparte en ambas instituciones en 3er. semestre de nueve que deben cursar los alumnos de ingeniería en informática e informática administrativa. El objetivo es proporcionar al perfil del egresado habilidades para la selección y aplicación de algoritmos para el desarrollo e implementación de programas que permitan la solución de problemas. La relevancia de la materia es que el alumno identifique la forma como se estructuran y organizan los datos internamente, para poder hacerlos más eficientes en cuanto a la administración del tiempo de procesador y el uso de la memoria (TecNM, 2016; UAEMéx, 2018). Las competencias específicas que requieren alcanzar los alumnos en la materia es conocer, comprender y aplicar eficientemente estructuras de datos, métodos de ordenamiento y búsqueda para la optimización del rendimiento de soluciones a dificultades del mundo real (TecNM, 2016).

Los diversos procesos de enseñanza y aprendizaje en educación superior fueron apoyados por la implementación de programas informáticos basados con RA, para incrementar la motivación de los estudiantes mediante una perspectiva diferente de representar contenidos, fenómenos y situaciones primordiales o complejas de abordar en un escenario maestro (Cano y Franco, 2013). La RA permite el desarrollo de habilidades profesionales debido a que consiguen generarse materiales donde haya

un simulador; con ello, los alumnos observan las especificaciones técnicas, el modo de empleo y pueden tener acceso a laboratorios remotos (Peña *et al*, 2020). Rigueros (2017) agrega que la RA ha aumentado su presencia en materiales educativos, convirtiéndose en una herramienta de apoyo didáctico que motiva a los alumnos a aprender de manera interactiva.

Se reitera la importancia del uso de diversos recursos tecnológicos que ha contribuido en el proceso educativo en los distintos niveles educativos, en esta propuesta se describe una aplicación con realidad aumenta para un curso de Estructura de Datos, asignatura fundamental para los alumnos de informática administrativa del Centro Universitario Valle de Chalco de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) e Ingeniería en Informática del Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco (Tescha).

En la primera versión de EstRecOB, los estudiantes de ambas instituciones expresaron su aceptación a recursos educativos de este tipo mediante dos instrumentos: (1) el propuesto por Martínez y Fernández (2018) sobre la realización de objetos de realidad aumentada y (2) el modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) formulado por Davis (1989) permite identificar la actitud hacia el uso de un sistema tecnológico de información se basa en la utilidad percibida (*Perceived Usefulness*) y la facilidad de uso percibida (*Perceived Ease of Use*). El desarrollo de EstRecOB parte de unir esfuerzos de dos organismos de educación superior y ajustar a los objetivos de cada asignatura. La diversidad de recursos utilizados en el aumento de información permite apoyar el aprendizaje de los alumnos al contribuir desde los diversos canales de aprendizaje (visual, auditivo o kinestésico), asimismo, al descargar la aplicación el alumno puede aprender a su ritmo y consultar los materiales que requiera de acuerdo con el nivel de conocimiento del tema (Soberanes-Martín *et al,* 2021). A partir de los resultados y observaciones se trabajó en la nueva versión que se presenta en el capítulo.

## 2. OBJETIVOS

- El objetivo general fue desarrollar una aplicación con recursos de realidad aumentada para la asignatura de estructura de datos, en la formación del ingeniero computacional; para lograrlo se plantearon objetivos específicos: a) identificar el objeto de aprendizaje y ratificar los temas que se incluirían en el recurso educativo; b) diseñar la aplicación considerando los aspectos educativos y tecnológicos necesarios; c) desarrollar EstRecOB; d) Efectuar prueba funcional para comprobar su usabilidad, utilidad y completitud, verificando que contengan las características propuestas por el modelo pedagógico.

A continuación, se describe la metodología, los resultados en donde se detalla el funcionamiento de la aplicación EstRecOB y de los instrumentos de recolección de información, después la discusión y la conclusión.

## 3. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo se describe el diseño metodológico, participantes, instrumentos de recopilación de información y el procedimiento de la investigación.

### 3.1. Diseño

El estudio corresponde a una investigación aplicada de intervención, utilizada principalmente en el campo pedagógico, para desarrollar o mejorar el currículo y/o los materiales educativos y las prácticas de enseñanza, entre otros (Martínez, 2019). Asimismo, para el desarrollo de la aplicación se utilizó la Metodología Conjunta para Aplicaciones Educativas (MCAE) propuesta por Benito (2022), la cual consta de cinco fases: Análisis tecno-pedagógico, Diseño tecno-pedagógico, Implementación, Pruebas y Mantenimiento funcional.

### 3.2. Participantes

En el estudio participaron 31 alumnos del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, del grupo que cursaron la asignatura de estructura de datos durante el semestre 2022-A. Además, 32 estudiantes de los dos grupos del Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco inscritos a la materia en el período 2022-1. En la tabla 1 se presenta la descripción de los participantes. Se puede resaltar una diferencia de una alumna más por género y 90.48% son menores de 25 años.

***TABLA 1.*** *Indicadores descriptivos de los estudiantes participantes.*

| Edad | Género | | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|---|---|
| | Femenino | Masculino | | |
| < 20 | 17 | 20 | 37 | 58.73 |
| 20 – 25 | 13 | 7 | 20 | 31.75 |
| 25 < | 2 | 4 | 6 | 9.52 |
| Total | 32 | 31 | 63 | 100.00 |

Fuente: elaboración propia

### 3.3. Instrumentos

La aplicación cuenta con un instrumento de 25 reactivos de opción múltiple que se utiliza la primera ocasión que se ingresa se nombra Precuestionario, después de usar EstRecOB se le pide contestar el Postcuestionario (ambos cuestionarios son parte de un banco de reactivos).

Otro instrumento empleado fue la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés *System Usability Scale*), es un cuestionario que buscan determinar o evaluar el nivel de usabilidad de productos y servicios, se compone de 10 ítems: 1. Creo que usaría este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] frecuentemente, 2. Encuentro este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] innecesariamente complejo, 3. Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] fue fácil de usar, 4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación], 5. Las funciones de este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] están bien integradas, 6. Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy

inconsistente, 7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] en forma muy rápida, 8. Encuentro que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy difícil de usar, 9. Me siento confiado al usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] y 10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación]. Se presenta en escala Likert de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). Después, el SUS determina la calificación de la aplicación evaluada en una escala de 0 al 100, mientras mayor sea esta puntuación, mayor es su nivel de usabilidad (Brooke, 1996). Para está último cálculo, se realiza lo siguiente:

- A cada ítem impar se le resta 1 a la cantidad determinada por los encuestados.
- A cada ítem par se le restan 5 al valor asignado por los usuarios.
- Se realiza la sumatoria de los resultados para cada usuario.
- Al resultado se multiplica por 2.5.
- Por último, se realiza un promedio de todos los usuarios.

Para lograr lo descrito se aplica la fórmula:

$$\phi = \frac{\Sigma\left[\left(\Sigma(x-1) + \Sigma(5-y)\right) * 2.5\right]}{n}$$

donde $x$ representan los valores de las preguntas impares, $n$ el número de usuarios, $y$ de los ítems pares y $\phi$ es el nivel de usabilidad.

### 3.4. Procedimiento

Se dividió el proyecto en tres fases: 1) preproducción, 2) producción y 3) postproducción, las cuales fueron articuladas con la Metodología Conjunta para Aplicaciones Educativas (MCAE) de Benito (2022).

1) Preproducción, se compone de:

   *Análisis tecno-pedagógico,* se plantearon las bases pedagógicas y tecnológicas de la aplicación móvil, así como la planificación del proceso, que incluyó las herramientas y recursos a utilizar. Además, se revisaron los temarios de la

asignatura de Estructura de Datos, de las dos instituciones participantes, se determinaron 5 temas de coincidencia.

*Diseño tecno-pedagógico,* se desarrollaron los apoyos visuales que facilitaría a los expertos de cada área comprender y proponer soluciones óptimas que se ajustarán a las necesidades de la aplicación móvil.

2) Producción, se incluyó:

*Implementación*, se codificó la solución mediante herramientas de desarrollo de software. Se utilizaron:

La codificación de la aplicación en CC++.

Para la base de datos se empleó Fireabase.

La realidad aumentada con Vuforia.

El desarrollo y creación de pantallas en Unity 3D.

La conexión remota con Plastic SCM.

Además, se creó con el logo y nombre de la aplicación una imagen target en Canva, como marcador para usar la RA.

3) Postproducción, se integraron:

*Pruebas*, se verifica el adecuado funcionamiento del software, además, que se cumpla con las características solicitadas; se realizó en primera instancia por el programador, miembros del equipo y expertos; en segundo lugar, por los usuarios finales. Se utilizó el Post-Cuestionario para identificar si habían cambiado los conocimientos de los alumnos sobre los temas abordados en EstRecOB y el SUS, para conocer el nivel de usabilidad de la aplicación.

*Mantenimiento funcional y educativo*, se deben programar revisiones periódicas para establecer y corregir fallos, optimizar la aplicación después de la entrega del producto. Por el momento está fase se tiene programada para enero de 2023.

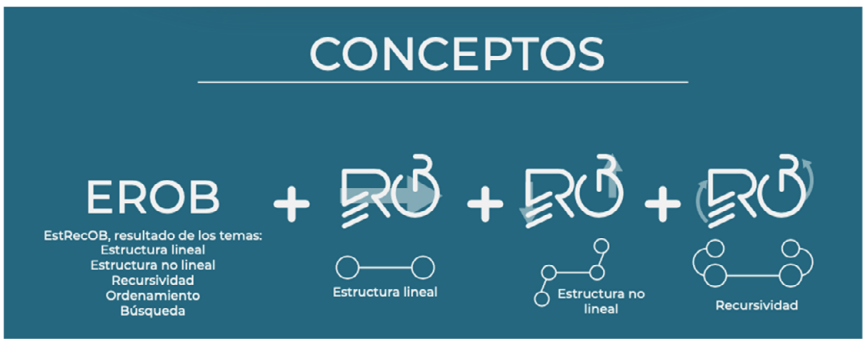
## 4. RESULTADOS

Se presentan en dos secciones: 1) descripción del funcionamiento de EstRecOB y 2) los resultados de los instrumentos del pre-cuestionario, post-cuestionario y del SUS.

## 4.1. Funcionamiento

Para la aplicación se diseñó el logo, para ello, se trabajó en colaboración con una integrante de la comunidad de diseño del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Se realizó la Identidad Visual, se partió del nombre del recurso tecnológico, en este caso EstRecOB, después se identificó el objetivo del producto, especificándolo que es una aplicación para la asignatura de estructura de datos para los alumnos de ingeniería. Posteriormente, se seleccionaron los conceptos a incluir (estructura lineal, no lineal, y recursividad), obteniendo como resultado lo que presenta en la Figura 1.

***FIGURA 1.*** *Conceptualización para el diseño del logo de la aplicación EstRecOB.*




Fuente: elaboración propia

Enseguida, se seleccionó la paleta de tonalidades: Color principal es el azul profundo, que recuerda la tranquilidad y la confianza; el primer complemento es el gris claro, que hace alusión a la calma y la tranquilidad; respecto al color claro es el azul fuerte, que evoca la tranquilidad y la confianza, y el color claro corresponde al blanco, representa la pureza y la limpieza (Figura 2). Después de algunas revisiones se obtuvo la propuesta final del logo de la aplicación móvil EstRecOB que se presenta en la Figura 3. El logotipo se utiliza para generar el icono para empaquetar e instalar la aplicación.

***FIGURA 2.*** *Paleta de color del logo de EstRecOB.*

Fuente: elaboración propia

***FIGURA 3.*** *Logo de la aplicación EstRecOB.*

Fuente: elaboración propia

En la figura 4 se esquematiza de forma general el funcionamiento de la aplicación, se inicia dando doble clic al icono para descargar e instalar (solo se realiza una ocasión), la pantalla principal muestra los dos escudos de las instituciones participantes, además del logo de EstRecOB, cuando se termina de cargar se visualiza la pantalla de acceso, se debe digitalizar el correo y contraseña (información almacena en la base datos, sirve para darle seguimiento del avance y contar con los valores de los cuestionarios y actividades). Si el usuario se encuentre registrado en el sistema se le permitirá acceder a la aplicación. En caso contrario, se le presentará la interfaz de registro para que los usuarios coloquen: nombre,

correo, contraseña y confirmar contraseña, al ingresarlos correctamente se registrará de manera exitosa, para posteriormente iniciar sesión.

Al ingresar a EstRecOB se presenta por única ocasión el Pre-Cuestionario, el cual sirve de diagnóstico para identificar los conocimientos de los temas que se abordan en la aplicación, se compone de 5 ítems por cada tema, los cuales forman parte de un banco de reactivos, se muestran de manera aleatoria, son de opción múltiple, las respuestas se presentan en botones rectangulares si se selecciona la respuesta correcta reemplaza su color a verde y si es errónea cambia a rojo, al finalizar los 25 cuestionamientos se señala el número de aciertos e indica los tópicos que se recomienda revisar en la aplicación, aunque se habilitan todos los temas.

Una vez que se haya respondido el Pre-Cuestionario, se mostrará el menú con 5 temas: 1) Conceptos básicos, 2) Tipo de datos estructurados, 3) Estructura de datos lineales y no lineales, 4) Recursividad y 5) Ordenamientos y búsquedas. Se puede entrar a cada uno de los temas al dar clic sobre el botón para poder acceder al contenido. Por ejemplo, para el Tema 1: Conceptos básicos, se presenta un vídeo introductorio acerca de los fundamentos de la asignatura de estructura de datos, cabe mencionar que el vídeo contiene controles de pausar, reproducir, adelantar, atrasar y manipular el volumen para que el usuario pueda manejar a su gusto y ritmo el vídeo.

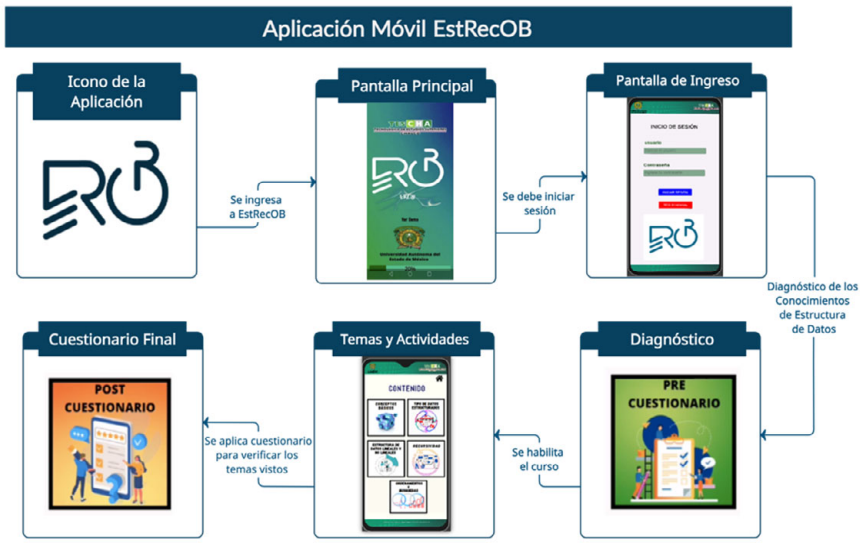
De cada tema se agregó en el lado izquierdo un submenú, funciona al oprimir el botón sobre algún tópico en específico que el usuario desee consultar. Por ejemplo, el tema 2 Tipo de Datos Estructurados, tiene arreglos, registros y conjuntos, al seleccionar cualquiera de ellos, aparecerán tres opciones: Definición, Tipos y Ejemplo. La información se presenta de diversas maneras, puede ser vídeo, código, simulación, entre otros, para los alumnos con diferente canal predominante de aprendizaje (visual, auditivo o kinestésico).

Además, se presenta al final de cada tema una actividad, la cual le corresponde resolver; como un cuestionario con imágenes o un memorama en el que se debe asociar la información que tiene cada tarjeta y encontrar el par, puede ser el concepto con la definición. Al localizar el par van desapareciendo de la pantalla. Cabe mencionar que cada tópico tiene

algunos recursos aumentados, que el estudiante posee la libertad de ampliar o profundizar sobre el tema ejecutando la RA para su uso.

Después de revisar todos los temas se muestra el post-cuestionario, este igualmente se presenta una ocasión. De igual forma son 25 ítems, también se toman del banco de reactivos. Pueden los usuarios ingresar las ocasiones que deseen a la aplicación, pero el pre-cuestionario y post-cuestionario no se vuelven a visualizar.

***FIGURA 4.*** *Funcionamiento de EstRecOB*




Fuente: elaboración propia

## 4.2 Resultados de los instrumentos

Para identificar el efecto de EstRecOB en los alumnos, se les aplicó el pre-cuestionario al iniciar y luego se utilizaba la aplicación, para a continuación presentarles el post-cuestionario. En la primera versión de EstRecOB se obtuvieron como promedio de las calificaciones del pre-cuestionario 4.89 con una varianza de 2.54 y del post-test 8.28 con varianza de 1.47 (Soberanes-Martín *et al*, 2021). Para esta segunda versión los resultados de la UAEMéx se presentan en la tabla 2 y de los estudiantes del Tescha en la tabla 3, se identifica en todos los casos que existe aumento en las calificaciones obtenidas 4.01 y 3.8 respectivamente.

***TABLA 2.*** *Comparativo de los resultados del promedio del pre-cuestionario versus post-cuestionario de los alumnos de la UAEMéx.*

| | Pre-Cuestionario (UAEMéx) | Post-Cuestionario (UAEMéx) |
|---|---|---|
| Media | 4.96 | 8.97 |
| Varianza | 2.94 | 1.12 |
| Datos | 31 | 31 |

Fuente: elaboración propia

***TABLA 3.*** *Comparativo de los resultados del promedio del pre-cuestionario versus post-cuestionario de los alumnos del TESCHA.*

| | Pre-Cuestionario (Tescha) | Post-Cuestionario (Tescha) |
|---|---|---|
| Media | 4.69 | 8.49 |
| Varianza | 1.58 | 1.17 |
| Datos | 32 | 32 |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4, se presentan los resultados del SUS, se incluye el ítem de la forma que se les desplegó a los alumnos especificando que era para determinar la usabilidad de una aplicación, se utilizó el formulario de Microsoft Teams. Algunos de los aspectos que se puede identificar: 55 de los estudiantes (87.3%) creen que no requieren de personal especializado técnico para utilizar EstRecOB, posiblemente por ser del área computacional; el mismo porcentaje consideran que la aplicación no es inconsistente y que no la hallan compleja. Por otro lado 51 alumnos (80.95%) no encuentran difícil de usar el recurso y que no necesitan aprender muchas cosas previas para utilizarlo.

***TABLA 4.*** *Porcentajes obtenidos de cada ítem del SUS.*

| Ítem | [1] Totalmente en desacuerdo | [2] En desacuerdo | [3] Neutral | [4] De acuerdo | [5] Totalmente de acuerdo |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Creo que usaría esta aplicación frecuentemente | 0.0% | 0.0% | 11.11% | 28.57% | 60.32% |
| 2. Encuentro esta aplicación innecesariamente compleja | 87.3% | 12.7% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| 3. Creo que la aplicación fue fácil de usar | 0.0% | 0.0% | 9.52% | 9.52% | 80.95% |
| 4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar esta, aplicación | 87.3% | 12.7% | 6.7% | 0.0% | 0.0% |
| 5. Las funciones de esta aplicación están bien integradas | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 39.68% | 60.32% |
| 6. Creo que la aplicación es muy inconsistente | 87.3% | 12.7% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| 7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación en forma muy rápida | 0.0% | 0. | 0.0% | 39.68% | 60.32% |
| 8. Encuentro que la aplicación es muy difícil de usar | 80.95% | 19.05% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |
| 9. Me siento confiado al usar esta aplicación | 0.0% | 0.0% | 0.0% | 39.68% | 60.32% |
| 10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación | 80.95% | 19.06% | 0.0% | 0.0% | 0.0% |

Fuente: elaboración propia

Se determinó la usabilidad propuesta por Brooke (1996), la aplicación móvil obteniendo para $\boldsymbol{\phi}$ un valor de 93.479; este instrumento establece que valores a partir de 68 se tendrá una aplicación con un nivel de usabilidad aceptable, se puede expresar que lo desarrollado se adapta correctamente a las características del usuario final, es decir, tiene un valor idóneo para su uso.

## 5. DISCUSIÓN

De los resultados se identifica que los estudiantes cuentan con los recursos necesarios para utilizar la RA en su aprendizaje, ratificando lo señalado por Lagunes-Domínguez *et al* (2017). De igual manera, se comparte que los dispositivos móviles son tecnologías sensibles para ajustarse a cualquier entorno educativo debido la ubicuidad que dichos ofrecen (Ruiz *et al,* 2019), aunado a que es una de las más usadas por los alumnos, puede ser por su precio, facilidad de uso, la variedad de aplicaciones que logra obtener gratuitamente de internet, entre otros (Vargas *et al,* 2016). Aunque los estudiantes de las dos instituciones son de una zona económicamente baja, 90% de los alumnos cuentan con algún dispositivo.

Los resultados del pre-cuestionario y post-cuestionario permiten compartir la idea que la aplicación de tecnología de realidad aumentada al proceso de enseñanza y aprendizaje muestra ventajas en relación con los procedimientos clásicos de educación (Lucas, 2018; Andaluz, 2019), logrando la asimilación en los alumnos de las metas propuestas por el profesor (Cuautle-Gutiérrez y Cordero-Guridi, 2019).

No obstante, Claros-Perdomo *et al* (2020) mencionan que las aplicaciones de realidad aumentada son compatibles con pocos dispositivos electrónicos, desmotivando a los usuarios con problemas para poseer dichos recursos y afectando el desarrollo de esta tecnología, en el caso de la aplicación EstRecOB y con base en los resultados, no se comparte dicha afirmación. Sin embargo, aunque los mismos autores (Claros-Perdomo *et al*, 2020) señalan que la experimentación con herramientas de RA para cuestiones de educación es poco y los usuarios manifiestan tener déficit en la retención del contenido, se considera que dicha situación no se presenta en la propuesta al contar con la aplicación móvil EstRecOB, porque los alumnos pueden utilizarla en el lugar e instante que lo deseen. Se está de acuerdo con la posibilidad de tener problemas técnicos al usar la RA como las luces y los ángulos primordiales para incurrir en fallos y dañar los resultados del aprendizaje, pero, el último aspecto es aventurado afirmar o contradecir con los resultados obtenidos hasta el momento en este proyecto.

Finalmente, confirmamos lo expresado por Amaya y Santoyo (2017), en el sentido de que la realidad aumentada es una herramienta de apoyo para la clase, y tiene un valor actitudinal con el estudiante, al desarrollar un papel activo en su educación y autonomía. Los resultados mostraron que el uso de la RA en la enseñanza universitaria ha despertado el interés en aprender, la motivación, el realismo, interactividad y alto grado de aceptación (Barroso-Osuna *et al*, 2018; Lucas, 2018).

## 6. CONCLUSIONES

La RA es una tecnología emergente que se aprende a manejar en poco tiempo. EstRecOB busca impactar positivamente en los estudiantes en la resolución de ejercicios de estructuras de datos, tomando en consideración la oportunidad de visualizar elementos que apoyen su desarrollo y capacidad de razonamiento, como lo señala Álvarez-Marín *et al* (2017). Es aventurado indicar que la RA mejora el aprendizaje en educación superior (Martínez y Fernández, 2018), o que no se logra (Claros-Perdomo *et al*, 2020), para ello se requiere analizar detalladamente los resultados y aplicar otros procesos que permitan verificarlo.

La diversidad de recursos utilizados en el aumento de información contribuye en la formación de los alumnos al considerar los diversos canales de aprendizaje (visual, auditivo o kinestésico), también al descargar la aplicación el estudiante puede aprender a su ritmo y consultar los materiales que requiera de acuerdo con su nivel de conocimiento del tema en el momento que lo solicite.

## 7. AGRADECIMIENTOS

A todos los participantes en el proyecto en sus diferentes fases, a los alumnos que utilizaron la aplicación y respondieron los instrumentos correspondientes. Y docentes que han permitido utilizarlo en sus cursos, en especial al Dr. Fabián Soberanes Martín y Lic. Jaqueline Aquino Martínez y en esta última etapa a los estudiantes Luz Verónica Cabañas Núñez, Mayte Aurora Chávez Hernández y Mtro. Daniel Benito Moran.

# 8. REFERENCIAS


Álvarez-Marín, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J. y Espinoza-Vera, E. (2017). Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales. Formación Universitaria, 10 (2), 31-42.

Amaya, L. y Santoyo, J. (2017). Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical. Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas, 12 (1), 1-16, https://doi.org/10.11144/Javeriana.mavae12-1.urae.

Andaluz, D. F. (2019). Incidencia de una solución de software utilizando entornos de realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la computación [Tesis Maestría, Universidad Técnica de Ambato].

Barroso-Osuna, J., Cabero-Almenara, J. y Gutiérrez-Castillo, J. J. (2018). La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por estudiantes universitarios. Grado de aceptación de esta tecnología y motivación para su uso. Revista mexicana de investigación educativa, 23(79), 1261-1283. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662018000401261&lng=es&tlng=es

Benito, D. (2022). Metodología Conjunta para Aplicaciones Educativas (MCAE). Universidad Autónoma del Estado de México.

Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. En P. Jordan, B. Thomas, I. McLelland y B. Weerdmeester (Eds.), Usability evaluation in industry (pp. 189-194). Taylor y Francis Ltd.

Cano, J. y Franco, M. (2013). Realidad aumentada aplicada a objetos de aprendizaje para asignaturas de ingeniería informática. [Tesis Licenciatura, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid].

Céspedes, I. M., Leyva, J. A. y Leyva, J. A. (2020). Software de Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje de la asignatura Informática en la Ingeniería Mecánica. Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores, 2020(10), 67-74.

Claros-Perdomo, D. C., Millán-Rojas, E. E. y Gallego-Torres, A. P. (2020). Uso de la realidad aumentada, gamificación y m-learning. Revista Facultad de Ingeniería, 29(54). e12264. *https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.12264*

Cuautle-Gutiérrez, L. y Cordero-Guridi, J. J. (2019). Reducción de transmisión para vehículo todo terreno con realidad aumentada e ingeniería asistida por computadora. Revista Politécnica, 15(30), 32-40. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a4

Cuevas, R. E., Feliciano, A., Alarcón, A., Catalán, A. y Alonso, G. A. (2019). La Integración de herramientas TIC al perfil del Ingeniero en Computación de la Universidad Autónoma de Guerrero, México. Virtualidad, Educación y Ciencia, 10(19), 20-32. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/24914

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, MIS Quarterly, 13(3), 319- 340. https://doi.org/10.2307/249008.

Lagunes-Domínguez, A., Torres-Gastelú, C.A, Angulo-Armenta, J. y Martínez-Olea, M.Á. (2017). Exploration toward Mobile Learning in University Students. Formación universitaria, 10(1), 101-108. doi: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000100011

Lucas, J. J. (2018). Desarrollo e implementación de un software con realidad aumentada para el apoyo de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de arquitectura del computador en la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. [Tesis Licenciatura, Universidad del Sur de Manabí].

Martínez, F. (2019). El nuevo oficio del investigador educativo. Una introducción metodológica. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Martínez, S. y Fernández, B. (2018, julio). Objetos de Realidad Aumentada: Percepciones del alumnado de pedagogía. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, (53), 207-220. http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i53.14

Martínez, S., Fernández, B. y Barroso, J. (2021). La realidad aumentada como recurso para la formación en la educación superior. Campus Virtuales, 10(1), 9-19. https://bit.ly/3B6Cbzd

Mayorga, J. V., Mendoza, W. J. y Midence, J. L. (2015). Desarrollo de una aplicación móvil bajo plataforma Android para la interacción con un medio gráfico impreso mediante el uso de realidad aumentada, como apoyo al componente curricular de Reparación y Mantenimiento de Computadores impartido en las carreras ofrecidas por el departamento de Computación de la UNAN-León. [Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León].

Peña, A., Soberanes-Martín, A. y Castillo, J. L. (2020). La realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una experiencia en la asignatura de graficación y multimedios. En R. Cruz Flores y M. Martínez Reyes (Eds.), Aportaciones al diseño de actividades educativas con Realidad Aumentada (1ª. ed. pp. 82-100). Asociación Mexicana de Profesionales de la Edición, AC (PEAC). http://hdl.handle.net/20.500.11799/110316

Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. Tecnología Investigación y Academia, 5(2), 257-261.

Ruiz, A. M., Delgadillo, P. y García, S. L. (2019). Nueva generación digital: medio de aprendizaje en la formación académica superior. Revista Global de Negocios, 7(3), 27-41.

Soberanes-Martín, A., Castillo, J. L. y Peña, A. (2018). Aplicación móvil con realidad aumentada para la asignatura de metodología de la investigación. Pistas Educativas, 40(130), 2357-2372. http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1763

Soberanes-Martín, A., Castillo, J. L. y Peña, A. (2019). Realidad aumentada como recurso educativo en materias administrativas de alumnos de diseño industrial. Revista de Arquitectura y Diseño, 3(7), 11-21. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Arquitectura_y_Diseno/vol3num7/Revista_de_Arquitectura_y_Dise%C3%B1o_V3_N7.pdf.

Soberanes-Martín, A., Martínez, M., Castillo, J. y Peña, A., (2020). La Realidad aumentada como recurso educativo en la formación profesional del diseñador industrial. En R. Cruz Flores y M. Martínez Reyes (Eds.), Aportaciones al diseño de actividades educativas con Realidad Aumentada (1ª. ed., pp. 61-81). Asociación Mexicana de Profesionales de la Edición, AC (PEAC). http://hdl.handle.net/20.500.11799/110316

Soberanes-Martín, A., Soberanes, F. y Castillo, J. L. (2021). Augmented Reality Applications in the Training of Computer Science Professionals, Machine Learning-Driven Digital Technologies for Educational Innovation Workshop, pp. 1-5, doi:10.1109/IEEECONF53024.2021.9733750.

TecNM. (2016). Programa Estructura de Datos. Tecnológico Nacional de México

UAEMéx. (2018). Plan de estudios de Informática Administrativa. UAEMex.

Vargas, L. S., Soto, A. M., Peralta, J., Gutiérrez, A. F., Felipe, E. M., Uc, C. E. y Vargas, V. A. (2016). Tecnología móvil para evaluar la calidad de las herramientas de diseño rápido para generar sistemas de información. Pistas educativas, 2016(120), 1461-1478.

# NUEVOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS UNIVERSALES PARA LA MEJORA DE LOS ESTUDIOS Y LA PERCEPCIÓN MUSICAL

ÁLVARO GARCÍA LÓPEZ
*Universidad Carlos III de Madrid*

DANIEL BATÁN
*Centro Universitario de las Artes TAI*

MÓNICA SOUTO RICO
*Universidad Carlos III de Madrid*

ELENA SV FLYS
*Centro Universitario de las Artes TAI*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad, independientemente de su grado y situación, se enfrentan todos los días a cuantiosas barreras que obstaculizan su acceso a la cultura. Estas barreras se presentan de formas diferentes, identificándose como "obstáculos, trabas o impedimentos que dificultan o limitan la libertad de acceso, de forma temporal o permanente, y la capacidad de relacionarse con el entorno" (Ley 51/2003, Ley de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas, urbanísticas, de transportes y de la comunicación). Sin embargo, la ley actual contempla "el derecho de las personas con discapacidad a disfrutar de bienes y servicios, en condiciones de igualdad y no discriminación, de la cultura" (Ley 9/2018, Ley de garantía de los derechos de las personas con discapacidad). Con la supresión de estos obstáculos o barreras, se conseguirán satisfacer tanto las necesidades como el cumplimiento de los diferentes derechos, en concreto el derecho de toda persona al pleno desarrollo de sus capacidades, consiguiendo que el acceso, tanto a la cultura como a la información y comunicación, se realice en condiciones plenas de igualdad de oportunidades

En el estudio realizado por el INE en el año 2020, sobre Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD2020), en España había un total de 4.383.900 personas con algún tipo de discapacidad, esto es un 9,26 % de la población total, con una población mayoritaria a partir de los 35 años de edad (INE 2020, EDAD2020). Este colectivo de personas no es en absoluto homogéneo, habiendo factores relacionados con el tipo, edad a la que apareció, causa o grado, entre otras, ocasionando que las necesidades sean muy diversas y distintas. Así mismo, el rango de edad es también muy variado, desde niños y niñas a personas mayores, y cada persona presenta necesidades y demandas concretas.

A pesar de los avances tecnológicos y de accesibilidad, la música y su oferta cultural sigue siendo inaccesible para muchas personas. Por ello, en esta investigación se propone desarrollar un sistema de creación y difusión musical que combine tecnología y composición con el fin de que la música sea percibida a través de, no sólo un sentido, sino de tres sentidos. Esta búsqueda no es para nada una quimera, ya que en el artículo 27 de la Declaración Universal de Derechos Humanos ya se cita nuestra intención, "Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten" (Asamblea General de la ONU, 1948, Declaración Universal de los Derechos Humanos). También se refleja en la Ley Igualdad de Oportunidades, No Discriminación y Accesibilidad Universal de las personas con discapacidad del 2003, la cual garantiza el derecho a la igualdad de oportunidades y la accesibilidad universal (Ley 51/2003, De igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad).

El acceso a la cultura musical para los usuarios con discapacidad no ha llevado la misma progresión que el resto de las artes escénicas. La música, además, ha sido un género desde siempre eliminado para los usuarios con discapacidad auditiva, ya que su manera de acceder al cerebro ha sido a través del sentido del oído, siendo este el que se eliminaba en esta discapacidad.

En la actualidad, sabemos que la música genera una respuesta cerebral con una estructura muy determinada (Díaz et al., 1997) al igual que pasa con las emociones. Ambos elementos se generan en el mismo entorno cerebral que además resulta ser en la zona más primigenia de la evolución de nuestra especie (Joseph et al., 1992). El cerebro tiene percepción no solo de las cosas positivas sino también negativas. El grado de percepción de las emociones en el cerebro se llama valencia. Estudiar qué elementos del cerebro se activan cuando existe una percepción positiva ha sido necesario para conocer las partes exactas que se activan en el mismo (Breiter et al., 2001). Se ha detectado que cuando se escucha música existe también una activación del cerebro en las mismas zonas que cuando se reciben valencias positivas y activando la zona de recompensa del cerebro (Zald et al., 2002). La música no solo activa zonas del cerebro que nos dan placer, sino que, además, activa zonas que se relacionan con la memoria asociativa y de la música escuchada con anterioridad (Loukas et al., 2022).

Parece claro que las emociones se producen en la corteza del cerebro (Menon et al., 2005) sean cuales sean sus estímulos: táctiles, auditivos, visuales o multimodal. Esto se ha podido medir gracias a diferentes técnicas trabajadas a lo largo de los últimos años. Las distintas técnicas se suelen basar en medir los impulsos eléctricos del sistema nervioso (Saneis et al., 2013 y estudian los sentimientos que evoca un determinado estímulo (Farwell et al., 1988) o la imaginación motora (Millan et al., 2004). Todas técnicas de experimentación se han basado en la estimulación de los sujetos en entornos controlados para conocer y medir las respuestas emocionales que los estímulos provocan. Para conocer las respuestas a nivel auditivo se ha utilizado la música como técnica de generación de emociones, ya que es una de sus características principales Gabrielsson et al., 2003). Para la medición de los resultados y la actividad cerebral, se suelen usar tres técnicas: el EEG y la imagen por resonancia magnética funcional para el estudio objetivo de la reacción del cerebro y cuestionarios como método de estudio subjetivo.

La música genera sentimientos e induce emociones. Se ha dicho desde hace años que es el idioma universal, una afirmación que demostró Campbell comprobando que el significado de la música era entendido

mejor que el de los idiomas aun estando acostumbrado a estos últimos (Campbell, 1997). El estudio de los sentimientos que evoca la música está íntimamente ligado con los parámetros que la propia música tiene: timbre, melodía, armonía, ritmo, textura, forma y dinámica. Sean cuales sean los parámetros que se utilicen para la creación musical, lo que se ha aceptado universalmente es que existe una relación directa entre música y emoción (Chatterjee et al., 2021).

En la actualidad hay estudios que demuestran que cuando se escucha música placentera, las regiones cerebrales que se activan con la música lo hacen con mayor actividad (Mori et al., 2017). Las últimas investigaciones indican que la música no solo sirve para estudiar emociones al escucharla, sino que también es especialmente valiosa de estudiar cuando se aprende, memoriza y se toca ya que se comprenden mejor ciertas funciones del cerebro (Koelsch et al., 2012). Tal es la importancia de la música en el estudio del cerebro, que en la actualidad existen ya diversas bases de datos científicas sobre música, siendo tres de ellas sobre las que se trabaja especialmente: la "Musical excerpts for research on emotions" (Vieillard et al., 2008), la "110 Film Music excerpts" (Eerola et al., 2011) y la "Musical Emotional Burst (MEB)" (Paquette et al., 2013).

Con estas bases, queremos partir bajo el Modelo Social de Discapacidad el cual entiende que es la sociedad quién debe ser inclusiva y no las personas las que deben acomodarse a esta, por lo tanto, el colectivo es el que debe realizar modificaciones para que todos los miembros de la sociedad puedan participar en esta, y, partimos también desde el Diseño Universal, que establece una serie de principios que defienden que todo producto debe ser diseñado desde su concepción inclusivo y responder a las necesidades de todo el mundo, siendo el consumidor final diverso.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo general y final de este proyecto es la creación de un sistema, al que hemos llamado Vibs&Lumens, que permita transformar una señal de sonido a estimulación háptica o vibro-táctil, y estimulación visual o lumínica, todo ello en tiempo real, con el fin de que los conciertos sean

accesibles para personas con discapacidad y, a la vez, enriquezcan la experiencia de todos/as las asistentes.

Como objetivos específicos, tendríamos:

- Creación de un equipo de trabajo multidisciplinar, que incluya compositores, como Daniel Batán, ingenieros, como Álvaro García, y usuarios con y sin discapacidad, centrándonos es estos últimos perfiles. También se incorporan a este equipo, estudiantes de música interpretando la composición, la cual había sido concebida para este proyecto con unas pautas determinadas, una estudiante de BBAA encargada de los diseños de proyecciones y el subtitulado, Elena Ruiz como intérprete de lengua de signos, y Elena Sánchez Vizcaíno junto a Mónica Souto como doctoras expertas en el área de accesibilidad.

- Realización de un concierto con la pieza musical creada, para probar las herramientas hápticas y visuales con las muestras de sonido, y recibir feedback por parte de los/as usuarios/as con discapacidad, siempre atendiendo muy especialmente a las diferencias entre las diferentes discapacidades y a su percepción de la música a través de los diferentes estímulos.

- Con este feedback, plantearemos los futuros pasos para el desarrollo de Vibs&Lumens que permita transformar las ondas sonoras a los asientos vibratorios, las luces LED y las proyecciones de manera simultánea y en directo con la música.

## 3. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se ha basado en aunar el proceso artístico con el proceso tecnológico, empresa posible gracias al variado grupo multidisciplinar compuesto por investigadores de ramas como ingeniería, música, ciencias de la información y comunicación audiovisual. Todos ellos con amplia experiencia y conocimiento en el área de la accesibilidad.

### 3.1. Participantes

El variado perfil de las/os participantes se expone a continuación, los datos demográficos y la relación con el campo musical de los mismos. Un total de 26 personas participaron de la experiencia de las cuales 20 (76,9%) se identificaron como personas con discapacidad y 6 (23,1%) sin discapacidad (pero familiar o cuidador de alguien con discapacidad). Además, uno de los objetivos de este estudio era obtener feedback de personas de diferentes colectivos de discapacidad. De esta manera los/as participantes con discapacidad se auto identificaron en los siguientes colectivos: 13 (46,2%) con discapacidad cognitiva, 5 (19,2%) con discapacidad sensorial y 2 (7,7%) discapacidad física. Por otro lado, y relacionando a las/os participantes con el campo musical 92,3% marcaron que su interés por la música era de 5 (en una escala del 1-5 siendo 5 gran interés). Sin embargo, al preguntarles por su asistencia a conciertos: 38,5% dijeron que iban a 2 por año, 23,1% a más de 4 al año, 19,2% a uno al año y 19,2% a ninguno. Estos datos reflejan la baja asistencia a este tipo de eventos lo cual puede estar relacionado con la falta de accesibilidad.

### 3.2. Estímulos

Para este estudio, la estimulación empleada se ha basado en la estimulación multimodal, necesaria para cumplir las necesidades impuestas por los principios del Diseñó Universal, que no dice que todo producto debe ser diseñado desde su concepción para poder ser utilizado por todo el mundo.

La principal aportación técnica de MUSISENS consiste en el diseño, implementación y prueba de la combinación, con procesamiento en tiempo de real, de un sistema háptico y visual (Vibs&Lumens), de forma que los/as usuarios/as puedan disfrutar de un conjunto de estímulos multimodales que mejoren su inmersión en el espectáculo. De este modo, se activan los sentidos del oído, vista y tacto generando una experiencia aumentada de la pieza musical. Las características de estos estímulos serán:

- Estímulos simples, para facilitar su procesamiento cognitivo por parte de todas y todos las y los diversos y diversas participantes.
- Intensidad moderada, captando la atención del usuario/a sin producir incomodidad ni saturación.
- Contenido emocional.
- Presentación repetida y frecuente, evitando la disminución de la respuesta rápida y/o pronunciada.
- Administración por múltiples canales, capaces de captar procesos atencionales y funciones cognitivas de alto orden.

De esta forma se compone la obra pensando en que la música será percibida a través de:

- Estimulación auditiva: forma más común de recibir la estimulación musical, a través de la vibración del aire producida por el sonido de la música.
- Estimulación visual: a través de la propia performance y de las herramientas de accesibilidad añadidas como los subtítulos, empleando una tipografía sencilla, de color blanco sobre fondo negro, creando un alto contraste y manteniendo siempre su localización; la lengua de signos, signación de la obra proyecciones con imágenes abstractas, de temática floral y con movimientos dependientes del ritmo de la música; y postes luminiscentes, cuya respuesta es acorde al ritmo y potencia sonora de la composición.
- Estimulación táctil: estimulación háptica recibida a través de sillas vibratorias.

### 3.3. Sistema

El sistema de Vibs&Lumens está compuesto por dos sistemas independientes de estimulación háptica y estimulación visual. Este sistema al completo se muestra en la Figura 1, donde se ve una fotografía del día de la prueba del proyecto.

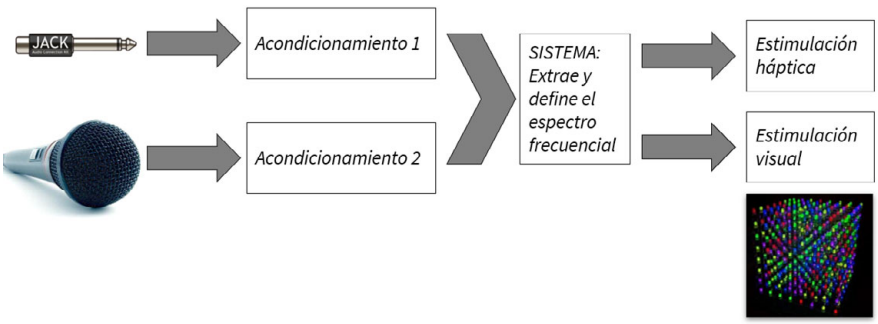
***FIGURA 1.*** Sistema Vibs&Lumens

La estimulación háptica se realiza en dos localizaciones diferentes de la silla, a través de 8 micromotores, marca PBOHUZ modelo 05u1gkcrsg, instalados en sendos reposabrazos y, a través de un motor ERM, marca ICQUANZX y modelo B0824V5F9W, instalado en la parte inferior de la silla. Los micromotores se alimentan con 3 VDC y 70 mA, proporcionando una velocidad nominal de 12000 ± 3000 rpm. El motor ERM se alimenta con 12 VDC y 1 A, proporcionando una velocidad nominal de 6000 ± 500 rpm. Las localizaciones elegidas aseguran la correcta estimulación de la piel.

Los micromotores fueron pegados sobre una plancha de gomaespuma que, a su vez, estaba pegada en el extremo de cada uno de los reposabrazos instalados en la silla. El motor ERM se fijó firmemente en la parte trasera del respaldo de la silla.

Ambos sistemas de estimulación háptica se componen de un bloque de acondicionamiento en el que se filtra, añade offset a la señal y limita la amplitud para no dañar el ADC de la placa de control, en ambos subsistemas, esta placa es un ESP32. Este esquema se puede ver en la Figura 2.

*FIGURA 2.* Esquema del sistema




La estimulación visual se realiza a través de una serie de postes en los que se ha instalado una tira LED, marca Jun-Saxifragelec modelo WS2812B, con una densidad de 60 LED/m. El sistema de estimulación visual, se compone de un bloque de acondicionamiento en el que se filtra, añade offset a la señal y limita la amplitud para no dañar el ADC de la placa de control, en ambos subsistemas, esta placa es un Arduino UNO.

La estimulación háptica y visual, generada a través del sistema instalado en las sillas o en los postes, respectivamente, transmite el ritmo, detectado a través de un detector de envolvente, produciendo una suave vibración o iluminación, en color azul, con cada ritmo detectado y proporcional a la intensidad del pico de la señal de la envolvente, generando una sensación rítmica acorde tanto al ritmo como a la intensidad de la pieza musical.

En el caso de la estimulación háptica, la intensidad de la vibración se realiza mediante una relación directa entre la intensidad de la señal, representada por la tensión de pico de la envolvente, y el ancho de pulso de la señal PWM que controla los motores, generada a través de la placa

Arduino UNO, a mayor amplitud de señal, mayor ancho de pulso que se traduce en mayor intensidad de vibración. La señal en la que se detecta el ritmo proviene de: el bombo de la batería, para la estimulación localizada en el respaldo de la silla; el bajo, para la estimulación localizada en los reposabrazos de la silla.

Por otro lado, en la estimulación visual, la coloración del poste está directamente relacionada con el valor de pico de la señal envolvente, como pasaba en la estimulación háptica. En este caso se modifica la intensidad de color azul del poste en función del valor de la envolvente cuando se ha detectado un golpe o beat. En caso de no haber detección de ritmo, el poste se mantiene encendido en color 1200 ºK. La señal en la que se detecta el ritmo proviene de los diferentes instrumentos de la pieza como batería, guitarra, piano y voz, posicionando cada uno de estos postes en las cercanías del instrumento.

Por otro lado, en una pantalla situada al fonde del escenario, se proyectan los subtítulos, presentados de forma sincronizada, de la sesión musical. En pantallas laterales, se proyectan imágenes abstractas, de temática floral y con movimientos dependientes del ritmo de la música.

### 3.4. Procedimiento

Este estudio se basa en el feedback obtenido durante una sesión musical. Para ello, los/as participantes recibían en primer lugar un paseo escénico por el auditorio en que se realizaba el concierto, se les introducía a los miembros del grupo musical y las herramientas que se utilizarían durante la experiencia. Una vez finalizado el paseo se daba paso a la interpretación de una canción. Los/as participantes entraban en grupos de cuatro y solo dos de ellos podían probar las sillas con vibración. La metodología empleada para esta investigación es mixta utilizando así herramientas de recolección de datos cuantitativas y cualitativas. Así pues, para obtener el feedback de los/as participantes se realizaron una encuesta y un focus group. La encuesta constaba de 28 preguntas (27 de ellas cerradas y una abierta). Todas las preguntas buscaban obtener una valoración de la experiencia vivida, así como una evaluación de cada herramienta utilizada (a nivel de satisfacción y accesibilidad). El focus

group partía de preguntas de satisfacción que fueron evolucionando a medida que este se realizaba.

## 4. RESULTADOS

En relación a las herramientas utilizadas, se han separado las estadísticas en relación al disfrute y accesibilidad. Cada una de ellas fue valorada del 1-5 siendo 1 el menor valor y 5 el mayor. A continuación, se detallan los datos concretos de cada herramienta relacionando ambos parámetros así como los resultados obtenidos en el focus group. Para ello, se presentan los porcentajes de valoración 5 que cada herramienta obtuvo tanto para favorecer el disfrute de la experiencia como su necesidad para la accesibilidad y comprensión de la misma.

En primer lugar se analiza la herramienta del subtitulado. Cabe destacar que para este proyecto en vez de usar una tipografía sencilla y misma localización, se jugó con los tamaños de las letras, la velocidad y movimiento de entrada y salida y su ubicación en la pantalla. El objetivo de este diseño era el de acercarse más al contexto de la canción en vez de trabajar desde la neutralidad del subtitulado (como el que se puede encontrar en la ópera). En cuanto a los resultados un 73,1% de usuarios marcaron un 5 sobre 1 indicando así su disfrute con la herramienta y, exactamente el mismo porcentaje, la consideraron importante facilitando la accesibilidad del espectáculo. No obstante, la creatividad como movimiento u otros efectos provocó dudas en algunos usuarios con discapacidad auditiva. Según los comentarios en el focus group dichos efectos podían dificultar la comprensión y seguimiento de los mismos. Especialmente si se intentaba seguir o disfrutar de algunas de las otras herramientas.

La lengua de signos fue otro de los elementos empleados. Al igual que en el subtitulado, se optó por una interpretación no neutra, y que la intérprete vinculara su gestualidad al contexto y emoción de la canción. Aún habiendo solo un 19,2% de los/as usuarios/as que identificaron necesitar esta herramienta para la comprensión del espectáculo fue, junto con el paseo escénico, los elementos con valoración más alta, tanto a nivel de disfrute como de accesibilidad. Con un 73,1% valorando con 5

(sobre 1) en ambos casos dicho elemento. Asimismo, en el focus se destacó, en repetidas ocasiones y por miembros de la comunidad sorda y por oyentes, la importancia del aspecto interpretativo que esta herramienta pudo ofrecer a la experiencia.

La tercera herramienta en ser valorada fueron las sillas con vibración. Teniendo en cuenta que solo el 50% de las personas pudo experimentarlas, los valores obtenidos fueron de un 57,7% valoración de 5 tanto en disfrute como accesibilidad. Así pues, los usuarios que probaron el montaje realizado en las sillas para transmitir la vibración en tiempo real, valoraron su experiencia como muy positiva ofreciendo la máxima puntuación a esta herramienta.

## 5. DISCUSIÓN

Durante el focus group los usuarios que habían probado las sillas también hicieron hincapié en que les gustaría que dicha transmisión sonora permitiera al usuario disfrutar de vibraciones más sutiles derivadas de la interpretación de otros instrumentos (más allá de la batería), permitiendo discernir pasajes más concretos.

Las luces led fueron una de las herramientas en la que más tiempo se invirtió durante el proceso de investigación. Cada instrumento, incluída la voz, contaba con una torre de luces led que se iluminaba cuando este emitía sonido. Un 73,1% de los usuarios han convenido que ha sido muy apropiado, valorando dicha herramienta con un 5, su uso para la accesibilidad, mientras un 65,4% marcaron su disfrute 5 sobre 1 de esta herramienta.

Como particularidad comentar que se formaron algunos debates muy interesantes en torno al uso de colores diferentes o iguales para cada instrumento. Los perfiles con discapacidad auditiva están acostumbrados al uso de diferentes colores en el subtitulado (para marcar la diferencia entre personajes), por lo que consideraban importante que cada instrumento tuviera un color diferente. Mientras, los usuarios con discapacidad cognitiva, convenían que esto podría resultar excesivamente estimulante.

Durante el focus group, también se planteó la iluminación led actuando como un vúmetro, es decir, según la intensidad y sobre una línea vertical, el haz de luz llegaría más alto. Esta opción podría ofrecer una mejor experiencia al usuario final ya que ofrece una información extra.

Junto con la lengua de signos, el paseo escénico, fue de las herramientas mejor valoradas. Durante el focus group se pudo observar que la predisposición a lo que va a suceder, permite un mayor disfrute en la experiencia final del usuario. Así pues, un 80,8% de los participantes marcaron 5 sobre 1 en relación al disfrute mientras que el 63,8% le han ofrecido 4 y 5 puntos a nivel de accesibilidad.

Por otro lado, se incluyeron proyecciones con imágenes abstractas basadas en una temática floral cuyo movimiento se relacionaba con el ritmo de la canción. El 73,6% de los usuarios han disfrutado del trabajo realizado con esta herramienta, mientras que exactamente el mismo porcentaje la han considerado como facilitadora para la accesibilidad. Cabe destacar, que algunos usuarios dejaron constancia durante el focus group de que las proyecciones realizadas en los laterales, desviaban la concentración de lo que sucedía en el centro del escenario.

Por último, se valoraron tanto el bucle magnético como el sonido amplificado. El bucle magnético fue empleado exclusivamente por dos usuarios cuya valoración fue positiva y el sonido amplificado, herramienta propia de la gran mayoría de eventos musicales, fue valorada con 5 en el disfrute por el 61,5% de los usuarios y por un 69,2% de los implicados en relación a la accesibilidad.

De igual modo, durante el focus group se pudieron extraer otras conclusiones. Por un lado, el interés en general por que se continúe con la investigación y la aplicación de la vibración, las luces y las proyecciones en eventos musicales. También se destacó la convivencia de estas propuestas de accesibilidad, que sin llegar a saturar en su conjunto, deben ser revisadas en algunos puntos para facilitar el mensaje del espectáculo a todos los usuarios, o la gran mayoría de ellos. Por último, la importancia de la dramatización en la figura del intérprete de signos, la cual suscita un interés mayor ofreciendo una información de enorme relevancia.

## 6. CONCLUSIONES

Como creadores del proyecto, se ha visto de enorme importancia el hecho de trabajar más desde un diseño previo, pensando en elementos que añadan interés a la obra, no solo para favorecer la accesibilidad. Esta herramienta, así como su disfrute, combinan mucho mejor cuando existe una relación estrecha.

Podemos extraer entonces que, las herramientas tecnológicas deben ser desarrolladas para que permitan una mayor adaptación a las diferentes obras que se quieran crear. Por ello, la creación de una interfaz gráfica que facilite la configuración del diseño, con parámetros ajustables, una estructura de luces más portable, o el diseño de un sistema adecuado para propuestas de bajo presupuesto sería fundamental.

Asimismo, nos gustaría reflejar una posible limitación de estos resultados. Teniendo en cuenta el perfil de algunos de los/as usuarias con discapacidad cognitiva, nos planteamos si la comprensión del formulario (a pesar de haber sido redactado en formato de lectura fácil) fue completa, y, por ende, la fiabilidad de algunos de los resultados obtenidos.

## 7. REFERENCIAS


Asamblea General de la ONU. (1948). Declaración Universal de los Derechos Humanos (217 [III] A). Paris.

BOE-A-1997-9500. Ley de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas, urbanísticas, de transportes y de la comunicación. Ley 3/1997. 7 de abril de 1997 (España).

BOE-A-2019-1630. Ley de garantía de los derechos de las personas con discapacidad. Ley 9/2018. 21 de diciembre de 2018 (España)

Breiter, H.C; Aharon, I.; Kahneman, D.; Dale, A.; Shizgal, P. (2001). Functional Imaging of Neural Responses to Expectancy and Experience of Monetary Gains and Losses., 30(2), 0–639. doi:10.1016/s0896-6273(01)00303-8

Campbell, P. S. (1997). Music, the universal language: fact or fallacy? International Journal of Music Education, 29(1), 32–39. doi:10.1177/025576149702900105

Chatterjee, A., Cardilo, E. (2021). Brain, Beauty, and Art: Essays Bringing Neuroaesthetics Into Focus. Ed. Oxford University Press. ISBN: 019751362X, 9780197513620

Díaz, J.L. (1997) A patterned process approach to brain, consciousness, and behavior, Philosophical Psychology, 10:2, 179-195, DOI: 10.1080/09515089708573214

Eerola, T.; Vuoskoski, J. K. (2011). A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. Psychology of Music, 39(1), 18–49. doi:10.1177/0305735610362821

Farwell, L.A.; Donchin, E (1988). Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials., 70(6), 0–523. doi:10.1016/0013-4694(88)90149-6

Gabrielsson, A., & Juslin, P. N. (2003). Emotional expression in music. Handbook of affective sciences (pp. 503-534). New York, NY, US: Oxford University Press.

INE. Encuesta sobre discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia. (2020) [Comunicado de prensa]. https://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=8494 (última consulta 02 de septiembre de 2022)

Joseph, R. (1992) The Limbic System: Emotion, Laterality, and Unconscious Mind. Psychoanalytic Review 79:405-456

Koelsch, S. (2012) Brain and music. Ed. John Wiley & Sons. ISBN: 0470683406, 9780470683408

Ley 51/2003. De igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad. 2 de diciembre de 2003

Loukas S, Lordier L, Meskaldji DE, Filippa M, Sa de Almeida J, Van De Ville D, Hüppi PS. Musical memories in newborns: A resting-state functional connectivity study. Hum Brain Mapp. 2022 Feb 1;43(2):647-664. doi: 10.1002/hbm.25677. Epub 2021 Nov 5. PMID: 34738276; PMCID: PMC8720188.

Menon, V.; Levitin, D.J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. 28(1), 175–184. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.05.053

Millan, Jd.R.; Renkens, F.; Mourino, J.; Gerstner, W. (2004). Noninvasive brain-actuated control of a mobile robot by human EEG., 51(6), 1026–1033. doi:10.1109/tbme.2004.827086

Mori, K., Iwanaga, M. Two types of peak emotional responses to music: The psychophysiology of chills and tears. Sci Rep 7, 46063 (2017). https://doi.org/10.1038/srep46063

Paquette, Sébastien; Peretz, Isabelle; Belin, Pascal (2013). The “Musical Emotional Bursts”: a validated set of musical affect bursts to investigate auditory affective processing. Frontiers in Psychology, 4(), –. doi:10.3389/fpsyg.2013.00509

Saneis,S; Chambers, J. (2013). EEG Signal processing. ED. Prentice Hall. ISBN: 978-0-470-02581-9

Vieillard, Sandrine; Peretz, Isabelle; Gosselin, Nathalie; Khalfa, Stéphanie; Gagnon, Lise; Bouchard, Bernard (2008). Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions. Cognition & Emotion, 22(4), 720– 752. doi:10.1080/02699930701503567

Zald, D.H.; Pardo. J.V. (2002). The Neural Correlates of Aversive Auditory Stimulation., 16(3-part-PA), 746–753. doi:10.1006/nimg.2002.1115

SECCIÓN IV

# ASPECTOS ÉTICOS, LEGALES Y DE GESTIÓN

CAPÍTULO 24

# LA ENSEÑANZA DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN GRADOS DE INFORMÁTICA

JAVIER TORREGROSA
*Universidad Politécnica de Madrid*

SERGIO D'ANTONIO MACEIRAS
*Universidad Politécnica de Madrid*

CELIA FERNÁNDEZ-ALLER
*Universidad Politécnica de Madrid*

ÁNGEL PANIZO LLEDOT
*Universidad Politécnica de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

Prácticamente desde el inicio de siglo distintas organizaciones del más alto nivel mundial han emitido documentos e informes destacando la necesidad de formar al estudiantado en criterios de sostenibilidad (UNESCO, 2005). Más recientemente, y dentro del contexto español, la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) planteó la necesidad de introducir cambios en la misma línea. El objetivo era que el estudiantado universitario contara con un conjunto de herramientas críticas para abordar las implicaciones sociales de sus futuras profesiones (CRUE, 2012). Posteriormente, el establecimiento en 2015 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible por parte de la ONU(2015) ofreció una nueva oportunidad de situar, no sin críticas, nociones de sostenibilidad. De lo que no cabe duda es que a lo largo de este siglo distintas agencias de alto nivel progresivamente insisten en la necesidad de romper silos disciplinares e introducir aspectos transversales sobre la realidad social y profesional.

Ahora bien, esta cuestión plantea una serie de desafíos en el caso de las enseñanzas técnicas, donde es imprescindible un alto grado de abstracción de conocimiento técnico para alcanzar las cotas exigidas de rigor y calidad profesional. Como consecuencia, la formación en habilidades relacionadas con distintos retos éticos, sociales y profesionales contemporáneos resulta, en ocasiones, problemática, y casi siempre relegada. Fundamentalmente, y sin pretensión de exhaustividad, se pueden destacar dos problemas: uno, inherente a las características propias del tipo de enseñanza, consiste en la dificultad de adaptar itinerarios o asignaturas profundamente técnicas, para incluir estos contenidos; y otro, que la enseñanza de estos contenidos no sea desde un enfoque instrumental y superficial, sino que sea transversal y orgánica dentro del itinerario y los contenidos que se imparten.

Afrontar estos problemas no es sencillo ni está exento de posibles errores. Sin embargo, se pueden encontrar experiencias que, desde hace tiempo, integran esta serie de contenidos dentro de los currículums de los grados, obteniendo diferentes resultados favorables tanto para el estudiantado como para el prestigio institucional. En concreto, a lo largo de este trabajo se ofrece el ejemplo de un conjunto de asignaturas que se imparten en todos los grados de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSISI)[11]. Haciendo uso de distintas metodologías docentes, e incluyendo los itinerarios dentro de proyectos internacionales[12], se pretende mostrar cómo es posible introducir las dimensiones éticas, sociales y profesionales en los itinerarios formativos. Además del interés evidente de formar en estas competencias, otro objetivo es facilitar al resto de profesorado la inclusión de estos criterios dentro de asignaturas en principio más alejadas a estas cuestiones.

Para ello, este trabajo se estructura de la siguiente forma: en los próximos subapartados se expone la historia de la introducción de los criterios de sostenibilidad a través de distintas asignaturas, fundamentalmente en la ETSISI; posteriormente se tratan distintas demandas por parte del

[11] https://short.upm.es/eaqdy

[12] https://short.upm.es/zxsix

estudiantado respecto a la necesidad de estos contenidos; y finalmente se expone un proyecto que pretende cubrir esas demandas e ir más allá. El apartado 3 presenta los distintos objetivos, desafíos y preguntas que se suscitan a partir de las cuestiones previas. En el apartado 4 se plantean las distintas metodologías docentes que se han implantado para responder a los objetivos planteados: en concreto las distintas dinámicas del curso y estratégicas en relación con las demás asignaturas. El apartado 5, Resultados, muestra el desarrollo de estas estrategias, y propone un ejemplo práctico para el caso de una asignatura con una carga técnica, y de abstracción destacable, como es la de "Machine learning". Por último, las Conclusiones plantean una serie de reflexiones sobre el diagnóstico planteado, las prácticas puestas en marcha y las posibles futuras direcciones.

### 1.2. LA INTRODUCCIÓN DE LOS CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA UPM

La introducción de competencias relacionadas con la sostenibilidad en los currículos de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) se ha ido produciendo de forma gradual desde hace casi veinte años.

Desde el año 2004, profesorado de la ETSISI y de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación (ETSIST) de la UPM comenzó a trabajar para crear en los programas de estudios de ingenierías espacios de reflexión sobre el papel y el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la sociedad (Costa Morata, 2016). La experiencia previa en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo determinó que la propuesta partiese de un enfoque centrado en la reflexión sobre las contribuciones de la tecnología al desarrollo humano. Esta idea se concretó en la oferta de una asignatura de libre elección denominada "TIC y Desarrollo Humano" (TICyDH), de 4,5 créditos, en la que se incluían 3 bloques de contenidos:

- En el primero se presentaba el concepto de desarrollo humano, analizándose la situación del mundo desde esa óptica. Así, se comenzaba a impulsar la reflexión sobre el papel que puede jugar la tecnología para favorecerlo.

- En el segundo bloque se presentaban los fundamentos de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), de la Ética profesional y organizacional, de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) dentro del ámbito de la ingeniería, y se profundizaba algo más en los impactos, retos y posibilidades de las TIC.
- El último bloque se centraba en reflexionar sobre el desarrollo de proyectos con base tecnológica.

Desde este momento se comenzó a trabajar con metodologías activas, fomentando la reflexión personal y grupal: exposiciones con debates, dinámicas de grupo, trabajos en equipo, la presencia de visitantes externos, así como asistencia a conferencias y mesas redondas formaban parte de las dinámicas de participación y evaluación. La asignatura incluía, también, la participación en las actividades programadas en el Seminario TIC y Desarrollo Humano de la ETSIST (4 sesiones a lo largo del semestre). Además, se facilitaba la incorporación de los alumnos que lo deseen en proyectos de desarrollo social relacionados con las TIC, bien como prácticas a lo largo del curso o en otros países durante estancias breves.

A partir de 2007, y con la adaptación de las titulaciones al Espacio Europeo de Educación Superior (el conocido Plan Bolonia) y el nuevo enfoque de aprendizaje por competencias, se generó una oportunidad para la inclusión de aspectos sociales en los programas de ingeniería. Además de las mencionadas anteriormente, distintas instancias comenzaron a ofrecer recomendaciones explícitas para la integración de estas temáticas en las titulaciones de grado y postgrado.

En el Real Decreto (1393/2007) de ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales se incluía como competencia obligatoria en todas las ingenierías: "[la] capacidad para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética" en el grado, "y sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios" en el postgrado.

El Consejo de Universidades (BOE 12977-2009) también hizo recomendaciones explícitas para cada área de conocimiento. En el caso de las ingenierías informáticas[13] consideraba como necesaria la "capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad de Ingeniero Técnico en Informática". Esta necesidad se concreta en el "conocimiento de la normativa y la regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional", así como la "capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente" y la "capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y valorando su impacto económico y social".

El hecho de que otras instituciones, como las agencias de acreditación ABET[14] o EUR-ACE[15] o la ACM (Association for Computer Machinery), incluyesen este tipo de competencias en sus criterios de acreditación o sus recomendaciones curriculares, también fueron claves para la inclusión efectiva de los aspectos sociales y de responsabilidad profesional en los programas de ingeniería. Esto tiene un significado especial, pues en la universidad española no era común introducir temáticas sociales en estos estudios. En aquel momento, muchas universidades aprobaron incluir en todas sus titulaciones algunas competencias transversales relacionadas con estos temas. Por ejemplo, "responsabilidad y compromiso ético" (Universidad de Valladolid), "actuar con responsabilidad y ética profesional" (Universidad de Extremadura) o "sostenibilidad y compromiso social" (Universidad Politécnica de Cataluña). En el caso de la UPM, se aprobó que todas sus titulaciones debían desarrollar la competencia de "respeto hacia el medioambiente", más orientada a la sostenibilidad ambiental.

---

[13] Si bien hay diferencias significativas dentro de los distintos tipos de grados, en este trabajo optamos por unificarlos bajo el término de "Informática", siendo conscientes de que es una generalización.

[14] https://www.abet.org/

[15] https://www.enaee.eu/eur-ace-system/

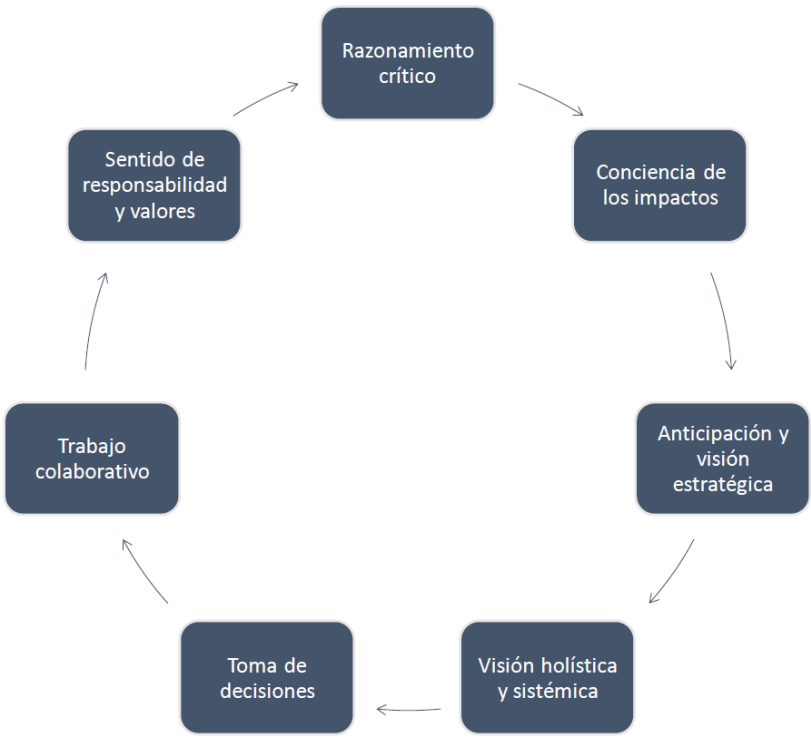
En las ETSISI y ETSIST de la UPM se incluyeron en 2009 dos asignaturas obligatorias de, 6 ECTS, en los programas de los nuevos grados: una asignatura de "Ciencia, Tecnología y Sociedad" en el 2º año de los grados relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación, y una asignatura sobre "Aspectos Sociales, Legales, Éticos y Profesionales" (ASLEP) en el primer curso de los grados relacionados con la ingeniería informática. Esta segunda asignatura unió los contenidos jurídicos de una asignatura optativa previa, "Derecho Informático", y aspectos sociales y éticos de la asignatura citada anteriormente, TICyDH. De esta forma, se pudieron ampliar el conjunto de temas que se trataban a: la ética profesional y los códigos deontológicos, la RSC, CTS, los impactos sociales y ambientales de las TIC, el análisis de la brecha digital y el uso de las TIC para la promoción de la inclusión social, el desarrollo humano o los derechos humanos.

En 2012, la CRUE elaboró el mencionado documento con Directrices para la introducción de las nociones de Sostenibilidad en los Currículums académicos. En este documento de especificaban las líneas seguidas por los cambios introducidos en el Plan Bolonia, en el BOE 12977-2009, mencionado anteriormente, entre otros documentos. La Figura 1 muestra gráficamente el conjunto de competencias consideradas necesarias. No resulta baladí destacar que estas competencias fueron indicadas en el 2012. Como se verá posteriormente, muchas de ellas continúan siendo asignaturas pendientes por parte de las instituciones y al mismo tiempo, son consideradas imprescindibles por el estudiantado.

Posteriormente, en 2014, se actualizaron las titulaciones de grado en ingenierías informáticas del Campus Sur de la UPM y se introdujeron algunos cambios que ayudaron a consolidar el trabajo comentado: se incluyó una competencia transversal denominada "responsabilidad social y ambiental", definiéndose como "el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los aspectos sociales, ambientales y éticos que afectan a la ingeniería informática". El desarrollo de esta competencia se ha asignado explícitamente a dos asignaturas obligatorias de 3 ECTS: "Aspectos Éticos y Sociales" (AES), objeto especial de estudio en esta contribución, en el 2º semestre, y "Aspectos Legales y

Profesionales" (ALP) en el 5º semestre. Como se ha comentado, en AES se incluye un bloque de CTS en el que se explica el surgimiento del concepto de sostenibilidad y la importancia de la Agenda 2030, con énfasis en la contribución de las TIC al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

***FIGURA 1**: Diagrama de las competencias enumeradas por la CRUE como necesarias dentro de los Currículums académicos*




Fuente: (CRUE, 2012)

Otra línea de trabajo que se llevó a cabo para completar la introducción de la sostenibilidad en el currículum del ingeniero/a fue su inclusión en el Trabajo Fin de Titulación (TFG). A partir de una guía de orientación (Miñano Rubio & Fernández Aller, 2015; Miñano Rubio, Fernández Aller, Anguera de Sojo, Portillo, 2015), se ofrecieron cursos a los estudiantes de TFG sobre cómo incluir una reflexión sobre estos aspectos,

en particular los más directamente relacionados con el objeto del trabajo realizado.

Como resumen de este recorrido en la introducción de los ODS en la asignatura de Aspectos éticos y sociales se puede concluir provisionalmente que tanto las iniciativas "desde arriba" (propuestas desde las instituciones universitarias o desde organismos superiores) como "desde abajo" (compromiso e iniciativas del profesorado y alumnado) son válidas y necesarias. No obstante, no se trata ni mucho menos de una cuestión cerrada. Existen numerosas demandas por parte del estudiantado sobre la necesidad de avanzar aún más en estos contenidos, y de hacerlo de una forma más integrada. Los próximos dos apartados darán cuenta de estas situaciones.

### 1.3. Las demandas del estudiantado

No cabe duda de que las directrices provenientes de organismos europeos, y nacionales son un incentivo fuerte para la introducción de estas competencias dentro de los itinerarios formativos. Pero no se trata únicamente de un conjunto de directrices que emanan de ámbitos superiores, ni cumplir estratégicamente con criterios de acreditación que mejoren la proyección de las titulaciones. Fundamentalmente se trata de responder a una demanda del estudiantado.

En este sentido, un estudio realizado en 2019 con estudiantes de Reino Unido, Australia, Canadá y Estados Unidos puso de relieve muchos de los temas tratados hasta ahora (QS, 2019).

- Sólo un 36% cree firmemente que a las Universidades les importa el medio ambiente.
- Un 94% piensa que las universidades podrían hacer más para ser sostenibles; y para un 88% es "esencial" o "muy importante" que actúen para reducir sus impactos ambientales.
- Para un 79% del estudiantado es relevante elegir grados en los que se enseñe cómo su profesión puede reducir impactos ambientales.

Es importante destacar que, centrándonos en las habilidades, las dos que más desean aprender son: la capacidad de tener una visión y pensamientos globales y sistémicos (59%), y la de entender cómo crear los cambios necesarios (57%). Sin embargo, afrontar estas cuestiones desde perspectivas multidisciplinares (42%), atendiendo a las consideraciones éticas (36%), o comprender las causas de la desigualdad mundial (32%) están entre las habilidades menos valoradas.

Dentro del ámbito español, también en 2019, se obtuvieron resultados similares (Valderrama-Hernández et al., 2019). Pero en este caso, los resultados indicaron que el estudiantado español sí que demanda la adquisición de conocimientos críticos y sistémicos sobre la sostenibilidad. Sin embargo, al mismo tiempo, se visibilizó la ausencia de una visión holística de los temas que, en palabras de los estudiantes, son fundamentales más allá del ámbito académico.

En definitiva, la inclusión de los criterios de sostenibilidad en general, y de los ODS en particular, es una cuestión que parte desde múltiples agentes. Por un lado, desde organismos internacionales y nacionales hasta distintas agencias de certificación de calidad de los grados. Y, por otro, se trata de una demanda del estudiantado. Sin embargo, la ausencia de una visión crítica y de conjunto respecto de los problemas que plantean los conceptos de sostenibilidad, y que atañen fundamentalmente a los ODS, ponen de manifiesto la necesidad de impartir esos conocimientos de forma integrada y transversal. Es decir, tanto a lo largo del itinerario formativo, como dentro de los distintos ámbitos de investigación y transferencia que existen dentro de las universidades.

### 1.4. El impulso de los ODS a través del proyecto EELISA

Recientemente, en 2020, la UPM aprobó su Plan de Sostenibilidad Ambiental[16], además de diversos estudios anteriores sobre la Sostenibilidad en los estudios oficiales de la UPM. Pero quizás la mayor iniciativa que persigue aunar todas las cuestiones anteriores es el proyecto *European Engineering Learning Innovation and Science Alliance (EELISA)*. Dicho proyecto se compone de una alianza de 9 universidades técnicas

[16] https://short.upm.es/zgq8k

europeas que persiguen, entre otras misiones, “tener un impacto real en la sociedad siguiendo la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los ODS” (EELISA, 2020). Como consecuencia, su objetivo principal es la consecución de impactos “sociales sostenibles e innovadores”(EELISA, 2022).

Dentro de este proyecto son fundamentales dos cuestiones en lo que respecta a la inclusión de los ODS. En primer lugar, que el proyecto se articula en torno a comunidades[17] que desarrollan las iniciativas y actividades (Figura 2). Estas actividades pueden ir desde un seminario, talleres de trabajo o cursos de verano, hasta ser parte de contenidos dentro de asignaturas (como se verá en el siguiente apartado).

***FIGURA 2**: Diagrama de la estructura del proyecto EELISA en torno a las comunidades*

Fuente: (EELISA, 2020)

En segundo lugar, que un requisito imprescindible para que las actividades sean aceptadas por el consorcio es que estén claramente orientadas al tratamiento de, al menos un ODS, para su posterior certificación a través de la “credencial EELISA”[18]. Este sistema de certificación está

[17] https://short.upm.es/s6vh7 /

[18] https://short.upm.es/9108w

alineado con el mencionado EUR-ACE, y toma como referencia los criterios de aprendizaje propuestos por la UNESCO (2017)[19]. Así, el proyecto crea espacios que incentivan respuestas a las demandas expresadas por los estudiantes, y al tiempo fomenta al profesorado para pensar nuevas formas de introducir estas competencias en sus asignaturas.

## 3. OBJETIVOS

Los objetivos que se propone este trabajo versan sobre cómo canalizar la inclusión de los conceptos de sostenibilidad, y en concreto los ODS, en los itinerarios académicos de los distintos grados de Informática.

En este sentido, el objetivo es responder a una pregunta fundamental: ¿Cómo enseñar conocimientos sociales a quienes pensarán, y programarán, las herramientas informáticas del –y en el– futuro?, dado que se ha hecho patente que el correcto aprendizaje de estas cuestiones tiene que realizarse de forma progresivamente integrada en todos los aspectos posibles de la carrera. Esta cuestión conduce a un segundo interrogante y objetivo a plantear: ¿cómo articular progresivamente los retos que implica introducir los ODS de forma transversal?

Para dar cuenta de los objetivos planteados, a lo largo de los próximos dos apartados se pretende responder estas preguntas aportando ejemplos concretos sobre cómo se puede ir produciendo esta integración. En la asignatura de Aspectos Éticos y Sociales (AES) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos (ETSISI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) existe un conjunto de experiencias en torno a este asunto crucial.

[19] Dentro del caso español, el marco de trabajo propuesto por EDINSOST2SDG resulta una guía contrastada sobre cómo incluir los ODS en los currículums académicos de un gran número de asignaturas del ámbito de las ingenierías (Sánchez-Carracedo et al., 2021) .

## 4. METODOLOGÍA

Desde una perspectiva general del diseño de los currículums académicos de grados, existen al menos dos formas de incluir todas las competencias tratadas hasta ahora en el currículum:

- De forma transversal en todas las asignaturas, como en el modelo de *Embedded Ethics* de Harvard[20].
- Impartir asignaturas específicas en las que se profundice en estos conceptos y contenidos, para facilitar su posterior inclusión y uso en otras asignaturas de carácter más técnico o "tecnológico".

Aquí se propone la segunda opción, que es la desarrollada hasta el momento en la ETSISI de la UPM.

La asignatura de AES cuenta tres bloques temáticos principales. El primero se ocupa de los estudios de "Ciencia, Tecnología y Sociedad", y es junto a la noción de desarrollo que se tratan en mayor profundidad las nociones de sostenibilidad, y los ODS. Los dos bloques restantes, centrados en la "Ética aplicada a la tecnología" y los "Retos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones" sirven para situar progresivamente los ejes en torno a los cuales giran la importancia de los ODS. Finalmente, a través del uso de metodologías de innovación docente como el Aprendizaje Servicio (ApS) y el Aprendizaje basado en proyectos (PBL, por sus siglas en inglés) se evalúa la adquisición de estos contenidos. El uso de este tipo de metodologías docentes, como veremos, ofrece al estudiantado la posibilidad de insertarse, desde el inicio de sus estudios, dentro del marco del proyecto EELISA.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. La enseñanza de los ODS en asignaturas de AES

En la asignatura de AES, utilizando diferentes estrategias, se ofrecen un conjunto de conocimientos básicos y críticos para que el estudiantado

[20] https://short.upm.es/olzj2

adquiera transversalmente los conocimientos relacionados con las tecnologías, la ética, política y sociedad del presente y el futuro. El objetivo final es tanto el aprendizaje crítico de estos conocimientos, como el facilitar la introducción de los ODS en otras asignaturas. Al contar con este conocimiento básico, otras asignaturas con alta carga técnica pueden aprovechar el conocimiento básico adquirido para aplicarlo a sus casos concretos.

La asignatura incluye los tres bloques de contenido explicados (CTS, Ética y Retos de las TIC) y se evalúa combinando exámenes parciales de tipo test y preguntas cortas con un trabajo grupal final. Esta configuración permite introducir el conjunto de metodologías activas que han mostrado ser tanto una demanda del estudiantado, como aquellas que arrojan mejores resultados de aprendizaje.

La primera opción, los grupos de estudiantes pueden realizar un trabajo basado en la metodología del PBL. En este caso, a través de unas fichas esquemáticas (Tabla 1) se ilustran potenciales situaciones profesionales que pueden referirse a organizaciones (Administraciones Públicas, empresas, ONG) o a temas (Medio ambiente, brecha digital, etc.) directamente basados en la realidad.

***TABLA 1**: Ficha esquemática sobre la estructura y dinámica del trabajo basado en PBL*

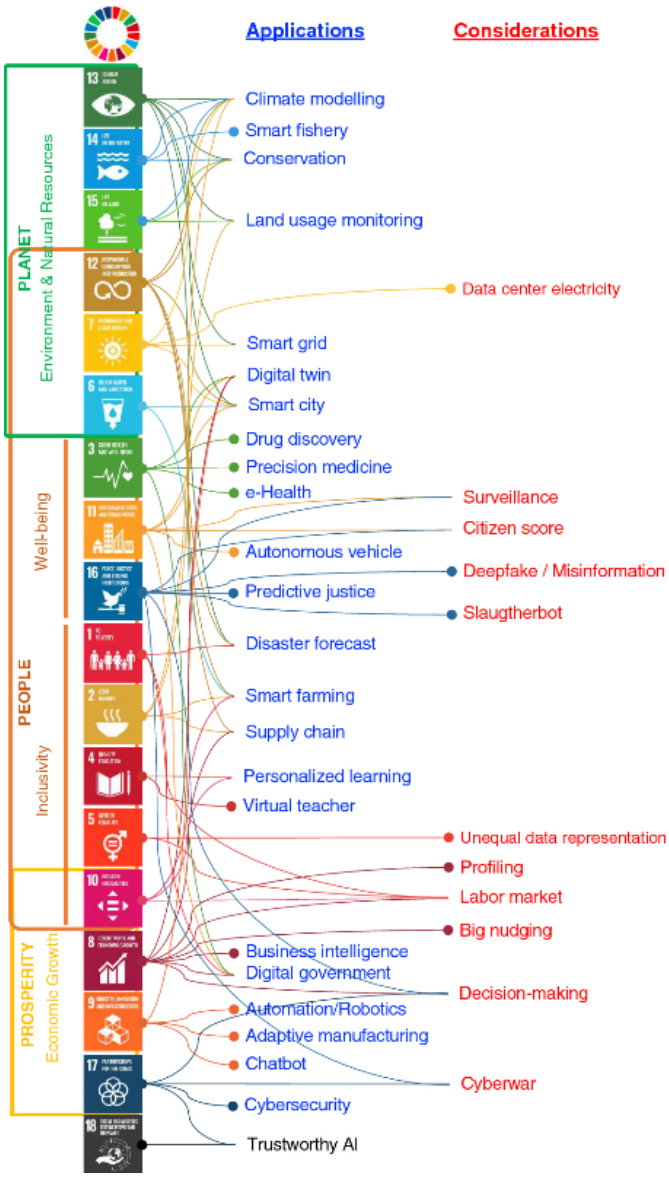
| Situación profesional PBL | Contenidos que se trabajan |
|---|---|
| Empresa tecnológica multinacional (A cada grupo se ofrece una descripción del contexto y de su actividad y retos) | Bloque 1 (CTS): Se solicita al alumnado que reflexione de qué forma contribuye la empresa a los ODS<br>Bloque 2 (Ética): se ofrecen dilemas éticos relacionados con un profesional de las TIC, y se trabajan en el contexto de la empresa tecnológica seleccionada.<br>Bloque 3 (Retos): Se trabajan cada uno de ellos (privacidad, propiedad intelectual, brecha digital) en la situación profesional elegida |

Fuente: Elaboración propia

Uno de los problemas que suele surgir en el inicio de la asignatura, y fundamentalmente con la realización de este tipo de trabajo, es la afirmación de que no hay una relación directa entre los ODS y la

informática. Por ello, y para incentivar la creatividad el estudiantado, se ha comenzado a hacer uso de la Figura 3, elaborada por Goh y Vinuesa (2021).

***FIGURA 3**: Posibles aplicaciones y consideraciones de la IA y su relación con los ODS*




Fuente: (Goh & Vinuesa, 2021)

La segunda opción es la realización de un trabajo utilizando el ApS. En este caso, al estudiantado se le ofrece un abanico de posibilidades de participación en proyectos reales a través de distintos convenios y contactos con organizaciones del tercer sector y proyectos dentro de la misma UPM. Cabe destacar que, en este caso, no se trata de situaciones "basadas en la realidad" sino de iniciativas y proyectos reales. Las Tablas 2 y 3 resumen las fichas que se proveen al estudiantado que opta por esta vía.

La Tabla 3 también muestra que el estudiantado que opte por esta vía de evaluación podrá obtener al final del curso una credencial del proyecto EELISA. De esta manera se certifica su participación en actividades que involucran no sólo la adquisición de conocimientos sino la puesta en práctica y acción de los mismos en entornos reales.

***TABLA 2**: Ficha esquemática sobre la estructura y dinámica del trabajo basado en ApS*

| Organización | Contenidos que se trabajan |
|---|---|
| ONGAWA, Ingeniería para el Desarrollo Humano, ONGD (A cada estudiante se ofrece una descripción del contexto y de su actividad y retos) Un ejemplo aparece en la figura siguiente. | A través de su participación en algunas de las actividades propuestas por la ONDG, el alumnado comprende la importancia de los ODS y de otros contenidos de la asignatura.<br>El curso 20-21 se organizó una carrera no competitiva, en la que se animó a los estudiantes a comprometerse en analizar las implicaciones sociales y ambientales de las temáticas que se imparten en la Universidad, para así tener una visión crítica tanto en el entorno profesional como personal.<br>Abajo la ficha entregada como ejemplo |

Fuente: Elaboración propia

***TABLA 3**: Ejemplo de situación real entregada a los estudiantes*

| |
|---|
| ONGAWA, Ingeniería para el Desarrollo Humano es una organización que trabaja en el ámbito de cooperación para el desarrollo, la educación, la participación ciudadana, la generación de conocimiento y posicionamiento político, desde la perspectiva de la tecnología y la ingeniería.<br>Desde hace varios años promueve en la UPM y otras 10 universidades españolas el programa GLOBAL CHALLENGE (www.globalchallenge.es) que pretende activar en los estudiantes participantes el pensamiento crítico, desarrollar capacidades de trabajo en equipo, creatividad, coordinación de proyectos, comunicación, negociación, etc. Es una plataforma que promueve que sean agentes de cambio, es decir, proponer y llevar a cabo ideas para mejorar la universidad y poder conocer, con el apoyo de profesionales que están detrás del programa, más sobre el mundo real y sobre cómo usar la tecnología de una manera sostenible con el planeta y con las personas.<br>Este curso 21-22 promoverá el curso "Ojo al dato", para entender por qué la transformación digital tiene implicaciones en nuestros derechos. https://globalchallenge.es/events/escuela-de-primavera-ojo-al-dato/<br>Se podrá participar en el IDEATON ODS, organizado por la Fundación Cibervoluntarios.<br>La participación en esta actividad tendrá reconocimiento en la credencial EELISA (Alianza Europea para la Innovación en la Enseñanza de Ciencias e Ingeniería – European Engineering Learning Innovation and Science Alliance, cuyo objetivo es definir una figura de ingenier@ europe@ reconocible tanto por su competencia técnica como por su comprensión de los retos sociales. |

Fuente: elaboración propia

Si bien este tipo se ha podido utilizar de forma más puntual, genera elevados niveles de satisfacción entre el estudiantado. Por esta razón, existe una apuesta tanto del profesorado como institucional por fomentar este tipo de trabajos. Desafortunadamente, el carácter incipiente de algunos de estos trabajos impide poder aportar resultados[21]. Sólo alguno de ellos han sido evaluados (Miñano Rubio, 2019), por lo que el trabajo presenta muchos retos pendientes. Uno de ellos es la introducción del Research Based Learning, que permita vincular los procesos de aprendizaje y de investigación.

AES no es la única asignatura en la que se está poniendo en práctica estas metodologías, desde el segundo semestre ofrece conocimientos amplios sobre los ODS, sus críticas y contextos de aplicabilidad. El alumnado puede obtener credenciales internacionales en función de su

[21] Algunos resultados referentes al mapa de presencia de los ODS en los estudios de ingeniería se están ofreciendo por parte del proyecto EDINSOST (Educación e innovación social para la sostenibilidad. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad) está financiado por el "Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad".

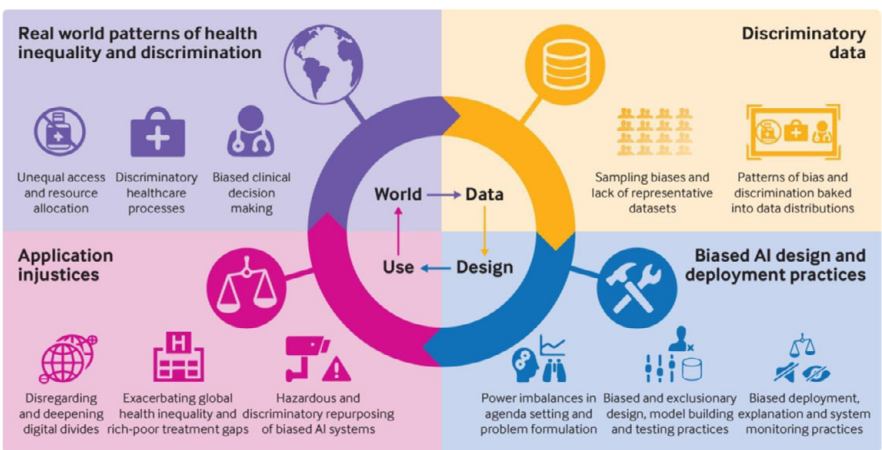
grado de implicación en la asignatura. Estos contenidos pueden allanar el camino, posteriormente, a que los ODS sean introducidos en otras asignaturas con una mayor carga técnica. A continuación, se ofrece un posible ejemplo de aplicabilidad.

### 5.2. Ejemplo de aplicación en asignaturas técnicas

El Machine Learning y la Inteligencia Artificial son campos que están presentes cada vez en más ámbitos de nuestra vida cotidiana y académica. Sin embargo, los contenidos que se imparten en las asignaturas de Informática tienen una evidente carga técnica y matemáticamente abstracta. Por tanto, no se trata de un espacio en principio "natural" dentro del cual explicar contenidos relacionados con los ODS y relacionarlos con los contenidos de la asignatura.

Sin embargo, al contar previamente con conocimientos sobre estos temas impartidos en la asignatura de AES, el profesorado de esta asignatura cuenta más posibilidades. Una de ellas podría ser la inclusión de una práctica en la que el estudiantado realice ejercicios de aplicaciones de Machine Learning que tengan relación con la consecución de algún ODS. La Figura 4 muestra un ejemplo que, si bien orientado a la discriminación y la desigualdad sanitaria, pueden ser aplicados a otros ámbitos.

**FIGURA 4**: *Distintas consecuencias de los efectos del Machine Learning y la Inteligencia Artificial dentro del ámbito de la desigualdad sanitaria y la discriminación.*




Fuente: (Leslie et al., 2021)

Esta figura muestra algunas de las posibles implicaciones si no se tienen en cuenta los sesgos de los datos, por las discriminaciones a las que puede dar lugar y a la necesidad de que estos datos sean representativos. En este caso, si bien en general se ocuparían del ODS5 (desigualdad de género) o del ODS 10 (Desigualdad), podrían también ocupar otros ODS en función del ámbito concreto dentro del cual se aplicarán.

## 6. CONCLUSIONES

Si bien la inclusión de los ODS dentro de los currículums académicos de los grados en Informática se viene produciendo a lo largo de los últimos años, estando cada vez más incentivada por organismos internacionales y agencias de acreditación, continúa siendo algo que presenta muchos desafíos y diferencias en cuanto a la forma de llevarlo a cabo.

Sin embargo, no sólo existen incentivos y directrices, también es una demanda por parte del estudiantado de la cual el profesorado progresivamente se va ocupando a través de la integración de estos contenidos en sus asignaturas y a través de proyectos internacionales.

Es imprescindible que las ingenierías desarrollen un abanico más amplio de competencias, fundamentalmente por la posición e importancia que tienen, y tendrán, en la sociedad del futuro.

A lo largo de este trabajo se han presentado un conjunto de iniciativas que persiguen superar la dificultad de incorporar los criterios de sostenibilidad y los ODS dentro de los itinerarios formativos. Estas iniciativas contemplan su introducción progresiva, conociendo las inercias y dificultades que una implantación general podrían causar.

Para ello, es importante poder contar con asignaturas en las que puedan tratarse estos temas con la profundidad y contexto que requiere su comprensión. Y la aplicación de metodologías activas favorece la participación e inclusión del estudiantado en problemas reales que afectan a su futura profesión.

# 7. REFERENCIAS


Costa Morata, P. (2016). *Ciencia, tecnología y sociedad en los estudios de ingeniería* (1ª ed). Anthropos ; Universidad Politécnica de Madrid.

CRUE. (2012). *Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum*. CRUE. https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/Directrices_Sosteniblidad_Crue2012.pdf

EELISA. (2020). *What Is EELISA* [Project WebPage]. EELISA. https://eelisa.eu/what-is-eelisa/

EELISA. (2022). *About EELISA Community Building Blocks:* [Project WebPage]. EELISA. https://community.eelisa.eu/about/

Goh, H.-H., & Vinuesa, R. (2021). Regulating artificial-intelligence applications to achieve the sustainable development goals. *Discover Sustainability*, *2*(1), 52. https://doi.org/10.1007/s43621-021-00064-5

Leslie, D., Mazumder, A., Peppin, A., Wolters, M. K., & Hagerty, A. (2021). Does "AI" stand for augmenting inequality in the era of covid-19 healthcare? *BMJ*, *372*, n304. https://doi.org/10.1136/bmj.n304

Miñano Rubio, R. (2019). *Formación en competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional: Estudio de casos en ingeniería industrial e ingeniería informática* [PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid]. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.55789

Miñano Rubio, R., & Fernández Aller, C. (2015). *Guía para trabajar la responsabilidad social y ambiental (GRSA)*. E.T.S.I de Sistemas Informáticos (UPM). https://oa.upm.es/35542/

Miñano Rubio, R, Fernández Aller, C. Anguera de Sojo, A. Portillo, E. (2015). Introducing ethical, social and environmental issues in ICT engineering degrees. J*ournal of Technology and Science Education*. Vol 5(4), pp 272. On-line ISSN 2013-6374 – Print-ISSN 2014-5349 DL: B-2000-2012 – http://dx.doi.org/10.3926/

ONU. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible* [Blog]. Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

QS. (2019). *Sustainability in Higher Education: What More Can Universities Do*. https://www.qs.com/portfolio-items/sustainability-in-higher-education-what-more-can-universities-do/

Sánchez-Carracedo, F., Segalas, J., Bueno, G., Busquets, P., Climent, J., Galofré, V. G., Lazzarini, B., Lopez, D., Martín, C., Miñano, R., Cámara, E. S. de, Sureda, B., Tejedor, G., & Vidal, E. (2021). Tools for Embedding and Assessing Sustainable Development Goals in Engineering Education. *Sustainability*, *13*(21), 12154. https://doi.org/10.3390/su132112154

UNESCO. (2005). *Directrices y recomendaciones encaminadas a reorientar la formación de docentes para abordar el tema de la sostenibilidad.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000143370_spa

UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444

Valderrama-Hernández, R., Alcántara Rubio, L., Sánchez Carracedo, F., Caballero Franco, D., Serrate González, S., Gil-Doménech, D., Vidal-Raméntol, S., & Miñano, R. (2019). ¿Forma en sostenibilidad el sistema universitario español? Visión del alumnado de cuatro universidades. *Educación XXI*, *23*(1). https://doi.org/10.5944/educxx1.23420

# INTERESANDO A LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INFORMÁTICA EN LA LEGISLACIÓN

MARY LUZ MOURONTE LÓPEZ
*Universidad Francisco de Vitoria*

## 1. INTRODUCCIÓN

La multitud de campos de aplicación que la ingeniería informática tiene en la actualidad resultan impactados por varias regulaciones. En particular, en España, la ingeniería informática se ve afectada por el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y el Consejo, de 27 de abril de 2016, referente a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de sus datos personales y a la libre circulación de ellos (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y el Consejo, de 27 de abril de 2016), así como por la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre). También la Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico (Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico), así como sus modificaciones poseen una relevante afectación.

Los propios Colegios Profesionales de Ingeniería Informática se hacen eco de la importancia de regular varios aspectos de las soluciones software (construcción, uso, etc.) a la vez que señalan que aún existe un importante camino por recorrer (CCII, s.f.). También indican que las carencias legislativas todavía existentes suponen un problema social, que afecta a todas las personas.

A pesar de lo indicado anteriormente, los estudiantes de ingeniería informática no parecen sentirse especialmente atraídos por el estudio de la

legislación. El propósito de este trabajo es ayudar a cambiar esta situación.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de la experiencia docente propuesta en este documento son:

1. Incrementar el interés de los estudiantes de ingeniería informática por asuntos legislativos.
2. Mejorar el rendimiento académico de los alumnos de los mencionados estudios.

## 3. METODOLOGÍA

La experiencia docente aquí plasmada se realizará en el marco de la asignatura "Sistemas de Información en la Empresa", la cual está ubicada, dentro del Plan de Estudios en vigor del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Francisco de Vitoria (UFV), en 4º curso. A continuación, se detallan los objetivos, las competencias específicas, los resultados de aprendizaje, así como el temario de la asignatura "Sistemas de Información en la Empresa". También se describe la experiencia docente, así como la metodología seguida para el análisis de resultados.

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA: "SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LA EMPRESA"

La asignatura "Sistemas de Información en la Empresa" cubre los siguientes objetivos:

1. "Fomentar la construcción de sistemas de información para que sirvan al bien del hombre en su entorno empresarial y contribuyan al bien común" (UFV, 2022a, p. 2).
2. Promover "la construcción de sistemas de información centrados en la persona, teniendo en cuenta la complejidad de unidades sociales que los utilizarán, los grupos interesados en ellos, su usabilidad y su sostenibilidad, con el objetivo de resolver

problemas empresariales que promuevan la armonía en la empresa como comunidad de personas" (UFV, 2022a, p. 2).

3. Trabajar "en cómo conseguir una implementación de sistemas de información que ejecuten una gestión de empresa fundamentada en la dignidad de la persona, con una filosofía de gestión que las respete les permita contribuir y les impulse a comprometerse en su lugar de trabajo" (UFV, 2022a, p. 2).
4. Conocer "los sistemas de información en base a casos de éxito reales, aplicando conocimientos adquiridos en otras materias anteriores a situaciones reales simuladas" (UFV, 2022a, p.2).
5. Conocer "entornos y casuísticas reales que valdrán de aprendizaje para la cercana vida profesional" (UFV, 2022a, p. 2).
6. Entrenar "la capacidad crítica en relación con los sistemas de información en el mundo real de negocio" (UFV, 2022a, p. 2).
7. Vincular "los procesos de información y gestión empresarial con las infraestructuras TI[22] y las aplicaciones informáticas de modo que se conozca y aprenda a evaluar la importancia de los sistemas informáticos y de comunicaciones al servicio de la gestión del negocio" (UFV, 2022a, p. 2).
8. Conocer "la complejidad técnica y organizativa asociada a la implantación de sistemas de información orientados a procesos, donde se compaginan requisitos de distintas áreas de las organizaciones y de diferentes niveles de toma de decisiones." (UFV, 2022a, p. 2).
9. Abordar "las peculiaridades del ciclo de desarrollo de software de soluciones comerciales, con posibilidad de parametrizar o de adaptar dicho software a las necesidades de negocio de empresas que operen en entornos productivos o de servicios muy dispares." (UFV, 2022a, p. 2).

La asignatura cubre 5 competencias básicas, 2 competencias generales y 1 competencia específica. En concreto, para cumplir con la competencia específica, indicada a continuación, es necesario abordar dentro del temario varios aspectos relativos a legislación.

[22] Tecnologías de la Información

> "Capacidad de integrar soluciones de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y procesos empresariales para satisfacer las necesidades de información de las organizaciones, permitiéndoles alcanzar sus objetivos de forma efectiva y eficiente, dándoles así ventajas competitivas." (UFV, 2022a, p. 4).

Asuntos como el acceso, el procesamiento y la recolección de datos, así como los resultados y las responsabilidades del uso de los sistemas de información (SI), así como las consecuencias de su implantación, deben ser comprendidos por el alumno. Además, se requiere que el docente ponga en relación todo esto con la regulación existente. También la manera en que se transferirán los datos entre los servicios y sus componentes de manera que se asegure siempre la observancia de los requerimientos regulatorios y los requisitos de seguridad deben ser detallados. La invasión de la privacidad, el envío abusivo de correos electrónicos, así como la relevancia de la seguridad en las transacciones electrónicas deben ser especialmente reseñados y relacionados con la legislación en vigor.

Los resultados de aprendizaje de la asignatura son:

> "Identificar las claves de la integración de sistemas e implantación de productos de mercado." (UFV, 2022a, p.4 ).

> "Conocer la complejidad técnica y organizativa de los sistemas de información en entornos de negocio reales y realizar la planificación estratégica de sistemas que los soporten." (UFV, 2022a, p. 4).

> "Estudiar la situación actual y las necesidades de la empresa y analizar e idear mejores medios para satisfacerlas, resolviendo problemas de conceptualización, planificación, diseño e implantación de sistemas de información, a partir de los requisitos de negocio." (UFV, 2022a, p. 4).

> "Conocer cómo se afrontan proyectos multidisciplinares donde se interrelacionan la gestión del cambio organizativo y las principales áreas técnicas de los sistemas de información: desarrollo, explotación de sistemas, planificación de recursos y seguridad lógica, entre otras." (UFV, 2022a, p. 4).

El temario de la asignatura consta de 5 unidades, las cuales son detalladas muy brevemente a continuación:

Unidad I: Gestión TI (UFV, 2022a)

En esta unidad se abordan los fundamentos de ITIL4 (Information Technology Infrastructure Library), dando cobertura a ciertos conceptos básicos sobre la gestión del servicio TI, así como a nociones de las prácticas propuestas por ITIL (prácticas de gestión generales, prácticas de gestión de servicio, y prácticas de gestión técnica).

En particular, se dan a conocer las nociones de Service Value System (SVS) y el modelo de cuatro dimensiones: "organizaciones y personas" ("organizations and people"), "información y tecnología" ("information and technology"), "socios y proveedores" ( "partners and suppliers") y "flujo de valor y procesos", ("value streams and processes"). Igualmente, se detallan cuáles son las novedades, así como las diferencias que, siempre en un nivel básico de conceptos, considera ITIL 4 respecto a ITIL v3.

Todo lo anterior permitirá que el alumno Conozca los beneficios aportados por ITIL. El estudiante debe ser también consciente de la necesidad de sensibilizar a los actores que intervienen en la prestación de servicios, de las responsabilidades que tienen, puesto que las actividades que ellos realizan impactan, en buena medida, sobre su funcionamiento.

Unidad II: Fundamentos de los SI (UFV, 2022a)

En esta unidad se contempla la categorización de los distintos sistemas de información, su relación con la estrategia, así como la descripción de los aspectos clave que deben considerarse durante su construcción y diseño. Específicamente, se dan a conocer los elementos del SI y sus funciones. También se analizan el ciclo de vida, el ciclo de decisión y el ciclo de abstracción del SI. Asimismo, el estudiante debe obtener una perspectiva de los diagnósticos, el plan de sistemas e ingenierías.

Unidad III: Enterprise Resourcing Planning (ERP) (UFV, 2022a)

En esta unidad se expone la historia de los sistemas de planificación de recursos empresariales (Enterprise Resource Planning System, ERP) hasta llegar a los existentes actualmente. En particular, se detallan sus características fundamentales, los procedimientos que deben usarse

durante su despliegue, las soluciones software actualmente disponibles, así como ciertos ejemplos de implantación. El alumno debe comprender que estos SI hacen posible llevar a cabo la gestión integrada de la información empresarial, al centralizar los datos de los diversos procesos de la compañía en los que están involucrados diferentes actores de la organización.

Unidad IV: Customer Relationship Management (CRM) (UFV, 2022a)

En esta unidad se da a conocer la evolución de los sistemas que gestionan las relaciones con los clientes (Customer Relationship Management Systems, CRM). En este bloque se busca que el alumno conozca los atributos básicos de los CRM, los mecanismos que deben ser utilizados durante su despliegue, así como las soluciones software existentes, conjuntamente con algunos casos reales de implantación. El estudiante debe conseguir una perspectiva del motivo por el cual las relaciones con los clientes deber ser gestionadas en la compañía, y las causas por las que las que la organización debe estar orientada al cliente.

Unidad V: Otros SI (UFV, 2022a)

En esta unidad se pretende que el alumno conozca los sistemas de gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management, SCM), el estudiante debe entender que estos SI permiten llevar a cabo una gestión efectiva de la cadena de suministro ejecutando actividades que integran a proveedores, centros de producción, almacenes y detallistas, logrando que la mercancía, con el menor coste posible, se construya y distribuya en las cantidades adecuadas, a los lugares correctos, en el tiempo requerido.

También se detallan en esta unidad los sistemas de soporte a la operación (Operation Support Systems, OSS), los cuales son utilizados por los operadores de telecomunicaciones. En particular, se explican cada una de las funciones llevadas a cabo por los elementos que componen estos SI: inventario, despliegue de elementos de red, provisión y supervisión.

Asimismo, los sistemas de gestión de los procesos de negocio (Business Process Management Systems, BPMS), así como las aplicaciones de comercio electrónico deben ser comprendidas por el alumno en esta unidad.

En particular se busca que los estudiantes aprendan los atributos propios de los SI incluidos en este bloque temático, así como los procedimientos y puntos clave que deben ser considerados durante su instalación. En esta unidad también se dan a conocer a los alumnos las soluciones software actualmente disponibles, y se les muestran algunos ejemplos reales de despliegue.

La carga de la asignatura se corresponde a 3 ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System). Su docencia se realiza durante 2 horas semanales. En la asignatura están matriculados, habitualmente, alrededor de 30 alumnos.

## 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA DOCENTE

En este apartado detallamos el experimento que se llevará a cabo en el marco de la asignatura: "Sistemas de Información en la Empresa".

Durante la realización de la experiencia se empleará la técnica de "Flipped Classroom". También se invitará a profesionales del campo de la informática a que, a través de conferencias educativas, expongan casos reales, en los cuales el poseer un conocimiento de regulación les resultó de utilidad.

Como es conocido, en la técnica de "Flipped Classroom", el docente desempeña un papel de orientador y guía del grupo de alumnos, siendo ellos los que juegan un papel activo en el aula.

Así, cuando, durante la docencia de la asignatura, se requiera abordar algún aspecto legislativo, los estudiantes deberán visualizar en sus casas videos previamente escogidos o confeccionados por el docente. Del mismo modo, los alumnos deberán comunicarse antes y posteriormente a la clase con otros estudiantes, así como con el propio docente. La comunicación se efectuará a través de un foro creado al efecto por el docente en la plataforma CANVAS (Canvas, s.f.). Igualmente, los alumnos mantendrán una discusión sobre los videos que han visualizado en el aula.

Además, se realizarán cuestionarios tanto antes (*Pre*) como después (*Post*) de la docencia relativa a temas legislativos, lo cual permitirá

conocer la percepción de los estudiantes sobre el experimento y realizar los análisis que se describen el apartado 3.3.

En cuanto a los resultados de aprendizaje, éstos serán evaluados a través de exámenes realizados en la citada plataforma CANVAS.

Para valorar y estudiar los resultados del experimento se efectuará un análisis cuantitativo de los cuestionarios, en donde se identificarán aquellas variables estadísticamente más significativas, y se utilizarán test de hipótesis para la detección de dependencias, tal como se describe en el apartado 3.3.

También se llevará a cabo un análisis de las calificaciones que hayan sido obtenidas por los estudiantes, en particular, se observará si han existido o no variaciones significativas respecto a las notas que consiguieron en cursos académicos anteriores. Además, se examinará la encuesta oficial de la universidad sobre la asignatura, comparándola con los resultados de otros cursos académicos. Específicamente, se prestará especial atención a las respuestas dadas a las siguientes preguntas (UFV, 2022b):

> " […]¿Puedo conectar la asignatura con situaciones de la vida real?[…]
>
> […]¿Las actividades desarrolladas fomentan la interacción con el grupo en clase?[…]
>
> […]¿ Los temas tratados me hacen plantearme preguntas?[…]
>
> […]¿Aprendo cursando esta asignatura?[…]" (UFV, 2022b):

## 3.3. MÉTODO DE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación, se describe la metodología de análisis de los resultados que se utilizará.

El cuestionario que se realizará antes de la experiencia (cuestionario *Pre*) contendrá las preguntas siguientes:

Pregunta 1

- Texto de la pregunta: ¿Cuál es su género?
- Tipo de la pregunta: Elección múltiple

Pregunta 2

- Texto de la pregunta: ¿Cuál es actualmente su nota media de la carrera?
- Tipo de la pregunta: Elección múltiple

Pregunta 3

- Texto de la pregunta: ¿Cuántas asignaturas suspensas tiene actualmente en la carrera?
- Tipo de la pregunta: Elección múltiple

Pregunta 4

- Texto de la pregunta: ¿Tiene algún conocimiento sobre legislación aplicable a sistemas informáticos?
- Tipo de la pregunta: Elección múltiple.

Pregunta 5

- Texto de la pregunta: ¿Se siente atraído por aquellos conocimientos que se refieren a legislación? Tanto para respuesta afirmativa, como negativa explique el motivo.
- Tipo de la pregunta: Pregunta a desarrollar.

Pregunta 6

- Texto de la pregunta: ¿Cree que el conocimiento de aquella legislación aplicable a los sistemas informáticos puede resultarle de utilidad en su futuro ejercicio profesional? Tanto para respuesta afirmativa, como negativa explique el motivo.
- Tipo de la pregunta: Pregunta a desarrollar

Pregunta 7

- Texto de la pregunta: ¿Le gustaría formar parte de una experiencia docente que aumente su motivación por temas legislativos? Tanto para respuesta afirmativa, como negativa explique el motivo.
- Tipo de la pregunta: Pregunta a desarrollar

El cuestionario que se llevará a cabo después de la experiencia (cuestionario *Post*) contendrá las preguntas siguientes:

Pregunta 1

- Texto de la pregunta: ¿Considera que ha aumentado su conocimiento sobre la legislación que es aplicable a sistemas informáticos y percibe su utilidad?. Tanto para respuesta afirmativa, como negativa explique el motivo.
- Tipo de la pregunta: Pregunta a desarrollar.

Pregunta 2

- Texto de la pregunta: ¿Se siente ahora más atraído por aquellos conocimientos que se refieren a legislación? Tanto para respuesta afirmativa, como negativa explique el motivo.
- Tipo de la pregunta: Pregunta a desarrollar.

Pregunta 3:

- Texto de la pregunta: Valore de 1 a 10 la experiencia de la que ha formado parte. Siendo 1 el valor más negativo y 10 el valor más positivo.
- Tipo de la pregunta: Elección múltiple.

En el cuestionario *Pre*, se analizará la dependencia de las respuestas a las preguntas 4, 5, 6 y 7, con las respuestas a las cuestiones 1, 2 y 3. Para identificar las dependencias citadas se seguirá el procedimiento siguiente:

1. Las respuestas a las cuestiones 4, 5, 6 y 7, se dividirán en grupos. Estos agrupamientos serán establecidos según las respuestas a las preguntas 1, 2 y 3.
    - Pregunta 1, Grupo 1: Mujeres, Grupo 2: Hombres
    - Pregunta 2: Grupo I: Nota Media $< 5$, Grupo 2: $5 \leq$ Nota Media $< 7$, Grupo 3: $7 \leq$ Nota Media $< 9$, Grupo 4: $9 \leq$ Nota Media $\leq 10$.
    - Pregunta 3: Grupo 1: Ninguna asignatura suspensa. Grupo 2: Alguna asignatura suspensa.

2. Se comprobará la normalidad y la homogeneidad de varianzas en cada grupo, utilizando para ello los test de Shapiro Wilks (Shapiro & Wilk, 1965), (Shapiro & Francia, 1972) y F de Levene (Gastwirth et al., 2010), respectivamente.
3. Para el estudio de dependencias, si hay normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizará el test ANOVA (Sawyer, 2009). En caso contrario se empleará el test de Kruskal-Wallis (Ostertagova et al., 2014). Ambos test se ejecutarán con un intervalo de confianza igual a 0.95.

Se estudiarán igualmente las posibles correlaciones entre las respuestas a las preguntas 4, 5, 6 y 7 del cuestionario *Pre*, con las respuestas a cada una de las preguntas del cuestionario *Post*. Si existe normalidad de las variables para el cálculo de correlaciones se empleará el método de Pearson y si no es así el de Spearman (Chen & Popovich, 2002).

Se realizarán histogramas de las respuestas a todas las preguntas de ambos cuestionarios, para conocer las distribuciones de frecuencias. Además, se construirán histogramas para saber la distribución de calificaciones tanto en el curso académico objeto de la experiencia como en cursos académicos anteriores. También se calcularán las distribuciones de probabilidad acumulada, así como las funciones de densidad de probabilidad para estos datos.

Para los cálculos estadísticos, y dibujo de gráficas se utilizarán programas software codificados en R (R, s.f.). La construcción de estos programas comprenderá tareas de diseño, codificación y pruebas.

## 4. RESULTADOS

Estimamos que la experiencia explicada aumentará la motivación y rendimiento académico de los estudiantes, debido a que:

1. La exposición de temas regulatorios es efectuada utilizando tecnología TIC (videos y plataforma de e-learning CANVAS), la cual es tremendamente próxima a los alumnos..
2. Se presentan casos de uso del entorno profesional en el que los estudiantes se desenvolverán en un futuro.

3. Se usa la metodología “Flipped Classroom” la cual, ha sido señalada en algunas investigaciones, como desencadenante de mejoras en los resultados de aprendizaje.

## 5. DISCUSIÓN

Algunas de las ventajas mencionadas en la literatura sobre la metodología “flipped classroom” son que ésta lleva aparejada una optimización del tiempo utilizado durante la docencia. Además de señalarse que, mediante su uso, se logra que los estudiantes se involucren más, al enfatizar su protagonismo durante la clase (Aguilera-Ruiz et al., 2017). También el uso de videos permite que los alumnos puedan visualizarlos varias veces, además de constituir recursos reutilizables (Lara y Rivas, 2009). La investigación señala como pilares fundamentales de la técnica “flipped classroom” los siguientes (Sánchez, et al., 2017):

- Proporciona un entorno flexible (Sánchez, et al., 2017),
- Construye una cultura y un entorno de aprendizaje, en los que el estudiante es el actor principal (Sánchez, et al., 2017),
- Maneja contenidos intencionales (Sánchez, et al., 2017),
- Requiere docentes con una relevante profesionalidad (Sánchez, et al., 2017).

Las experiencias propuestas para aplicar la metodología “flipped classroom” son numerosas, así podemos mencionar (The Flipped Classroom, s. f.), (Educ@con TIC el uso de TIC en las aulas, s.f.), entre otras. También existen ciertas evidencias empíricas de ejecución del “flipped classroom” como (Hamdan et al., 2013), (Yarbro et al., 2014), (O'Flaherty & Phillips, 2015), y ( Martínez, T, et al, 2019).

En lo que respecta a los sistemas de gestión de aprendizaje (Learning Management Systems, LMS), estos proveen a los docentes y estudiantes de un aula on-line que refuerza, de modo general el proceso de aprendizaje (Vaughn, 2020). En la experiencia descrita en este documento se utilizará, como ya se ha indicado la plataforma CANVAS, la cual es el LMS actualmente implantado en la UFV. Entre las ventajas de los LMS se encuentran (Cavus & Uzunboylu, 2006):

- Los estudiantes y docentes pueden hacer uso de ellos desde cualquier lugar, es decir, el acceso a ellos puede hacer desde entornos especialmente confortables (Cavus & Uzunboylu, 2006).
- La comunicación con los estudiantes puede efectuarse tanto de modo individual como de manera grupal (Cavus & Uzunboylu, 2006).
- El aprendizaje en grupo optimiza el proceso de aprendizaje, puesto que en esa clase de aprendizaje los estudiantes comparten sus experiencias, y obtienen un beneficio mutuo (Cavus & Uzunboylu, 2006).
- Los estudiantes pueden conocer su propia asimilación de contenidos respondiendo cuestionarios elaborados por el docente en cualquier momento (Cavus & Uzunboylu, 2006).
- El docente puede realizar un mejor seguimiento de la actividad de cada alumno (número de accesos, mensajes en foros, etc.) (Cavus & Uzunboylu, 2006).

Del mismo modo, el conocimiento y realización de experiencias reales ha demostrado su efectividad en los estudios de ingeniería (Grinberg et al., 2017). También las charlas educativas han exhibido beneficios en diversas áreas (Aparicio de Carpio, C. A. y Castro, A. B., 2020), así como el contar con referentes profesionales en ciertos ámbitos (ONU MUJERES, 2020).

En lo que se refiere a la legislación relativa a informática, la Constitución Española, en la Sección 1ª, la cual se refiere a los derechos fundamentales y libertades públicas, estableciendo en su artículo 18 apartado 4 que:

> "La ley limitará el uso de la informática para garantizar el honor y la intimidad personal y familiar de los ciudadanos y el pleno ejercicio de sus derechos." (Congreso de los Diputados, s. f.)

Teniendo en cuenta lo anterior, es tremendamente relevante que el futuro profesional informático conozca la siguiente legislación:

> Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico, cuya última modificación publicada corresponde al 13 de julio de 2022.

El objeto de esta Ley es el establecimiento del régimen jurídico que atañe a los servicios de la sociedad de la información, así como a la

contratación por vía electrónica. Esta regulación recoge los deberes de los prestadores de servicios, considerando también aquellos en los que juegan un papel de intermediarios en la transmisión de contenidos por medio de las redes de telecomunicación y las comunicaciones comerciales electrónicas. Además, la Ley determina la información preliminar y ulterior referente a la constitución de contratos electrónicos, así como aquellos requisitos relativos a su autenticidad y efectividad. En ella se especifican, igualmente, las sanciones que son aplicables a los prestadores de servicios de la sociedad de la información (Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico, p.8).

> Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, el cual se refiere a la protección de las personas físicas en lo relativo al tratamiento de sus datos personales y a la libre circulación de éstos (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016).
>
> Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, cuya última modificación publicada data del 27 de mayo de 2021 (Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre).

Esta Ley surgió por la necesidad de llevar a cabo en la regulación española una adaptación al Reglamento General de Protección de Datos citado, el cual, como se ha indicado, es de aplicación desde el 25 de mayo de 2018.

Todo lo expuesto en este apartado pone de manifiesto la utilidad y necesidad de llevar a cabo la experiencia propuesta.

## 6. CONCLUSIONES

Se espera que la experiencia descrita en este documento contribuya a incrementar el interés de los estudiantes de ingeniería informática por los temas regulatorios que atañen a los sistemas de información en la empresa. En un momento en que una legislación sobre los productos software, y servicios informáticos, así como de las actividades relacionadas con ellos es especialmente relevante.

# 7. BIBLIOGRAFÍA


Aguilera-Ruiz, C., Manzano-León, A., Martínez-Moreno, I., Lozano-Segura, M.

C. & Casiano Yanicelli, C (2017). El modelo flipped classroom. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 4 (1), 261-266

Aparicio de Carpio, C. A. y Castro, A. B. (2020) El rol de IEPROES, desde las funciones principales de la educación superior en el desarrollo local sostenible. Tesis de Master, Universidad de El Salvador. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22308/1/TESIS%20%20MDL%20PARA%20RESPOSITORIO.pdf

Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico. BOE núm. 166, de 12/07/2002, 1-38. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-13758

Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre. BOE núm. 294, de 06/12/2018, 119788 a 119857. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-16673

Canvas (s.f.). Enseñanza y aprendizaje. El poder de Canvas LMS. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.instructure.com/es-es/producto/canvas/educaci%C3%B3n-superior/lms

Cavus, N. & Uzunboylu, H. (2006). The effectiveness of using learning management systems and collaborative tools in web-based teaching of programming languages. 3rd International Symposium and Education on Electrical, Electronic, and Computer Engineering (ISEECE 2006), pp. 72-77., 23-25 November, Near East University, Lefkoşa, Cyprus (ERIC DATABASE ERIC: ED503541)

CCII (s.f.). Ingeniería Informática. Consejo General de Colegios Profesionales-CCII. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.ccii.es/quienes-somos/consejo-ingenieria-informatica-spanish-council-informatics-engineering

Chen, P. Y. & Popovich, P. M. (2002). Correlation Parametric and Nonparametric Measures. Sage Publishing.

Congreso de los Diputados (s. f.) Constitución Española. La Constitución española de 1978. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://app.congreso.es/consti/constitucion/indice/titulos/articulos.jsp?ini=18&tipo=2

Educ@con TIC el uso de TIC en las aulas (s.f.). Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: http://www.educacontic.es/blog/experiencias-flipped-classroom

Gastwirth, J., Gel, Y. & Miao, W. (2010). The Impact of Levene's Test of Equality of Variances on Statistical Theory and Practice. Statistical Science, 24(3), 343-360. https://doi.org/10.1214/09-STS301

Grinberg, M., Zanocco, P., Ramírez, P., & Giménez, Y. (2017). Experiencias reales en la enseñanza de la ingeniería. Conference: Segundo Simposio Internacional sobre Educación, Capacitación, Extensión y Gestión del Conocimiento en Tecnología Nuclear, Buenos Aires, Argentina

Hamdan, N., McNight, P., McNight, K., & Arfstrom, K. (2013). A review of flipped learning. USA: Flipped Learning Network, Pearson and George Mason University. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.researchgate.net/publication/338804273_Review_of_Flipped_Learning

Lara, S., y Rivas, S. (2009). Aprendizaje autorregulado y fomento de competencias en dos asignaturas de Master a través del empleo de plantillas de evaluación, método del caso, role-playing y vídeo digital. Educación XX1, 12, 67-96

Martínez, T., Díaz, I., Romero-Rodríguez, J. M. & Rodríguez-García, A. M. (2019). Eficacia del Método Flipped Classroom en la Universidad: metaanálisis de la Producción Científica de Impacto. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 17(1), 25-38. https://doi.org/10.15366/reice2019.17.1.002

O'Flaherty, J., & Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. The Internet and Higher Education, 25, 85-95.

ONU MUJERES (2020) Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y El Caribe. ONU Mujeres. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://lac.unwomen.org/sites/default/files/Field%20Office%20Americas/Documentos/Publicaciones/2020/09/Mujeres%20en%20STEM%20ONU%20Mujeres%20Unesco%20SP32922.pdf

Ostertagova, E., Ostertag, O., & Kováč, J. (2014). Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. Applied Mechanics and Materials, 611, 115-120

R (s.f.) The R Project for Statistical Computing. https://www.r-project.org/

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016. Diario Oficial de la UE. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf

Sánchez, J., Ruiz-Palmero, J. & Vega, E. (2017). Flipped classroom. Claves para su puesta en práctica. Revista de Educación Mediática y TIC (EDMETIC), 6, 336-358. https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i2.5832.

Shapiro, S. S., & Francia, R. S. (1972). An approximate analysis of variance test for normality. Journal of the American Statistical Association, 67, 215-216

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52, 591–611.

Sawyer, S. (2009). Analysis of Variance: The Fundamental Concepts. Journal of Manual & Manipulative Therapy. 17. 27E-38E. https://doi.org/10.1179/jmt.2009.17.2.27E.

The Flipped Classroom (s. f.). 33 experiencias para poner el aula patas arriba. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: https://www.theflippedclassroom.es/33-experiencias-poner-aula-patas/

UFV(2022a) . Guía docente. Asignatura Sistemas de Información en la Empresa, Curso académico 2022-2023. Grado en Ingeniería Informática. Universidad Francisco de Vitoria

UFV (2022b). Encuestas docentes oficiales de la Universidad Francisco de Vitoria. Cursos 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021, 2021-2022

Vaughn, B. (2020). Learning Management System (LMS) Use with Online Instruction. International Journal of Technology in Education, 4(1), 68-92. https://doi.org/10.46328/ijte.36.

Yarbro, J., Arfstrom, K. M., McKnight, K. & McKnight, P. (2014). Extension of a Review of Flipped Learning. Flipped Learning Network. Recuperado el 1 de agosto de 2022 de: http://flippedlearning.org/cms/lib07/VA01923112/Centricity/Domain/41/Extension%20of%20FLipped%20Leaning%20LIt%20Review%20June%202014.pdf

# ACTIVIDADES DE PRIMER DÍA DE CLASE EN ASIGNATURAS DEL ÁMBITO DE EMPRESA Y DEL MANAGEMENT PARA FOMENTAR EL ENGAGEMENT DEL ALUMNADO DE PRIMEROS CURSOS DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA TIC

JOSEP PETCHAMÉ SABARTÉS
*La Salle-Universidad Ramon Llull*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los programas universitarios de ingeniería incorporan los conocimientos tecnológicos específicos del ámbito ingenieril en cuestión, propios de cada especialidad, a la vez que toda una serie de conocimientos adicionales en otros ámbitos de naturaleza no tecnología que resultan necesarios para el desempeño de la profesión. Así pues, entre otros, tópicos del ámbito empresarial, gestión, dirección de proyectos, o emprendimiento suelen estar incorporados en mayor o menor medida en los programas docentes. Adicionalmente a los conocimientos ya mencionados, la formación se orienta tanto a la adquisición de estos, como al aprendizaje y desarrollo de distintas competencias. Entre estas últimas cabe mencionar, entre otras, la del trabajo en equipo, saber comunicarse de modo eficiente o el ser capaz de establecer metas y objetivos, tal y como se pone de manifiesto en los criterios de acreditación de los programas de ingeniería (ABET, 2020).

La inclusión de tópicos y materias no asociadas de forma evidente por parte del estudiante de ingeniería con la titulación que cursa puede inicialmente generar una falta de interés en el estudio de esta por una parte del alumnado, que puede considerar que dicha formación no le será relevante en su futuro profesional como ingeniero.

### 1.1. LA IMPLEMENTACIÓN DEL 'NUEVO CONTEXTO DE APRENDIZAJE'

A partir de la lógica institucional desplegada por La Salle en todos los niveles educativos en que se halla presente, a nivel universitario, en La Salle Universidad Ramon Llull (La Salle-URL), se ha venido implementando en los últimos cursos académicos, lo que se ha venido a denominar 'Nuevo contexto de Aprendizaje' (NCA). Así pues, el NCA constituye una apuesta de modelo formativo que se sustenta en cinco diferentes principios pedagógicos, que a su vez dan lugar a cinco entornos de aprendizaje (Petchamé et al., 2021). Los cinco principios pedagógicos en que se basa el modelo son: 1) interioridad; 2) mente; 3) construcción del pensamiento; 4) conducta autorregulada; y 5) dimensión social del aprendizaje. Por otra parte, apuntar que dichos principios aterrizan de forma práctica en toda una serie entornos de aprendizaje que se listan a continuación: 1) acogida; 2) seminario; 3) taller; 4) proyecto; y 5) cierre (Petchamé et al., 2021). Una vez introducido de forma sucinta el modelo NCA, en esta investigación se presenta una actividad susceptible de ser encajada en el contexto de una asignatura dentro del primero de los entornos de aprendizaje mencionados, el de 'acogida' (en inglés, '*welcoming'*).

### 1.2. EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA PRIMERA SESIÓN

Las primeras actividades que se realizan en la primera sesión de clase de una asignatura pueden generar un fuerte efecto en el alumnado (Kreizinger, 2006). Diversos estudios se han centrado en el impacto que el primer día de clase puede tener en la motivación del estudiante (McGinley & Jones, 2014; Wilson & Wilson, 2007). Las asignaturas relacionadas con la empresa y el *management*, no necesariamente gozan inicialmente de gran predicamento entre la totalidad del alumnado que estudia una ingeniería del ámbito de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Así pues, la generación de actividades diseñadas *ad hoc* para ser realizadas durante la primera sesión de clase de asignaturas de la esfera de los negocios, puede revertir de forma directa tanto en el *engagement* del alumnado en la asignatura, como en el resto de las materias relativas a dicho tópico impartidas durante todo el programa formativo del grado de ingeniería.

### 1.3. ACTIVIDADES DISEÑADAS PARA INCIDIR EN EL *ENGAGEMENT*

Existen diferentes definiciones de *engagement* del alumnado (Jimerson et al., 2013). Tal y como se apunta en (Bond et al., 2020), una definición del término que incluiría los elementos esgrimidos por parte de diferentes autores, iría en la línea de considerarlo como "energía y esfuerzo en acción, una manifestación observable". Existen diversas actividades y prácticas ideadas para fomentar y potenciar el *engagement* del alumnado, ya que de acuerdo con diversas investigaciones se ha considerado como un elemento clave en la formación, al incidir de forma positiva en distintos aspectos. Así, se ha presentado en diversos trabajos de investigación la relación existente entre el *engagement* y el logro académico (Hussain et al., 2018; Lei et al., 2018).

Distintas prácticas se han identificado como útiles para generar e*ngagment* en el alumnado, apuntándose a continuación algunas de ellas: la generación de preguntas por parte del estudiantado, con el objetivo de iniciar discusiones y realizar comentarios sobre un tema de su interés (Robinson, 2019); la implementación de técnicas de *flipped learning*, también conocida como clase invertida (Bond, 2020; Roehl et al., 2013); el uso de la tecnología incorporándola a los procesos de aprendizaje (Bond & Bedenlier, 2019); en el caso específico de las ingenierías, implementar en las asignaturas *Project Based Learning* (Guo et al., 2020); recabar *feedback* del alumnado de forma continuada en el tiempo mediante '*one minute papers*' (Deslauriers et al., 2019). Cabe apuntar, asimismo, que factores tales como la interacción entre alumnos y entre alumnado e instructor, influyen de forma positiva el *engagement* de los estudiantes (Nguyen et al., 2016). Otras actividades, tales como las *Reciprocal Interview Activities* permiten asimismo establecer climas de clase y fomentar la interacción (Case et al., 2008; Foster & Hermann, 2011).

### 1.4. MECÁNICA DE LA *RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY*

La *Reciprocal Interview Activity* que se presenta en este escrito se diseñó con el objeto de potenciar el *engagement* del alumnado con las asignaturas de empresa incluidas en siete programas universitarios de ingeniería del ámbito TIC.

En el contexto de la sesión inicial de las asignaturas donde se llevó a cabo esta actividad, se procedió inicialmente a mencionar el nombre del equipo de instructores que iban a impartir la materia en distintos grupos de clase, sin aludir a ningún otro detalle adicional sobre los mismos. A continuación, el que iba a ser el instructor que debía impartir las sesiones de clase durante el curso académico en el grupo específico donde se realizaba la presentación de la asignatura, describió, a grandes rasgos, y sin entrar en muchos detalles, diferentes aspectos del programa de esta. Cabe mencionar que los asistentes a dicha primera sesión de clase disponían desde el momento en que tuvo efecto su matriculación, del acceso al programa de la asignatura, así como a toda una serie de documentación adicional dentro de un directorio habilitado a tal efecto en el *Learning Management System* (*LMS*).

Una vez finalizada la breve y sintética presentación de la asignatura, se propuso al alumnado efectuar una *Reciprocal Interview Activity* (Hermann & Foster, 2008). A continuación, se presenta una sucinta explicación de la mecánica de esta actividad. De entrada, se formaron en el aula donde se impartía la sesión, grupos de cuatro alumnos, y en cada uno de ellos debía nombrarse un portavoz de grupo.

A continuación, cada grupo debía preparar durante unos minutos toda una serie de preguntas que iban a dirigir a los instructores con posterioridad. Inicialmente, los instructores le ofrecieron a cada uno de los grupos un listado de posibles preguntas que podían efectuar, a modo de ejemplo, y sin que ello supusiese ninguna obligación de realizarlas. Dichas sugerencias incluían aspectos poco detallados de forma deliberada durante la presentación de la asignatura.

Una vez el alumnado había mantenido la reunión en sus grupos respectivos, se pudo iniciar la actividad. Así, y para romper el hielo, se empezó la primera parte de la *Reciprocal Inteview Activity* con preguntas que el equipo de los instructores dirigió a la clase, formulándolas de forma abierta a todos los grupos, y en el caso de que una pregunta no fuese contestada de forma espontánea, esta se dirigía a un grupo concreto. Una vez realizada una pregunta a cada uno de los distintos grupos de alumnos formados en el aula de clase, en el que se plantearon cuestiones que habían sido cuidosamente preparadas por los instructores, se pasó a realizar la segunda parte

de la actividad. Aquí cada uno de los grupos, por turnos y en boca de su portavoz, preguntaron a los instructores lo que habían acordado entre ellos durante el período de preparación de la actividad reservado a tal efecto.

Una vez todos los grupos habían realizado dos turnos de preguntas a los instructores, el formato dejó de lado la rigidez que inicialmente se había definido, para pasar a abrirse un diálogo informal en el que se podían formular preguntas por parte de cualquier alumno de la clase. Asimismo, en esta última fase de la actividad, los instructores realizaron algunas preguntas, así como aportaciones y reflexiones, apuntando diversos aspectos que el alumnado no había formulado en su turno de preguntas, y cuyo mensaje se consideraba relevante de enviar a los estudiantes de acuerdo con la planificación previa de la actividad por parte de los instructores.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo de investigación consiste en presentar una actividad denominada *Reciprocal Interview Activity* realizada durante la primera sesión de dos asignaturas de *management*, y diseñada exprofeso con el objetivo de fomentar el *engagement*, tanto en la asignatura específica, como en el resto de las materias impartidas en la titulación. Asimismo, se incluyen los resultados de las valoraciones efectuadas por los estudiantes una vez completada la actividad.

## 3. METODOLOGÍA

Una vez presentada la actividad diseñada al efecto de generar *engagement*, se planteó un análisis cuantitativo a partir de las respuestas de los encuestados al finalizar la *Reciprocal Interview Activity*.

Dicha encuesta se llevó a cabo una vez finalizada la actividad específica (*Reciprocal Interview*), en el contexto de la primera sesión de clase de dos asignaturas de *management*, mediante sendos formularios en formato papel que completó el alumnado asistente a la sesión inaugural de las asignaturas. El cuestionario contenía una pequeña variación en el redactado al empleado en (Petchamé et al., 2021), estando basado en (Hermann & Foster, 2008).

En la parte superior del formulario de la encuesta se incluyó información relativa tanto al carácter voluntario de la encuesta, como al tratamiento anónimo de la misma. En el mismo apartado se apuntó que los datos iban a ser tratados de forma agregada, a la vez que se informó del objetivo de la encuesta. En dicho redactado también se incluía un párrafo escrito donde el encuestado pudo hacer constar su consentimiento informado. Las opciones disponibles a nivel de respuestas se plantearon a partir de una escala de Likert de cinco elementos, de 1 ("*Not at all*") a 5 ("*A very great extent*"). Toda la sesión de clase, incluida la encuesta se realizó en inglés, al ser esta la lengua en que se imparten ambas asignaturas. Uno de los elementos formulados en el cuestionario, en concreto el segundo elemento del tercer bloque de la consulta, estaba redactado en negativo, hecho que se comentó de forma específica antes de iniciarse la encuesta para evitar equívocos.

Una vez recogidos los datos, estos se trataron para reflejar los elementos descriptivos estadísticos de los encuestados, para posteriormente calcular elementos estadísticos básicos con el objeto de analizar las respuestas asociadas a cuatro bloques conceptuales: 1) la comodidad de trato del estudiante con el instructor; 2) la comodidad del estudiante con la participación en clase; 3) la evaluación de la *Reciprocal Interview Activity* en sí misma, realizada durante la primera sesión de clase; y 4) en que aspectos específicos consideraba el participante que le había sido útil la actividad.

## 4. RESULTADOS

En este apartado se reflejan los resultados relativos a la actividad objeto de estudio desgranados en cada una de las asignaturas. Ambas asignaturas son impartidas a los estudiantes que cursan uno de los siete grados universitarios del ámbito TIC en La Salle-URL: Ingeniería Multimedia, Ingeniería en Organización de las TIC, Ingeniería Informática, Ingeniería de Sistemas Audiovisuales, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación e Ingeniería Telemática.

### 4.1. '*BUSINESS AND ENGINEERING*': *RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY*

Del total de 229 alumnos matriculados durante el curso académico 2021-2022 en la asignatura de primer curso de ingeniería '*Business and Engineering'*, dieron respuesta a la encuesta sobre la actividad realizada durante la primera sesión de clase 212 estudiantes. En términos de género, respondieron a la consulta 161 hombres (75,95% sobre el total de los encuestados; $M_{edad}$= 18,32 años; SD= 1,061), 37 mujeres (17,45% sobre el total; $M_{edad}$= 18,00 años; SD= 0,811), y 14 estudiantes que no se manifestaron sobre su género (6,60% sobre el total; $M_{edad}$= 19,96 años; SD= 1,350).

Hay que apuntar que se trata de una asignatura de 4 ECTS, de carácter anual, donde se explica de forma genérica la relación existente entre el mundo de la ingeniería y la empresa. La actividad se llevó a cabo de forma individualizada en los cinco grupos de clase en los que se realizó la impartición.

La Tabla 1 nos muestra los resultados valorativos de los encuestados acerca de sus percepciones en relación con el objeto de estudio de esta investigación, una vez finalizada la actividad, en el contexto de la primera sesión de clase de la asignatura de primer curso de ingeniería '*Business and Engineering*'. El alfa de Cronbach asociado al primer bloque de datos presentado en dicha tabla, relativo a la comodidad en el trato con el instructor arroja un valor del 0,75, mientras que el segundo bloque, conexo con la comodidad del estudiante con la participación en clase es del 0,72, de forma que la consistencia de los datos de ambos bloques resulta aceptable al superar el 0,7.

***TABLA 1**. Resultados relativos a la Reciprocal Interview Activity llevada a cabo durante la primera sesión de clase de la asignatura de primer curso de ingeniería 'Business and Engineering'. Curso académico 2021-2022: valoración del alumnado.*

| RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY | Media | Varianza |
|---|---|---|
| | | |
| COMODIDAD EN EL TRATO CON EL INSTRUCTOR | | |
| Hablar con el instructor sobre trabajos y tareas de clase | 4,22 | 0,429 |
| Hacer preguntas al instructor durante las sesiones de clase | 4,24 | 0,692 |
| Hablar con el instructor fuera de las sesiones de clase en su despacho | 3,85 | 0,674 |
| Comunicar vía e-mail/videoconferencia con el instructor con preguntas | 4,21 | 0,600 |
| | | |
| COMODIDAD DEL ESTUDIANTE CON LA PARTICIPACIÓN EN CLASE | | |
| Participar en actividades durante la sesión de clase | 4,24 | 0,664 |
| Compartir ideas y opiniones durante la clase | 4,09 | 0,784 |
| Trabajo en actividades grupales fuera del horario de clase | 3,75 | 0,876 |
| | | |
| EVALUACIÓN DE LA RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY | | |
| ¿Recomendaría a otros instructores hacer esta actividad al principio del curso? | 3,88 | 0,991 |
| ¿Esta actividad le pareció una pérdida de tiempo? | 1,76 | 0,624 |
| | | |
| ESTA ACTIVIDAD DE RECIPROCAL INTERVIEW ME HA AYUDADO A … | | |
| Entender lo que se esperaba de ellos en clase | 3,96 | 0,625 |
| Trabajar duro para hacerlo bien en la clase | 3,72 | 0,760 |
| Para sentirse más cómodo participando en clase | 3,77 | 0,930 |
| Para compartir inquietudes con los profesores | 3,83 | 0,760 |

Fuente: elaboración propia

### 4.2. '*VALUE CHAIN AND FINANCIAL ECONOMICS*': *RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY*

En este caso del total de los 132 alumnos matriculados durante el curso académico 2021-2022 en la asignatura '*Value Chain and Financial Economics'*, participaron en la encuesta 105 estudiantes. En términos de género, dieron respuesta al cuestionario 77 hombres (73,33% sobre el total de los encuestados; $M_{edad}$= 19,40 años; SD= 1,377), 20 mujeres (19,05% sobre el total; $M_{edad}$= 18,80 años; SD= 0,160), y 8 estudiantes que no se manifestaron sobre su género (7,62% sobre el total; $M_{edad}$= 19,67 años; SD= 0,556). Hay que indicar que, al igual que en el caso de la otra asignatura presentada en esta investigación, se trata de una asignatura de 4 ECTS de carácter anual de segundo curso de ingeniería, en la que se imparten contenidos de finanzas y de marketing. La actividad presentada en este texto se llevó a cabo en todos y cada uno de los cuatro grupos de clase en que se impartió.

En relación con esta asignatura de segundo curso de los grados de ingeniería del ámbito TIC, la Tabla 2 muestra los resultados derivados de la investigación efectuada a partir de una *Reciprocal Interview Activity*. El alfa de Cronbach asociado a los datos del primer bloque, con un valor del 0,77, así como el 0,81 que arrojan los datos del segundo bloque, constatan, al igual que los presentados en la Tabla 1, la consistencia de los datos recogidos en ambas encuestas.

**TABLA 2**. *Resultados relativos a la Reciprocal Interview Activity llevada a cabo durante la primera sesión de clase de la asignatura de primer curso de ingeniería 'Value Chain and Financial Economics'. Curso académico 2021-2022: valoración del alumnado.*

| RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY | Media | Varianza |
|---|---|---|
| | | |
| COMODIDAD EN EL TRATO CON EL INSTRUCTOR | | |
| Hablar con el instructor sobre trabajos y tareas de clase | 4,28 | 0,390 |
| Hacer preguntas al instructor durante las sesiones de clase | 4,12 | 0,483 |
| Hablar con el instructor fuera de las sesiones de clase en su despacho | 3,87 | 0,802 |
| Comunicar vía e-mail/videoconferencia con el instructor con preguntas | 4,14 | 0,803 |
| | | |
| COMODIDAD DEL ESTUDIANTE CON LA PARTICIPACIÓN EN CLASE | | |
| Participar en actividades durante la sesión de clase | 3,97 | 0,803 |
| Compartir ideas y opiniones durante la clase | 3,80 | 0,848 |
| Trabajo en actividades grupales fuera del horario de clase | 3,48 | 1,083 |
| | | |
| EVALUACIÓN DE LA RECIPROCAL INTERVIEW ACTIVITY | | |
| ¿Recomendaría a otros instructores hacer esta actividad al principio del curso? | 4,02 | 0,767 |
| ¿Esta actividad le pareció una pérdida de tiempo? | 1,70 | 0,528 |
| | | |
| ESTA ACTIVIDAD DE RECIPROCAL INTERVIEW ME HA AYUDADO A … | | |
| Entender lo que se esperaba de ellos en clase | 4,10 | 0,383 |
| Trabajar duro para hacerlo bien en la clase | 3,54 | 0,744 |
| Para sentirse más cómodo participando en clase | 3,65 | 0,765 |
| Para compartir inquietudes con los profesores | 3,90 | 0,757 |

Fuente: elaboración propia

Los resultados de naturaleza cuantitativa obtenidos a partir del análisis de ambas encuestas van en una misma línea. Así pues, los resultados recogidos a partir de los cuestionarios efectuados en la primera sesión de clase de ambas asignaturas impartidas confirman que el alumnado apreció la *Reciprocal Interview Activity*, tal y como confirman las cifras presentadas en la Tabla 1 y en la Tabla 2.

## 5. DISCUSIÓN

En este apartado se presentan y analizan los resultados de las dos *Reciprocal Interview Activities* presentadas en este trabajo. Como ya se ha apuntado, el objetivo último de la implementación de esta actividad en el primer día de clase en asignaturas del ámbito de la empresa es el de fomentar el *engagement* del alumnado. Los resultados que arrojan ambas encuestas son muy similares, y a continuación se detallan algunos de los aspectos más relevantes.

La iniciativa de realizar esta actividad en la asignatura de primer curso '*Business and Engineering*', deriva de la percepción trasladada desde la coordinación de la asignatura, del hecho que los alumnos no mostraron el mismo interés en las clases del curso 2020-2021 que en cursos académicos precedentes. Analizando lo sucedido, se apuntaron como posibles causas de dicha dinámica, tanto la situación anímica en el alumnado derivada de la pandemia COVID-19, o bien de una dinámica generada por una actividad grupal que quizás se dilató demasiado en el tiempo, a la vez que colisionó con el período de exámenes trimestrales, y que no generó finalmente el entusiasmo inicialmente esperado desde la coordinación de la asignatura. Vista la situación acontecida, se decidió impulsar de cara al curso 2021-2022 un cambio en la duración y la temporalización de la actividad grupal, así como una reorientación en el contenido de dicha actividad. Adicionalmente, se decidió impulsar la realización en cada uno de los grupos de clase de una *Reciprocal Interview Activity*, a la que asistieron tanto el instructor del grupo como el coordinador del grado de que depende dicha asignatura. El instructor fue quien realizó la sintética introducción a la materia antes de proceder a la entrevista recíproca, mientras que el coordinador permaneció en un segundo plano durante la primera fase de la sesión. Durante la interacción resultante de la actividad, el instructor preguntó y contestó temas específicos de la asignatura y de su perfil como docente, mientras que el coordinador de grado se centró en las preguntas y respuestas que contextualizaban todas las asignaturas del ámbito de la empresa y la gestión que se imparten en el grado, incluido el papel que juega esta asignatura de primer curso en el contexto general de las distintas titulaciones.

El análisis específico de los bloques de la encuesta realizada en relación con la actividad efectuada en la primera sesión de la asignatura '*Business and Engineering*', nos lleva a apreciar toda una serie de consideraciones. En lo relativo a los ítems asociados a la comodidad con el trato con el instructor, las cifras muestran resultados muy altos, de forma que tres de los cuatro elementos que configuran el bloque, recibieron valoraciones en media próximas a 4,2, mientras que el otro elemento recibió una valoración 3,85. Por otro lado, las cifras que arrojó la encuesta relativas a la comodidad del alumnado en relación con su participación en clase, los resultados fueron un poco inferiores en tres de los ítems incluidos en este bloque. Una posible explicación de este resultado podría derivar del hecho de que el alumnado era nuevo en La Salle-URL y prácticamente no se conocían.

De hecho, la actividad se pensó para fomentar el *engagement* en las asignaturas del ámbito de gestión, optándose por llevar a cabo una *Reciprocal Interrview Activity*, ya que la propia dinámica de la actividad permitía lograr dos objetivos secundarios: 1) posibilitar que los integrantes de los grupos de alumnos se presentaran y se conocieran mínimamente, mientras preparaban las preguntas a los instructores; y 2) establecer un clima de clase basado en la interacción entre alumnos y entre alumno e instructor, al ser la interacción una parte esencial de la mecánica de trabajo de esta asignatura. En lo relativo al tercer bloque, los estudiantes valoraron de forma positiva la actividad, a la vez que en el cuarto bloque manifestaron con magnitudes superiores a 3,71, que la actividad les había resultado útil para: 1) poder entender lo que se esperaba de ellos por parte de los instructores (3,96); 2) el compartir sus inquietudes con los profesores (3,83); 3) el hecho de sentirse más cómodos con su participación en la clase (3,77); y 4) el hacerlo bien en la clase (3,72).

En el caso de la asignatura '*Value Chain and Financial Economics*' participaron en dicha actividad los 3 instructores que imparten las sesiones de clase en cuatro grupos distintos. Dicha actividad ya se había realizado en el curso anterior, y se ha realizado en el curso 2021-2022 con el objeto de generar una buena dinámica en las asignaturas de gestión a partir de sesiones de clase basadas en la interacción. Por otra parte, también se

buscó el envío de un mensaje de consistencia entre todas las asignaturas de dicho ámbito que se imparten durante la carrera.

Los resultados que arrojó la encuesta sobre la '*Reciprocal Interview Activity*' en la asignatura '*Value Chain and Financial Economics*' fueron muy similares a los obtenidos en la asignatura de primer curso. En el bloque que incluye los ítems asociados a la comodidad con el trato con el instructor, las cifras arrojan resultados altos, sin llegar a los valores alcanzados en el contexto de la asignatura de primer curso, recibiéndose valoraciones en media próximas a 4,10. Tanto en las encuestas de la asignatura de primer curso como en la de segundo curso, el elemento que recibió una valoración más baja fue el relativo a 'hablar con el instructor fuera de las sesiones de clase en su despacho', arrojando una magnitud de 3,85. Este número podría indicar que en el contexto actual, el alumno puede preferir contactar con el instructor vía e-mail o mediante videoconferencia, en lugar de hacerlo mediante un formato presencial. En próximos cursos académicos será interesante contrastar la evolución de esta magnitud una vez se modifiquen, si este fuera el caso, los parámetros de comportamiento en este aspecto concreto.

En lo relativo a las magnitudes reflejadas una vez realizada la actividad, las cifras que derivan de la encuesta en relación con la comodidad manifestada por parte del alumnado referidas a su participación en clase, los resultados fueron un poco inferiores en los tres ítems incluidos en este bloque al compararlos con los resultados de primer bloque. Cabe hacer mención, que en el primer curso el estudiantado de las distintas especialidades de ingeniería del ámbito TIC cursa un primer año con los contenidos comunes, de forma que todos los estudiantes, independientemente de su especialidad, son mezclados de forma aleatoria en grupos de clase a propósito, para así facilitar la toma de contacto entre el alumnado de distintas especialidades durante su etapa universitaria. En las asignaturas de segundo curso, los alumnos se agrupan en cada una de las asignaturas por titulaciones, de forma que en la primera sesión de clase no necesariamente se conocen entre sí todos los miembros de la clase. Dicho lo cual, la *Reciprocal Interview Activity* ideada para fomentar el *engagement* en las asignaturas del ámbito de gestión, también permitió, al igual que en el caso de la asignatura de primer curso, el posibilitar que

los integrantes de los grupos de alumnos se presentaran y se conocieran mínimamente mientras preparaban las peguntas a los instructores. En esta asignatura la interacción resulta primordial, de forma que la dinámica de esta actividad también se diseñó para establecer un clima de clase basado en la interacción entre alumnos y entre alumno-instructor. En lo relativo al tercer bloque, los estudiantes también valoraron de forma positiva la actividad, al igual que en el caso de los alumnos encuestados en la asignatura de primer curso. Finalmente, hay que mencionar que en el cuarto bloque se volvieron a obtener resultados muy similares a los de la encuesta de primer curso, opinando los encuestados en la asignatura de segundo curso que la actividad les había resultado útil para: 1) entender lo que se esperaba de ellos (4,1); 2) compartir inquietudes con los profesores (3,9); 3) sentirse más cómodos con su participación en la clase (3,65); y 4) hacerlo bien en la clase (3,54).

### 5.1. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En este trabajo se analiza desde un enfoque cuantitativo, las percepciones del alumnado una vez ha experimentado una actividad inicialmente ideada para potenciar su *engagement*.

Los resultados presentados se han obtenido a partir de encuestar a un número significativamente alto de personas; no obstante, todos ellos cursan grados de ingeniería del ámbito TIC. En un futuro, podría extenderse dicha actividad a otras disciplinas que no gozan de gran predicamento entre la totalidad del alumnado de ingeniería, como pueden ser las asignaturas del ámbito de la filosofía y la ética. Asimismo, también podría ser interesante refrendar estos resultados en materias asociadas a problemáticas similares en otros programas de estudio donde se imparten ambas materias, como puede ser el caso de los grados de arquitectura que se ofrecen en La Salle-URL.

Una segunda limitación, deriva del contexto en que se ha realizado esta actividad a consecuencia de la pandemia COVID-19. Podría ser interesante replicar este estudio en un contexto post-COVID, para analizar si el ítem ‘Hablar con el instructor fuera de las sesiones de clase en su despacho’ sigue siendo el menos valorado entre todos los elementos del

primer bloque de la encuesta ‘Comodidad en el trato con el instructor’, o bien en un escenario post-COVID adquiere mayor relevancia.

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los resultados de investigación asociadas a dos *Reciprocal Interview Activities*, efectuadas durante la primera sesión de clase de dos asignaturas del ámbito de empresa, y que son impartidas en el primer y segundo curso de diferentes grados universitarios de ingeniería en el ámbito TIC. El diseño de estas se efectuó con el objetivo inicial de potenciar el *engagement* del alumnado en las asignaturas de empresa. Los resultados obtenidos en ambas encuestas son muy similares. En las mismas, se refleja que la entrevista recíproca logra generar un alto grado de comodidad de trato entre los alumnos e instructor, un factor que favorece la interacción entre ellos, que, a su vez, de acuerdo con diversos estudios, influye de forma positiva el *engagement* del alumnado. El aspecto relacionado con la comodidad del estudiantado en clase también arroja valores positivos en la encuesta. Cabe concluir que el alumnado replicaría esta actividad en otras asignaturas, de acuerdo con los resultados de esta investigación.

## 7. REFERENCIAS


ABET. (2020). Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2021 – 2022. ABET. https://www.abet.org/wp-content/uploads/2021/02/E001-21-22-EAC-Criteria.pdf

Bond, M. (2020). Facilitating student engagement through the flipped learning approach in K-12: A systematic review. Computers & Education, 151, 103819. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103819

Bond, M., & Bedenlier, S. (2019). Facilitating Student Engagement Through Educational Technology: Towards a Conceptual Framework. Journal of Interactive Media in Education, 1(11), 1–14. https://doi.org/10.5334/jime.528

Bond, M., Buntins, K., Bendelier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M. (2020). Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 17(2). https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8

Case, K., Bartsch, R., Mcenery, L., Hall, S., Hermann, A., & Foster, D. (2008). Establishing a Comfortable Classroom from Day One: Student Perceptions of the Reciprocal Interview. College Teaching, 56(4), 210–214. https://doi.org/10.3200/CTCH.56.4.210-214

Deslauriers, L., McCartya, L. S., Miller, K., Callaghana, K., & Kestin, G. (2019). Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. National Academy of Sciences, 116(39), 19251–19257. https://doi.org/10.1073/pnas.1821936116

Foster, D. A., & Hermann, A. D. (2011). Linking the First Week of Class to End-of-Term Satisfaction: Using a Reciprocal Interview Activity to Create an Active and Comfortable Classroom. College Teaching, 59(3), 111–116. https://doi.org/10.1080/87567555.2011.572098

Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. International Journal of Educational Research, 102, 101586. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586

Hermann, A. D., & Foster, D. A. (2008). Fostering approachability and classroom participation during the first day of class: Evidence for a reciprocal interview activity. Active Learning in Higher Education, 9(2), 139–151. https://doi.org/10.1177/1469787408090840

Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., & Abidi, S. M. R. (2018). Student Engagement Predictions in an e-Learning System and Their Impact on Student Course Assessment Scores. Computational Intelligence and Neuroscience, 6347186. https://doi.org/10.1155/2018/6347186

Jimerson, S. R., Campos, E., & Greif, J. L. (2013). Toward an Understanding of Definitions and Measures of School Engagement and Related Terms. The California School Psychologist, 8, 7–27. https://doi.org/10.1007/BF03340893

Kreizinger, J. (2006). Critical Connections for the First Day of Class. Teaching Professor, 20(5), 1.

Lei, H., Cui, Y., & Zhou, W. (2018). Relationships between student engagement and academic achievement: A meta-analysis. Social Behavior and Personality: An International Journal, 46(3), 517–528. https://doi.org/10.2224/sbp.7054

McGinley, J. J., & Jones, B. D. (2014). A Brief Instructional Intervention to Increase Students' Motivation on the First Day of Class. Teaching of Psychology, 41(2), 158–162. https://doi.org/10.1177/0098628314530350

Nguyen, T. D., Cannataa, M., & Miller, J. (2016). Understanding student behavioral engagement: Importance of student interaction with peers and teachers. The Journal of Education Research. https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1220359

Petchamé, J., Iriondo, I., Canaleta, X., Riu, D., & Necchi, S. (2021). Engaging ICT Engineering Undergraduates in a Management Subject through First Day of Class Activities: An Empirical Study. Sustainability, 13, 7440. https://doi.org/10.3390/su13137440

Robinson, D. (2019). Engaging Students on the First Day of Class: Student-Generated Questions Promote Positive Course Expectations. Scholarship of Teaching and Learning in Psychology, 5(3), 183–188. https://doi.org/10.1037/stl0000139

Roehl, M. Y., Reddy, S. L., & Shannon, G. J. (2013). The Flipped Classroom: An Opportunity To Engage Millennial Students Through Active Learning Strategies. Journal of Family and Consumer Sciences, 105(2), 44–49. https://doi.org/10.14307/JFCS105.2.12

Wilson, J. H., & Wilson, S. B. (2007). The First Day of Class Affects Student Motivation: An Experimental Study. Teaching of Psychology, 34(4), 226–230. https://doi.org/10.1080/00986280701700151

# MODELOS VIRTUALES PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA. EL USO DE METODOLOGÍA BIM COMO RECURSO DE APRENDIZAJE

JUAN FRANCISCO FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
*Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior*
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de tecnologías BIM (Building Information Modeling) en arquitectura e ingeniería se ha ido extendiendo en los últimos años. Si bien en un primer momento el entorno BIM puede entenderse como un instrumento digital para la representación y visualización tridimensional de proyectos, el potencial de este tipo de herramientas va más allá, permitiendo que se construyan modelos digitales colaborativos que faciliten la coordinación entre disciplinas, así como la gestión de la información asociada al proyecto en sus distintas fases (diseño, coordinación, medición, planificación de obra, explotación).

No cabe duda de que la implantación de este tipo de soportes digitales a nivel profesional va en aumento, dado que mejoran el grado de eficacia de cualquier proceso de diseño y construcción. De igual forma, en el ámbito académico, son cada vez más los planes de estudio, de grado y máster, que incluyen asignaturas destinadas al aprendizaje de este tipo de herramientas, dada la importancia que tiene su manejo, a nivel laboral, para el alumnado recién egresado.

### 1.1. TECNOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

El objetivo fundamental de la tecnología BIM (Building Information Modeling) no es otra que evaluar de forma anticipada, desde la fase de

redacción de un proyecto de arquitectura o ingeniería, las posibles incidencias que podrían producirse en el desarrollo de la posterior fase de construcción. Para ello, esta herramienta digital permite gestionar, coordinar y administrar la información asociada a un proyecto de edificación.

De esta forma, los programas desarrollados bajo tecnología BIM permitirán, no solo representar gráficamente el proyecto en dibujos bidimensionales y tridimensionales, sino que tendrán la capacidad de almacenar información asociada a los elementos representados, lo que se conoce como la cuarta dimensión (4D).

Así, los objetos dibujados no serán líneas 2D que representan elementos constructivos, sino los propios elementos constructivos modelados tridimensionalmente a los que se dota de información: espesor, componentes, materiales, precio, etc. De esta forma, en BIM no hablaremos de dibujar, sino de construir modelos virtuales ajustados a la realidad sobre los que ensayar distintos cambios de diseño para su optimización, pero también de sobre los que llevar a cabo la planificación de obra o explotación del edificio o instalación posterior.

Al mismo tiempo, y siendo la gestión de la información el principal aporte de este tipo de tecnologías, los modelos virtuales elaborados facilitarán la visualización 3D del proyecto desarrollado, así como su presentación, lo que supondrá un aporte al propio proceso de diseño y creativo, al tener información visual que supera la que ofrece el 2D.

Los programas asociados a tecnología BIM suelen centralizar sus procesos en una única base de datos, lo que busca que todos los agentes intervinientes trabajen de forma coordinada y en tiempo real. De esta forma, a través de un sistema multiarchivo, podrán trabajar sobre el modelo varios agentes en paralelo. A su vez, también podrán integrarse en el mismo distintas disciplinas (arquitectura, estructura, instalaciones) lo que facilitará la coordinación entre estas. Un aspecto clave asociado a la coordinación, y muy relacionado con la capacidad de visualización 3D del modelo, es el hecho de que resultará sencillo detectar cruce e interferencias entre los planteamientos de estas especialidades, volviendo a

incidir en el objetivo inicial de anticipación de problemas de fase de ejecución a fase de proyecto.

Por otro lado, a partir del modelo virtual elaborado obtendremos planos, mediciones e información suficiente para realizar análisis energéticos, de cálculo de estructuras, instalaciones etc. lo que supone una mayor inversión de tiempo en el desarrollo de proyectos para alcanzar un modelo perfectamente coordinado, pero un ahorro de plazos y costes en la posterior fase de ejecución y desarrollo de la obra.

Los principales programas que actualmente utilizan tecnología BIM a nivel comercial son Revit (Autodesk), Archicad (Graphisoft) y Allplan (Nemetschek).

***FIGURA 1:*** *Gráfico funcional modelo BIM*

Fuente: Material docente Máster Universitario en Diseño e Ingeniería de Productos e Instalaciones Industriales en Entorno PLM y BIM elaborado por Alejandro Folgar

## 1.2. Innovación docente en Tecnología BIM (Building Information Modeling)

Como hemos señalado previamente, sobre la tecnología BIM se han producido importantes avances a lo largo de los últimos años, siendo

numerosas las investigaciones que profundizan en su uso e implementación en la práctica profesional. Sin embargo, nos centraremos ahora en las investigaciones que abordan el uso de esta metodología de trabajo desde una perspectiva docente, dado que resultar un sistema que por sus características de representación, modelado y gestión de la información ofrece un acercamiento a las disciplinas sobre las que trabaja mucho más didáctico e integrador.

Así, haremos mención a experiencias puestas en marcha en distintas escuelas de arquitectura, edificación e ingeniería, tanto a nivel de grado como de postgrado, que resultan de interés para el estudio que nos ocupa y que pasaremos a analizar a modo de marco inicial del trabajo a llevar a cabo.

### 1.2.1. Uso del BIM en Escuelas de edificación

En las escuelas de arquitectura técnica e ingeniería de edificación encontramos las primeras experiencias investigadoras y docentes desarrolladas en nuestro país en torno al BIM. Es el caso de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla, en la que distintos profesores del departamento Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación ponen en marcha la asignatura optativa de cuarto curso "infografía y maquetación virtual" que incorpora el concepto de edificio virtual BIM (Nieto et al, 2014). Se trata de una asignatura que supone un importante avance en la implantación de esta materia en un plan académico universitario, aunque se centra en el carácter gráfico, de representación y visualización de la herramienta, sin incorporar otras disciplinas (construcción, instalaciones, mediciones y presupuestos).

Junto con esta asignatura, desde el citado departamento se han ido celebrando cursos de especialización en BIM dirigidos a la comunidad universitaria que posteriormente han dado paso al Máster Propio en Metodología Open BIM y Gestión de Proyectos de Construcción, compuesto por dos módulos, uno dirigido al diseño arquitectónico, estructura y MEP (instalaciones) y su gestión económica, y un segundo módulo de diseño ecoeficiente, gestión de la construcción, mantenimiento y rehabilitación.

Por su parte, en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid se pone en marcha un plan de implantación BIM progresiva a lo largo de los distintos cursos de la titulación. Así, se parte por una primera fase de formación del profesorado para poner en marcha después un taller piloto BIM asociado a la asignatura "Introducción a la construcción" con el objetivo de extender estos talleres a otras asignaturas para finalmente trabajar en talleres interdisciplinares BIM (Oliver-Faubel et al, 2016).

### 1.2.2. Uso del BIM en Escuelas de arquitectura

A nivel de escuelas de arquitectura en nuestro país haremos mención al proyecto de innovación docente puesto en marcha en el área de Expresión Gráfica de la Escuela de Arquitectura de San Sebastián (País Vasco). Se trata de un proyecto de colaboración entre distintas asignaturas (Expresión Gráfica, Construcción, Mediciones-Presupuestos y Proyectos), coordinadas por el área de Expresión Gráfica (León y Pérez, 2018) centrado en afrontar retos reales desde un punto de vista colaborativo, unificando los enunciados de las prácticas a llevar a cabo en cada asignatura para construir un modelo BIM compartido por todas ellas. No obstante, se señala que el proceso de modelado BIM supone una limitación a nivel creativo y de generación de soluciones para el alumnado, al introducir conceptos técnicos en fases iniciales del proceso de diseño.

Este mismo modelo se pone en práctica en la Escuela Politécnica de Donostia, en el Grado en Arquitectura Técnica, donde se propone desarrollar un trabajo colaborativo entre las asignaturas de tercer curso (Proyectos técnicos, Expresión Gráfica Arquitectónica III, Mediciones y Presupuestos y Construcción III), siendo en este caso Construcción la asignatura coordinadora (León et al, 2016). Como en el caso anterior, esta experiencia de innovación docente propone construir edificios virtuales que contengan información sobre materiales, características constructivas y cumplimiento normativo (CTE, EHE, accesibilidad etc.), aunando el programa formativo de las asignaturas involucradas para después generar los planos y las mediciones correspondientes al proyecto diseñado.

En la Escuela de Ingeniería y arquitectura de Zaragoza se desarrolla una experiencia asociada a la asignatura "Expresión Gráfica y Arquitectónica 5", del cuarto semestre del grado en arquitectura. Para ello se propone el uso de Archicad para desarrollar modelos no tan vinculados a disciplinas técnicas, sino de diseño: aspectos formales, volumétricos y materiales del edificio (Hernández et al, 2016).

El curso se estructura en torno a tres fases: la lección magistral, el trabajo autónomo y el trabajo colaborativo. En la primera, se transmite la filosofía de trabajo y las nociones básicas para el manejo autónomo del programa. A partir de ese momento, se inicia el trabajo en torno a la realización de prácticas individuales, de duración corta (entrega semanal). Para el desarrollo del trabajo colaborativo se propone realizar un proyecto final en grupos de 2-3 personas, lo que confiere al estudiantado competencias para modelar un edificio con precisión geométrica, definir sus elementos básicos (terreno, muros, forjados, cubiertas, carpinterías etc.) y generar la planimetría correspondiente.

A su vez, en la Universidad Europea de Madrid también se ha puesto en marcha un programa piloto de uso de tecnología BIM a través del denominado "Taller Vertical de Proyectos de Tecnología" del grado en Arquitectura. Este taller integrada tres áreas técnicas (Estructuras, Construcción e Instalaciones) para el desarrollo de modelos virtuales a partir de los que desarrollar cálculos, además de facilitar su visualización (Jurado et al, 2015). De igual forma, en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de La Coruña se ha comenzado a trabajar bajo el uso de metodología BIM en la asignatura de Proyectos de Estructuras (Vázquez-Rodríguez et al, 2016).

### 1.2.3. Uso del BIM en Escuelas de ingeniería

Si bien el grado de implantación de metodologías BIM en planes y proyectos docentes de las universidades de nuestro país no es equiparable a la importancia que esta tecnología ha adquirido a nivel laboral entre distintos profesionales ligados al mundo de la construcción, seguramente resulte menos relevante en escuelas de ingeniería industrial que en escuelas de arquitectura y edificación (Meana et al, 2019).

Sin embargo, si existen, como en los casos anteriores, experiencias piloto puestas en marcha en determinadas asignaturas que de manera aislada comienzan a transmitir la importancia de esta tecnología al estudiantado de estas escuelas.

En la mayor parte de los casos resulta esencial contar con una fase inicial de formación del profesorado en esta tecnología, a partir de la cual comenzar a implantarla en distintas asignaturas. Es el caso de la experiencia de innovación docente puesta en marcha por el área de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Córdoba (Pérez et al, 2019). En ella, tras esa primera fase de formación docente se inicia una segunda de diseño de proyectos de ingeniería, en la que se pone en práctica el uso de la herramienta BIM a partir de los conocimientos teóricos adquiridos. A su vez, se actualiza el temario de las asignaturas participantes en la experiencia, introduciendo conceptos teóricos clave de la herramienta BIM y elaborando manuales de autoaprendizaje. Finalmente, la tercera fase de esta experiencia es la de autoevaluación del trabajo de diseño y cálculo desarrollado en la fase previa.

En esta línea encontramos también el proyecto IMAI de Innovación en Materia de Acondicionamiento e Instalaciones de la Universidad de Valladolid, (Padilla y Meiss, 2018).que propone un Plan Integral para la Formación del Profesorado en herramientas BIM para posteriormente poder implementar su uso entre el alumnado en el desarrollo de ejercicios prácticos asociados a las asignaturas involucradas en el proyecto.

### 1.2.4. Experiencias BIM en enseñanzas de postgrado

Además de los estudios de grado, han sido muchos los másteres que han introducido entre sus programas docentes el uso de tecnología BIM, o que incluso se dedican en exclusiva al conocimiento de estas herramientas. Es el caso del Máster Universitario de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia, que en el curso 2015-16 realiza una adaptación de su plan de estudios para aportar al alumnado una visión práctica del BIM (Cos-Gayón, 2016).

De esta forma, se estructura el trabajo en torno a equipos multidisciplinares de Arquitectura, Instalaciones, Estructuras y BIM Manager. Uno

de los aspectos más interesantes de esta experiencia es la elaboración de un BIM Execution Plan (BEP) por parte del estudiantado, lo que busca establecer un plan de organización del trabajo a llevar a cabo y de coordinación entre las distintas disciplinas participantes.

Otras universidades, como la Politécnica de Madrid, o la Escuela de Arquitectura de Granada, han puesto en marcha cursos de postgrado y máster orientados al uso de tecnología BIM a nivel profesional (Maldonado, 2016).

En el campo de la ingeniería, destaca la experiencia puesta en marcha en las asignaturas de Dirección y Gestión de Proyectos e Instalaciones Industriales del Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén. (Hermoso-Orzáez et al, 2021). De esta forma, se introduce al alumnado en la figura del BIM Project Manager como gestor de proyectos online en entornos colaborativos, para lo que se utilizan herramientas Open BIM a través de la plataforma BIM Server Center Education de CYPE. Así, el estudiantado configura equipos que trabajan online colaborativamente en la construcción de modelos virtuales, proyectando y diseñando en 3D, así como dirigiendo y gestionando proyectos completos de instalaciones industriales. La visualización tridimensional contribuye también a localizar colisiones o interferencias entre instalaciones, en muchos casos complejas de detectar bajo sistemas de representación bidimensionales, lo que además elimina la aparición de conflictos en fase de ejecución.

## 2. OBJETIVOS

Una vez expuesto el marco en el que se encuadra la comunicación, pasaremos a señalar el objetivo general y específicos en los que se centra el estudio:

### 2.1. Objetivo general

El objetivo general de la presente comunicación es analizar cómo, en el ámbito docente, se puede abordar un proceso de diseño de instalaciones industriales bajo el uso de entornos digitales BIM, de forma que el

alumnado alcance un grado de conocimiento adecuado sobre este tipo de proyectos utilizando como recurso la construcción de un modelo virtual.

### 2.2. Objetivos específicos

Señalado el objetivo general de la investigación, apuntaremos hacia algunos de los objetivos específicos a los que trata de atender la comunicación y que definiremos como interrogantes del estudio a realizar:

- ¿Cómo facilita la construcción de un modelo virtual BIM el proceso de aprendizaje y acercamiento del alumnado a proyectos de instalaciones industriales?
- ¿Qué ventajas introduce la construcción de ese modelo virtual al proceso de diseño de las instalaciones objeto de estudio?
- ¿Cómo contribuyen este tipo de experiencias a que el estudiantado se acerque al uso de tecnología BIM?

De esta forma, analizaremos en qué medida el uso de herramientas BIM, y su metodología de trabajo asociada, incide en el aprendizaje de conceptos teóricos propios de las asignaturas en las que se implantan y a su vez, cómo podrá integrarse el conocimiento de esta herramienta para que el alumnado se inicie en su uso en paralelo a que se realiza un trabajo práctico concreto, sin tener que diseñar cursos centrados en el mero aprendizaje del manejo de un software.

## 3. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos generales y específicos señalados, nos apoyaremos en el potencial de la herramienta BIM como instrumento de representación gráfica, visualización 3D y gestión de la información, para que la construcción del modelo digital sirva como recurso docente que facilite y optimice el proceso de diseño y la coordinación de aspectos asociados al proyecto (formales, técnicos, ambientales, materiales). De esta forma, el propio método de trabajo asociado a esta tecnología servirá como propuesta metodológica para abordar el trabajo práctico a llevar a cabo por el estudiantado.

### 3.1. Análisis de experiencias previas

El diseño metodológico del trabajo a llevar a cabo en el aula, si bien estará basado en la citada metodología BIM de construcción de modelos virtuales, partirá del análisis de los referentes antes mencionados, en cuanto a implantación BIM en asignaturas de grado y master de enseñanzas técnicas.

Hemos de señalar que, si bien las conclusiones apuntadas en esta comunicación se basan en el análisis de diferentes experiencias de puesta en práctica de metodología BIM en enseñanzas regladas y no regladas de nivel universitario, el objetivo de esta trabajo es el de poder desarrollar estas ideas en la asignatura de Instalaciones de la Industria Agroalimentaria del Master Universitario en Diseño e Ingeniería de Productos e Instalaciones Industriales en Entorno PLM y BIM, impartido en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Sevilla, en la que ya se lleva trabajando en la implantación del BIM desde hace varios cursos.

Por ello, nos centraremos en las experiencias antes mencionadas que más se vinculan con esta asignatura, es decir, asociadas a un nivel de postgrado y al trabajo en torno a instalaciones industriales.

### 3.2. Propuesta de trabajo en el aula

La estructura general del trabajo a llevar a cabo para desarrollar la experiencia girará en torno a tres puntos:

- Diseño de prácticas propuestas en clase.
- Diseño de material de apoyo para trabajar en entorno BIM.
- Seguimiento del trabajo/evolución durante el curso.

Como se ha señalado, la propuesta de trabajo asociada a esta comunicación se dirige a un curso de postgrado, lo que otorga al estudiantado de un grado de conocimiento inicial respecto a la materia objeto de estudio en la asignatura. Eso hace que el nivel de exigencia del modelo virtual a desarrollar sea mayor, superando el planteamiento de prácticas centradas únicamente en el modelado de geometrías y volúmenes.

De esta forma, se propone realizar una única práctica a lo largo de la asignatura, de un desarrollo de 5 semanas de duración. El trabajo se

realizará en grupos, con idea de que pueda introducirse el concepto de trabajo colaborativo que caracteriza al BIM, y al que ya hemos hecho mención con anterioridad.

El objetivo de la práctica será el de diseñar las distintas instalaciones asociadas a una explotación industrial agroalimentaria, definiendo equipos y trazados, aprovechando las posibilidades que ofrece la herramienta BIM de combinar la visualización 3D y representación del modelo virtual con la incorporación de información asociada a los distintos elementos que lo componen.

De esta forma, para el desarrollo de la práctica será necesario modelar el espacio/nave que contenga la instalación industrial señalada y al mismo tiempo incluir modelos 3D de los equipos que forman parte de la instalación, así como conductos, tuberías, depósitos etc. de los que se incluirá información relativa a su potencia, rendimiento, caudal etc.

Con esta información incluida en el modelo, además de visualizar los trazados y definir posibles conflictos o colisiones entre elementos, será posible dimensionar la instalación.

Con este planteamiento, la metodología de trabajo propuesta al estudiantado para desarrollar la práctica tendrá tres etapas claramente diferenciadas:

1. Presentación de conceptos básicos sobre instalaciones industriales en paralelo a que se presentan estos a nivel práctico en entorno BIM. El objetivo de esta primera fase es que el estudiantado, que ya cuenta con conocimiento previo en softwares BIM pueda, por una parte, acercarse a los conceptos teóricos sobre la instalación objeto de estudio a través de modelos virtuales de referencia y que en paralelo refresquen ideas sobre el uso de esta herramienta digital.
2. Desarrollo de la práctica propuesta por grupos, con apoyo semanal del profesorado de la asignatura. A partir de la presentación de conceptos iniciales, cada grupo trabajará en el desarrollo de su modelo BIM para diseñar la instalación objeto de estudio. El objetivo de la práctica será siempre que el modelo ayude a desarrollar y visualizar la instalación diseñada,

sirviendo como instrumento didáctico de apoyo al aprendizaje de conocimiento teórico. El modelo BIM servirá por tanto como herramienta de trabajo y no será un fin en sí mismo, aunque se busque su máximo desarrollo a nivel de modelado geométrico y de incorporación de información de interés para el proyecto y su gestión.

3. Presentación del trabajo desarrollado a través de la herramienta BIM. Dado que la visualización es uno de los aspectos clave de este tipo de soportes, resultará de interés que a partir del modelo virtual elaborado se obtenga toda la información gráfica necesaria para la correcta definición del proyecto llevado a cabo.

## 4. RESULTADOS

Bajo esta estructura antes señalada, el estudiantado presentará los trabajos elaborados al finalizar las 5 semanas de desarrollo de la asignatura objeto de estudio.

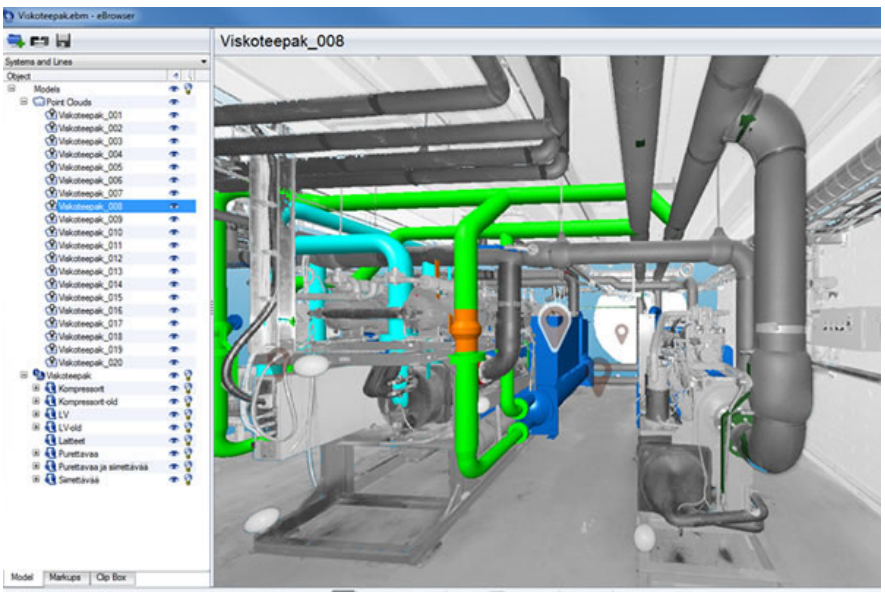
Sobre los mismos señalaremos que, pese a que el objetivo de esta experiencia no es obtener un modelo BIM como resultado, sino que sirva como instrumento docente para la mejor comprensión de la instalación diseñada, tendremos que hacer diferenciación entre los resultados alcanzados por el estudiantado en cuanto al trabajo con esta plataforma y en cuanto a su validez como instrumento docente.

Sobre la herramienta BIM señalaremos que, pese a presuponerse un nivel de conocimiento inicial del estudiantado sobre el software, este hecho no suele cumplirse siempre, por lo que resulta necesario que el profesorado de nociones sobre la herramienta, por otro lado previstas en la hoja de ruta propuesta.

De esta forma, y puesto que el desarrollo temporal de la asignatura es limitado, en este tipo de experiencias no se llega a extraer todo el potencial del BIM y el modelo sirve únicamente como herramienta para la representación 3D de la instalación, sin que se pueda profundizarse en la gestión de la información.

No obstante, el resultado en la construcción de modelos virtuales de visualización sí que suele ser de bastante calidad, lo cual es de enorme utilidad a nivel docente ya que permite que se profundice en el conocimiento de las instalaciones diseñadas y el estudiantado se aproxime a sus distintas partes y componentes, entendiendo su funcionamiento con más claridad y facilitando la labor de detección de conflictos geométricos entre ellas.

**FIGURA 2:** *Modelo virtual instalaciones*




Fuente: Material docente Máster Universitario en Diseño e Ingeniería de Productos e Instalaciones Industriales en Entorno PLM y BIM elaborado por Alejandro Folgar

## 5. DISCUSIÓN

Vistos los resultados señalados en base a experiencias docentes en torno a la implantación del BIM, pasaremos a indicar cuáles suelen ser los aspectos positivos y negativos que se observan en procesos de este tipo:

### 5.1. Aspectos positivos

– Mejora de representación gráfica y visualización 3D de proyectos. No cabe duda de que es uno de los mayores aportes de

esta tecnología, ya que: contribuye a optimizar el proceso de diseño, puesto que una visualización más clara permite que puedan realizarse ajustes necesarios en la instalación desarrollada; facilita la presentación de proyectos para una mejor comprensión por parte de otros agentes (clientes entre otros).

- Mejora del conocimiento sobre instalaciones industriales en paralelo a que se construye el modelo digital BIM. El hecho de modelar cada componente de la instalación ayuda a entender su funcionamiento y papel dentro del conjunto al que pertenece. Al mismo tiempo, incluir información adicional acerca de costes, materiales etc. ofrece un conocimiento extra al estudiantado asociado a ese proceso de modelado virtual.

- Facilita que el estudiantado tenga un primer acercamiento al uso de entornos BIM como herramienta de gestión de la información colaborativa. Como se ha señalado, en la mayor parte de los casos el conocimiento inicial sobre estos softwares es muy limitado, y pese a que no llegue a desarrollarse todo su potencial durante el curso, si pueden establecerse las bases para la profundización posterior.

### 5.2. Aspectos negativos

- Dificultad inicial para el estudiantado que no tiene conocimiento previo en el uso de tecnologías BIM. Pese a que al finalizar el curso el estudiantado adquiere conocimientos respecto a estos softwares, en un primer momento la falta de información sobre los mismos supone un hándicap para afrontar la práctica, más aún cuando el tiempo de desarrollo de la misma resulta muy limitado.

- Falta de tiempo en el desarrollo del curso para profundizar en el potencial que ofrece el entorno BIM. Como se señala en el punto anterior, la limitación temporal del curso hace que el alumnado no llegue a trabajar en BIM siguiendo todos los preceptos que caracterizan esta tecnología (visualización – coordinación – gestión de la información).

- Como consecuencia de lo expuesto previamente, en la mayor parte de los casos el estudiantado solo utiliza la herramienta como entorno de visualización 3D.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los aspectos analizados a lo largo de la presente comunicación, podemos señalar que el uso de tecnología BIM para el diseño de instalaciones industriales en contexto académico permite:

- Un primer acercamiento práctico para el alumnado en el uso de esta tecnología para el diseño y gestión de proyectos de instalaciones industriales.
- La construcción de modelos virtuales que sirven como recurso docente que facilita y optimiza el proceso de diseño y la coordinación de aspectos asociados al proyecto.
- La falta de tiempo y desconocimiento de la herramienta no permite profundizar en aspectos ligados a la gestión de la información y coordinación del proyecto.

Como aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de futuras experiencias de trabajo con tecnología BIM en ámbito docente, hemos de señalar que la formación del profesorado en esta herramienta resulta un aspecto clave para su implantación. Del mismo modo, sería necesario dotar de una mayor carga lectiva a este tipo de asignaturas, o facilitar que se establezca coordinación entre varias asignaturas que permitan dar continuidad a este modelo de trabajo para que el estudiantado pueda llegar a profundizar en el trabajo con tecnología BIM y extraer todo su potencial.

## 7. AGRADECIMIENTOS

El trabajo llevado a cabo parte del trabajo avanzado en cursos previos por la asignatura Instalaciones de la Industria Agroalimentaria del Master Universitario en Diseño e Ingeniería de Productos e Instalaciones Industriales en Entorno PLM y BIM, y los profesores que la han coordinado para ponerla en marcha, así como al alumnado que la han cursado.

# 8. REFERENCIAS


Coloma Picó. E., (2008). *Introducción a la tecnología BIM*. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña.

Cos-Gayón López, F., (2016). Implantación de metodología BIM en asignaturas del Máster Universitario de Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia. *Spanish Journal of BIM*, 16(01):48-54.

Hermoso-Orzáez, M. J., Montiel-Santiago, F. J., & Terrados-Cepeda, J. (2021). *Resultados de innovación docente mediante BIM-Server-Center-Education de CYPE aplicada a la asignatura de Instalaciones del Máster de Ingeniería Industrial UJAEN.*

Hernández, L.A., Fernández-Morales, A., & Sancho Mir, M., (2016). Estrategias docentes para el proceso de trabajo BIM. *Actas del 16 Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA)*, pp. 55-63. Fundación General de la Universidad de Alcalá.

Jurado Egea, J., Liébana Carrasco, O., & Gómez Navarro, M., (2015). Uso de BIM como herramienta de integración en talleres de tecnología de la edificación. *Actas EUBIM 2015, Congreso Internacional BIM / Encuentro de Usuarios BIM*, pp. 13-23.

León Cascante, I., & Pérez Martínez, J.J., (2018). Docencia Colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. *EGA: Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 23 (32):76-87

León, I., Sagarma, M., Mora, F., Marieta, C., & Otaduy, J., (2016). El empleo de la tecnología BIM en la docencia vinculada a la Arquitectura. Aprendizaje cooperativo y colaborativo basado en Proyectos reales entre diferentes asignaturas. *Actas JIDA`16. IV Jornadas de Innovación Docente en Arquitectura*, pp. 191-197.

Maldonado, E., (2016). Estrategias de implantación de enseñanza BIM en estudios de postgrado. Experiencia en la Universidad Politécnica de Madrid. *Spanish Journal of BIM*, 16(01):30-39

Meana, V., Bello, A., & García, R. (2019). Análisis de la implantación de la metodología BIM en los grados de ingeniería industrial en España bajo la perspectiva de las competencias. *Revista ingeniería de construcción*, *34*(2), 169-180.

Nieto Julián, E., Quiñones Rodríguez, R., Llorens Corraliza, S., & Cortés Albalá, I., (2014). Experiencia integradora de la tecnología BIM en la ETSIE de Sevilla. *Actas 2º Congreso Nacional BIM – EUBIM 2014*, pp. 257-269.

Oliver-Faubel, I., Villoria Sáez, P., Fuentes-Giner, B., & Del Rio Merino, M., (2016). BIM en el grado de edificación: la experiencia en la escuela técnica superior de edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. *Spanish Journal of BIM*, 16(01):42-46.

Padilla Marcos, M. Á., & Meiss Rodríguez, A. J. (2018). Proyecto IMAI-innovación en la materia de Acondicionamiento e Instalaciones. Plan BIM. In *Libro de actas del XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas. Gijón, 2018; p. 210-220*.

Pérez Galvín, A., Barbudo Muñoz, M. A., Ayuso Muñoz, J., García Beltrán, M., Rosales García, J., & López Uceda, A. (2019). Introducción al modelado de información de construcción (BIM) en edificaciones e infraestructuras de ingeniería.

Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Castellanos Román, M., Alba Dorado, J.A., & Ferriera López, P., (2016). El uso del BIM y del SIG en la investigación y la enseñanza y de la arquitectura. *Actas del 16 Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA),* pp. 507-514.

Vázquez-Rodríguez, J., Otero-Chans, D., & Estévez-Cimadevila, J., (2016). Incorporación de herramientas para la generación y análisis del modelo virtual del edificio en la formación de los estudiantes de arquitectura. *Spanish Journal of BIM*, 16(01):22-27

# ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA FIABILIDAD DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DE TURNITIN EN LOS TRABAJOS DE ESTADÍSTICA

ÁNGELES CALDUCH-LOSA
*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad*
*Universitat Politècnica de València*

VÍCTOR YESTE
*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad*
*Universitat Politècnica de València*

SANTIAGO VIDAL-PUIG
*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad*
*Universitat Politècnica de València*

ABEL VELOSO-PADILLA
*Universitat Politècnica de València*

## 1. INTRODUCCIÓN

En los trabajos académicos que se solicitan a los alumnos en la universidad, se pretende evaluar lo que estos aprenden o descubren al cursar las diferentes materias. Al presentar sus trabajos finales de grado o master se pretende que estos muestren su conocimiento en el área de saber correspondiente y su adquisición de un conjunto de competencias específicas y generales al presentar la solución científica a un problema de modo sintético y bien estructurado en un documento con la correspondiente definición del problema planteado, revisión de la teoría existente, toma da datos, análisis de resultados y conclusiones del trabajo o investigación abordada. Se pretende que citen correctamente cualquier conocimiento existente o recurso que se requiera para la elaboración de dichos trabajos, y que se sigan de modo adecuado las reglas de integridad académica. Resulta de vital importancia que los trabajos de los alumnos sean originales y no se copien entre ellos. Esto último, a veces se ve dificultado por la posible existencia de grupos numerosos en primeros

cursos en la universidad, ya que puede dar lugar a que se nos veamos abocados a solicitarles trabajos académicos que presenten cierta similitud y que, por tanto, faciliten la copia y que den lugar a ejemplos de actitudes que chocan con las normas de integridad académica que se deben exigir en nuestras universidades. Se espera que los alumnos trabajen de modo individual, extrayendo sus propias conclusiones, aplicando su pensamiento crítico a los distintos problemas que se les han planteado y finalmente exponiendo los resultados obtenidos de modo individual.

La era de Internet ha supuesto la disponibilidad de inmensas fuentes de información y la posibilidad de tener un rápido acceso a los amplios contenidos disponibles de material académico presente en la red. Por supuesto, esto es un rasgo muy ventajoso dado que ayuda y estimula el progreso científico en nuestra sociedad, pero, por otro lado, introduce como Diaz Arce (2015) sugiere, el riesgo entre los estudiantes de adaptarse a una especie de «ley de mínimo esfuerzo» en la que prefieren «copiar y pegar» o resumir y parafrasear inadecuadamente a dedicarle el tiempo suficiente a leer y profundizar en diferentes fuentes para realizar sus deberes e investigaciones (Rodríguez, 2012). Por ello, es una obligación conseguir que nuestros estudiantes se acostumbren a realizar una correcta documentación haciendo uso, en la medida que sea necesario de los conocimientos de otros, pero con un correcto reconocimiento de estos y que se esfuercen en la obtención de resultados propios y originales en sus trabajos o investigaciones, atendiendo en todo momento a los principios de integridad académica.

La Real Academia de la Lengua Española en su Diccionario define el plagio como «copiar en lo sustancial obras ajenas, dándolas como propias». Una definición más detallada desde el punto de visto académico ofrecida por el ICAI[23], centro internacional de la integridad académica, y citada por Osorio (2022),

[23] https://bit.ly/icai-web

> "El plagio es la apropiación de la propiedad intelectual o copia del trabajo de otro sin citar la fuente". Y supone: Usar palabras, ideas o productos de trabajos, atribuible a una persona o fuente identificable, sin dar los créditos a la fuente de donde se obtuvo en una situación en la que legítimamente se espera autoría original y con el propósito de obtener crédito, beneficio o ganancia"

El plagio puede ser intencionado o imprudente, o no intencionado. Es una tarea nuestra transmitir a los alumnos la importancia de ser cuidadosos y de acostumbrarse a realizar las citas de modo adecuado con objeto de evitar casos no intencionados de plagio que son originados muchas veces por las prisas a la hora de realizar las tareas. Un estudio relacionado Pittam et al. (2009) mostraba que los estudiantes de su investigación tendían a sentirse no autores y veían su propia escritura como algo más parecido a la "edición" que a la autoría y concluye sugiriendo que los problemas para establecer la identidad de autor pueden ser clave para entender por qué plagian. De hecho, otro estudio más reciente de Mtshali (2021), realizó un cuestionario a más de 150 estudiantes sobre sus sentimientos a la de que se utilice Turnitin en la corrección de sus entregas, y se pudo apreciar que los participantes no conocían muy bien qué constituye un plagio, ya que no lo consideraban así a la hora de incluir contenido de otros autores y no citar la fuente, incluso cuando parafrasean el texto de estos.

Actualmente, las universidades españolas con objeto de mantener la reputación institucional han realizado una importante inversión en evitar plagios en los trabajos académicos y ayudar al mismo tiempo a una evaluación más justa de sus alumnos.

Como se describe en el blog de Studia XXI (Sureda, 2016), las líneas de actuación de las universidades han sido principalmente tres. La primera, de tipo formativo e informativo y orientada a que el alumnado adquiera no solo los conocimientos necesarios para no incurrir en el recurrente plagio involuntario, sino también para despertar actitudes de rechazo ante comportamientos académicos deshonestos. La segunda línea es el desarrollo normativo con el establecimiento de disposiciones reguladoras en las que, con mayor o menor concreción, se relacionan los tipos de conductas deshonestas, así como las sanciones aplicables si se incurre en ellas. Aunque se constata que, en general, el tratamiento que se hace

del tema es limitado y poco ajustado a los tiempos actuales (Sureda-Negre .et al 2016). Y el tercer tipo y que más nos atañe en el presente trabajo, la implantación de programas de detección; herramientas tecnológicas puestas a disposición del profesorado para detectar el plagio. Se han realizado ya estudios donde se evalúan las posibilidades que ofrecen estas aplicaciones y donde se señala también su posible uso para concienciar a los estudiantes y profesores de la necesidad de realizar trabajos de investigación bien redactados que sean de calidad y auténticos (Ayo Ayelabi, 2013; Davis y Carroll, 2009; Díaz Arce, D. 2015)

La herramienta que la UPV ha adquirido para la detección de plagios se llama Turnitin[24] y está considerada como líder en este mercado. Turnitin es una herramienta «antiplagio» de apoyo al docente y a los estudiantes. En nuestra Universidad la aplicación se encuentra integrada dentro de la herramienta Tareas de PoliformaT de la plataforma de aprendizaje Sakai con objeto de facilitar su uso al profesorado y los alumnos. La herramienta Turnitin de acuerdo con la información proporcionada por sus creadores, identifica coincidencias de texto de los trabajos académicos con páginas web, publicaciones y trabajos de otros estudiantes. Respecto a esta última fuente resaltar que el repositorio de Turnitin contiene los trabajos de todas las instituciones que utilizan Turnitin y cuyos profesores desean ceder los documentos de sus alumnos.

La herramienta destaca las coincidencias existentes e indica el nivel de coincidencia con una coloración (0=azul, 1-24=verde, 25-49=amarillo, 50-74=naranja 75-100=rojo). Las correspondencias se enumeran y las fuentes se citan. Utiliza una tecnología innovadora para identificar incluso materiales traducidos de originales en inglés. Por dar unos números aproximados proporcionados por Osorio (2022) para la sección de vídeos de la web de Turnitin y que nos dan una idea de la dimensión de la tarea realizada por la herramienta, ésta hace una búsqueda de coincidencias de modo rápido en 170 millones de artículos académicos, 91 mil millones de páginas webs actuales y archivadas y en torno a 1400 millones de trabajos de estudiantes. Cabe señalar que como ayuda para la interpretación de los resultados obtenidos la herramienta ofrece la opción

[24] https://bit.ly/turnitin-deteccion-plagios

de filtrar y eliminar del cómputo del porcentaje de coincidencias de modo selectivo las coincidencias en bibliografía, las citas textuales, así como posibles coincidencias menores con un número variable de palabras (seleccionado por el usuario) debido a uso de fraseología común.

A la hora de utilizar esta herramienta los profesores hemos de ser conscientes de que ésta lo que proporciona en realidad es el índice general de similitud o porcentaje de similitudes encontradas en los trabajos sometidos a su revisión. Es decir, no determina exactamente la existencia de plagio. Esto significa, tal y como indican Meo y Talha (2019), que un porcentaje alto no tiene por qué ser "bueno" o "malo", es decir, que un 0% (un resultado totalmente auténtico) no significa que todo el contenido está "bien" ni un 80% significa que el alumno deba suspender. Esto último, queda a decisión del profesorado después de revisar los informes proporcionados por la propia herramienta. Una pregunta que le surge habitualmente al profesorado es que porcentaje de coincidencias debe asociarse a la presencia de un posible plagio. Hay que destacar que no es una respuesta sencilla, dado que se han observado casos donde un pequeño porcentaje total de coincidencias, al ser inspeccionado, pone de manifiesto casos claros de plagio donde alguna sección de los trabajos está completamente reproducida. Precisamente la observación de dicha dificultad ha sido una de las razones para la realización del presente estudio con objeto de caracterizar de modo cualitativo la naturaleza de las coincidencias observadas en las entregas de los alumnos en una asignatura de Estadística al usar la herramienta de Turnitin.

Queda pendiente para futuros trabajos el abordar dicho estudio de modo cuantitativo, así como, abordar la posible utilización del Turnitin con carácter formativo con objeto de mejorar las destrezas de redacción académica de los estudiantes y que conduzca a una reducción en el índice general de similitud. Cabe indicar que ya ha habido estudios para explorar formas de proporcionar educación sobre el plagio a través de la retroalimentación de los estudiantes (Davis y Carroll, 2009). McGarrell and Verbeem (2007) también señalaron la importancia de que los alumnos tengan un feedback para tener más pericia a la hora de utilizar fuentes académicas de modo correcto en sus trabajos En relación con esto último hay que señalar que Turnitin ofrece la opción de permitir a los

alumnos revisar el informe proporcionado por la aplicación, con lo que el alumno podría ver el mismo informe que el profesor.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Principal de la Experiencia

El objetivo principal de este estudio es realizar una valoración cualitativa de los resultados obtenidos en el análisis realizado por la herramienta Turnitin de las entregas de los alumnos de tres grupos de la asignatura de *Estadística*, en el primer año en el Grado de Ingeniería en Informática de la Escola Técnica Superior d'Enginyeria Informàtica (ETSINF) de la Universitat Politècnica de València.

### 2.2. Objetivos Secundarios

Como objetivos secundarios se cuenta con comprobar qué tipos de plagio detecta la herramienta Turnitin, a qué porcentaje de los documentos suele afectar, de qué fuentes las detecta y otras características inherentes a los contenidos marcados como posible plagio. También se valora si estos posibles plagios son una realidad o una simple coincidencia que la herramienta detecta erróneamente como plagio.

## 3. METODOLOGÍA

La Universitat Politècnica de València pone a disposición tanto del profesorado como del alumnado una plataforma llamada PoliformaT, en el cual entre otras muchas funcionalidades permite la asignación de tareas a los alumnos, que deben enviar siguiendo las directrices de su configuración y de los profesores.

En estas tareas, el profesorado puede activar el servicio integrado de revisión anti-plagio Turnitin, el cual es compatible con la siguiente lista de archivos adjuntos: Word 97-2003 (.doc), Word 2007+ (.docx), Excel (.xls, .xlsx), PowerPoint (.pps, .ppsx, .ppt, .pptx), PDF (.pdf), PostScript (.eps, .ps), texto plano (.txt), HTML (.htm, .html), WordPerfect (.wpd), OpenOffice (.odt), rich text (.rtf) y Hangul (.hwp). No soporta .WPS, Apple Pages, .ODS ni .gdoc, y sólo se permiten archivos adjuntos de

menos de 100 MB (menos de 2 MB en el caso de los archivos .txt), y una longitud de máximo 800 páginas. Se recomienda, además, poner imágenes en formato .jpg para evitar problemas en el informe de originalidad si se incluyeran imágenes vectoriales.

Ante el envío de las tareas por parte de los alumnos genera un informe automático e inmediato en el que se evalúa la originalidad de los documentos adjuntos, comprobándola contra el repositorio de Turnitin, internet actual y archivado y periódicos, publicaciones y revistas.

Esta herramienta ha sido utilizada en el envío de tres de las entregas del trabajo de la asignatura de *Estadística*, en el primer año en el Grado de Ingeniería en Informática de la Escola Técnica Superior d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Politècnica de València. En el trabajo se pide a los alumnos que elijan, en solitario o por parejas, un conjunto de datos o *dataset* de webs como Kaggle, Azure Open Datasets, UCI Machine Learning repository, DrivenData, el Instituto Nacional de estadística, el portal de datos abiertos Esri España y bases de datos abiertos del Ayuntamiento de Valencia, la Generalitat Valenciana y entidades locales que publiquen datos abiertos. A partir de este *dataset*, los alumnos han hecho un muestreo en el caso de ser necesario y han contestado al mismo listado de ejercicios para los cuales han utilizado los conocimientos de las clases teóricas y los de las prácticas, basándose en el software estadístico STATGRAPHICS Centurion.

Estas entregas se dividieron de la siguiente manera:

- Primera entrega, con plazo hasta el 7 de marzo de 2022 a las 23h, con los primeros 16 ejercicios del trabajo académico de la asignatura. Estos ejercicios constan de la portada, descripción del *dataset*, los objetivos particulares, discusión de la muestra y población y varios ejercicios de estadística descriptiva.

- Segunda entrega, con plazo hasta el 11 de abril de 2022 a las 23h, en la que entregaron 5 ejercicios correspondientes a distribuciones discretas y continuas.

- Tercera entrega, con plazo hasta el 16 de mayo de 2022 a las 23h, en la que debieron entregar 8 ejercicios sobre distribuciones en el muestreo y la inferencia sobre una población.

Por cada archivo adjunto, Turnitin genera un informe en el cual incluye un resumen de coincidencias, agrupándolas por fuentes originales y ordenándolas de mayor porcentaje a menor dentro del contenido entregado. En este estudio, se ha optado por utilizar la configuración por defecto de la herramienta por parte de la Universitat Politècnica de València.

Estos informes han permitido un análisis cualitativo de las coincidencias, de manera que se pueda evaluar las características de estas, así como de las fuentes con las que se efectúa las comparaciones. Así, se ha comprobado en qué medida son marcaciones de plagio reales o simples coincidencias, qué tipos de coincidencias hay y a qué porcentaje del documento afectan. Se proponen además posibles causas de estas coincidencias dado el contexto de la asignatura, el de su contenido y la manera de abordarlo por parte del alumnado.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados De Participación

En este estudio se han tenido en cuenta los trabajos entregados por tres de los grupos de la asignatura (A, B y D), sumando un total de 252 trabajos, siendo 95 en la primera, 79 en la segunda y 78 en la tercera. Por otra parte, hay que tener en cuenta que el total de estudiantes matriculados en los tres grupos en los que se ha realizado la experiencia es de 138.

### 4.2. Avisos De Elevadas Coincidencias Por Parte De Turnitin

De los 252 trabajos revisados por la herramienta Turnitin, 42 de ellos tienen un porcentaje de coincidencias superior o igual al 75%, lo que supone un 16,67% del total, es decir, 1 de cada 6. La principal causa de coincidencias, que motiva este elevado porcentaje, se debe a incluir los enunciados de los ejercicios, repetir la portada y los apartados ya incluidos en entregas anteriores y que, en muchas ocasiones, una pareja de alumnos ha subido el mismo documento para poder la corrección en su

tarea. Esto último ha sido el detonante de informes con un porcentaje de coincidencias muy cercano al 100%, ya que sólo se incluían las correcciones en las tareas entregadas en el sistema de PoliformaT. En todos estos casos, este tipo de coincidencia venía marcada con la fuente "Entregado a Universitat Politècnica de València", que es la fuente con mayor porcentaje de coincidencias dentro de todos los documentos.

Otra causa que se ha podido comprobar mediante este análisis cualitativo es que los trabajos se han entregado en una asignatura perteneciente al ámbito de la estadística, lo cual motiva que los alumnos utilicen frases típicas de este sector que han observado tanto en los apuntes como en sitios web u otras fuentes bibliográficas. Algunas fuentes que se han observado son: matematicas10.net, slideshare.net, coursehero.com, tesistodo.com, apps.ing.unsa.edu.ar y qdoc.tipsl. A continuación, se pueden leer algunos ejemplos de esta tipología de coincidencia:

- "consideramos que la muestra es representativa de la población"
- "En este caso, el gráfico/diagrama de caja y bigotes aporta más información / resulta más útil que el papel probabilístico normal."
- "Cada escala del histograma representa la frecuencia de un rango de valores"
- "La frecuencia relativa de cada casilla respecto al total de su fila"
- "Existe relación entre las/ambas variables"
- "Valores con una media de"
- "Intervalo de confianza con una media m"
- "Observamos que hay una probabilidad menor"
- "Si hay diferencia significativa entre las medias"
- "En la prueba de hipótesis y en el intervalo de confianza"
- "Una muestra de tamaño N extraída de una población Normal de varianza"
- "Los datos (no) provienen de una distribución normal"
- "Una muestra de tamaño N extraída de una población Normal de varianza"
- "Raíz cuadrada de la suma de las varianzas"

- “El intervalo de Razones de varianza (no) contiene (…) hay una diferencia significativa en las desviaciones estándar de las muestras con un intervalo de confianza del 95%)”
- “F de Fisher con N-1 grados de libertad”
- “Se calcula elevando al cuadrado la desviación típica”
- “Una distribución de Poisson con una media de”
- “Datos provenientes de una distribución normal”
- “La frecuencia relativa es la frecuencia dividida por el número de”
- “A partir de las pruebas de bondad de ajuste”

Una causa muy relacionada con la anterior es la forma de expresar los diferentes conceptos estadísticos vistos en clase. Los alumnos, muchas veces, tratan de utilizar los mismos términos y la misma manera de expresarlos. En este caso, Turnitin nos devuelve diversas fuentes que incluyen esa terminología, como por ejemplo el libro Fundamentos de Estadística de Daniel Peña que se ha utilizado como base para crear los apuntes oficiales de la asignatura. El contenido de este libro ha sido accesible por Turnitin a través de fuentes como dokumen.pub. También se ha detectado coincidencias de este tipo desde la fuente de riunet.upv.es, el repositorio oficial de la Universitat Politècnica de València. El porcentaje de coincidencias producidas por esta causa es aproximadamente 0-2%. Algunos ejemplos serían:

- “Sigue una distribución (…) con N-1 grados de libertad”
- “La desviación estándar de la muestra es”
- “Distribución Chi-cuadrada con N-1 grados de libertad”
- “No se ajusta a la distribución normal”
- “Se aproxima a una distribución normal”
- “La variable de (…) y la variable de la columna”

Puesto que los alumnos no solo cuentan con la Universitat Politècnica de València como fuente de información universitaria, sino que pueden acceder a contenidos publicados en otras universidades, se ha observado asimismo que han utilizado formas de expresar los conceptos que se comparten con otras instituciones académicas como la Pontificia Universidad Católica de Perú o la Universidad Carlos III de Madrid, entre otras. En

este caso, también se ha producido un porcentaje de coincidencias inferior al 2%. Como ejemplo de este tipo, podría ser el siguiente: "Distribución normal con una media de (…) y una desviación estándar de".

Otra causa de coincidencias ha sido la inclusión de definiciones de los términos estadísticos vistos en la asignatura. Los estudiantes han acudido en muchos casos a diversas fuentes de webs de internet a la hora de citar y explicar los conceptos que van a poner en uso en las soluciones de los ejercicios. Sin embargo, no se ha apreciado ninguna cita a los autores originales de esas definiciones. Esto ha motivado un porcentaje de coincidencias inferior al 1%. Algunas de las definiciones incluidas en las entregas han sido:

- El gráfico de caja-bigotes, desde el sitio web coursehero.com o artículos de riunet.upv.es
- Una distribución perfectamente simétrica, desde estadisticaparatodos.com
- La desviación estándar, desde agaricus.eresmas.net
- Los intereses particulares del sesgo y la curtosis estandarizados, desde ri.uaq.mx
- La frecuencia absoluta, desde sofinls.blogspot.com
- La frecuencia relativa desde la Universidad Internacional del Ecuador
- Los parámetros de dispersión, desde es.slideshare.net
- El papel probabilístico normal, desde repositorio.educacionsuperior.gob.ec

Otra causa común de coincidencias detectadas por la herramienta Turnitin ha sido la inclusión de frases genéricas dentro de las explicaciones de las soluciones aportadas por el alumnado. Sin llegar a alcanzar el 1%, son frases del tipo:

- "A la vista de los resultados, podemos concluir que"
- "La Facultad de Medicina y la Facultad de"
- "La fuente de estos datos es un estudio realizado por"

Turnitin también ha marcado como coincidencias URLs totales o parciales como la del *dataset* utilizado para resolver los problemas en la

entrega. Estas URLs también se comparten en otros sitios web, lo que ha motivado que sean marcadas como coincidencia para alertar a los profesores. De nuevo, en este caso, el porcentaje relacionado no llega al 1%.

En ocasiones, los alumnos han incluido las columnas del *dataset* que han utilizado, lo cual resulta en una coincidencia con la página web donde se presenta e incluye dicho *dataset*. Esta coincidencia ha motivado porcentajes de coincidencias entre el 0 y el 2%.

## 5. DISCUSIÓN

Un aspecto importante es que el profesorado que aplique estas técnicas de detección de plagio debe estar convenientemente formado en su utilización. Esto último, es un aspecto crítico dado que como se ha visto en el presente trabajo, el porcentaje de coincidencias y porcentaje de plagio no es necesariamente algo equivalente,

Otro aspecto por considerar es si los alumnos en sus trabajos académicos citan sus fuentes de modo correcto dado que en algunos casos podrían llevar a un aumento del porcentaje de coincidencias. Una manera de disminuir este problema es informar y formar al alumno en esta materia. Cabe indicar que muchas veces este tipo de plagio es no intencionado y es más una señal de falta de formación al respecto.

Las instrucciones de entrega también tienen su efecto en este porcentaje de coincidencias. Si se pidiera al estudiantado que no incluya los enunciados, la portada e incluso que no repita los ejercicios de entregas anteriores, este tipo de coincidencias disminuiría en su presencia.

Hay causas que no tienen a priori una solución sencilla. Por ejemplo, el uso de frases típicas del ámbito de la estadística o los términos que suelen verse en clase, ya que es habitual e incluso recomendable que los estudiantes los utilicen en sus entregas para demostrar que han entendido los conceptos y saben aplicarlos.

## 6. CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que las coincidencias existentes en las tareas académicas presentadas por los alumnos son de naturaleza muy variada incluyendo frases genéricas, frases típicas dentro del ámbito de la estadística, copias de los enunciados, duplicidad de trabajos subidos por los componentes de un mismo grupo o pareja de alumnos, documentación propia de la asignatura.

El estudio muestra con claridad que las coincidencias no siempre pueden ser atribuidas a un plagio o intención de plagio real. Un porcentaje elevado de coincidencias no tiene que significar que el alumno haya cometido plagio, ya que como se ha podido comprobar en este estudio, hay muchas causas que elevan el porcentaje sin motivación de copia.

En consecuencia, la herramienta Turnitin nos proporciona el porcentaje de coincidencias, pero requiere obligatoriamente de una revisión exhaustiva posterior por parte del profesorado con objeto de determinar cuáles son las evidencias de plagio reales presentes en los trabajos académicos.

Como posibles futuros trabajos relacionados con la aplicación de Turnitin en la corrección de entregas académicas, algunas ideas serían: cambiar la configuración de la herramienta para ver en qué medida afecta a los porcentajes de coincidencias, abordar esta problemática desde un punto de vista cuantitativo, relacionar los porcentajes de coincidencias con el rendimiento académico de los estudiantes e incluso comparar si estas problemáticas se producen en otros ámbitos fuera de la estadística. Y buscar cómo transformar de algún modo ese porcentaje de coincidencias o porcentaje de plagio "potencial" en un porcentaje más próximo a la realidad.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los alumnos y alumnas del curso 2021-2022 que han cursado la asignatura *Estadística* matriculados en los grupos 1A, 1B y 1D del Grado en Ingeniería Informática de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica (ETSINF) de la Universitat Politècnica de

València (UPV) por su colaboración en esta y en todas las actividades de innovación docente que hemos realizado con ellos.

## 8. REFERENCIAS

McGarrell, H., & Verbeem, J. (2007). Motivating revision of drafts through formative feedback. *ELT journal*, *61*(3), 228-236.

Pittam, G., Elander, J., Lusher, J., Fox, P., & Payne, N. (2009). Student beliefs and attitudes about authorial identity in academic writing. *Studies in Higher Education*, *34*(2), 153-170.

Davis, M., & Carroll, J. (2009). Formative feedback within plagiarism education: Is there a role for text-matching software?. *International Journal for Educational Integrity*, *5*(2).

Rodríguez, A. S. (2012). El plagio y su impacto a nivel académico y profesional. *E-Ciencias de la Información*, 1-13.

Ajelabi, P. A. (2013). ASSESSMENT OF APPLICATION OF AN ONLINE ACADEMIC PLAGIARISM DETECTOR FOR BRITISH TEACHER TRAINEES. *Journal of Educational & Instructional Studies in the World*, *3*(2).

Díaz Arce, D. (2015). El uso de Turnitin con retroalimentación mejora la probidad académica de estudiantes de bachillerato. *Ciencia, docencia y tecnología*, (51), 197-216.

Sureda-Negre, J., Reynes-Vives, J., & Comas-Forgas, R. (2016). Reglamentación contra el fraude académico en las universidades españolas. *Revista de la educación superior*, *45*(178), 31-44.

Sureda, J. (2016, 21 diciembre). Integridad académica. El blog de Studia XXI. Recuperado 1 de septiembre de 2022, de https://www.universidadsi.es/integridad-academica/

Meo S.A., Talha M. Turnitin (2019): Is it a text matching or plagiarism detection tool?. *Saudi J Anaesth,* 1, 48-51.

Mtshali, M. A. (2021). Students' feelings about the online submission of assignments using Turnitin. *Perspectives in Education*, 39(3), 109-120.

*plagiar*. (s. f.). Real Academia de la Lengua Española. Recuperado 1 de septiembre de 2022, de https://dle.rae.es/plagiar#TIZy4Xb

Osorio, D. (2022, 21 julio). *Interpretación avanzada del reporte de similitud*. Turnitin. Recuperado 1 de septiembre de 2022, de https://www.turnitin.com/es/videos/interpretacion-avanzada-del-reporte-de-similitud-originality

SECCIÓN V

# EL ENFOQUE STEM COMO ELEMENTO CATALIZADOR DE LA ENSEÑANZA

# LA EDUCACIÓN STEAM EN LA FORMACIÓN DOCENTE INICIAL

ESTHER SANTAELLA RODRÍGUEZ
*Centro de Magisterio La Inmaculada. Universidad de Granda*
MANUEL GARCÍA IBÁÑEZ
*Centro de Magisterio La Inmaculada. Universidad de Granada*

## 1. INTRODUCCIÓN

El inicio del siglo XXI se ha visto marcado por una serie de cambios, tanto sociales como tecnológicos, lo cuales se han sucedido de manera acelerada. Esto plantea la necesidad de que la educación formal se interese por una renovación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, que prepare al alumnado para enfrentarse a los retos y cambios actuales. En este sentido, diferentes autores plantean la formación científico-técnica como una medida indispensable para alcanzar este objetivo (Casado y Checa, 2020; López *et al.,* 2020).

En esta misma línea surge el término educación STEAM, que hace alusión a la incorporación de las disciplinas científico-tecnológicas y el arte a la educación, utilizándose el acrónimo de *Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*. Este término no solo se interesa por incorporar estás áreas como contenido a transmitir, sino, más bien, como un aprendizaje integrado que se apoya en un proceso basado en la innovación y la creatividad, al mismo tiempo que fomenta entre el alumnado la capacidad para resolver problemas y el pensamiento lógico y crítico (Casado y Checa, 2020; Santillán-Aguirre *et al.*, 2020).

Serrantes-Pazos *et al.* (2021) plantean la necesidad de revisar las formas a través de las cuales se transmite el conocimiento y transitar hacia nuevos caminos para la adquisición de destrezas y saberes, destacando la necesidad de que este modelo educativo sirva en la construcción de

sociedades más equitativas e inclusivas. En resumen, que la educación se apoye en la idea de una ciudadanía global. En este sentido, la educación STEAM ayuda a la construcción de un método que servirá al alumnado para la comprensión de los fenómenos que le rodean, tomar decisiones y resolver los retos que se le planteen, conjugado la innovación educativa con la transformación social (López *et al.,* 2020; Serrantes-Pazo *et al.,* 2021).

Esto a su vez se suma la necesidad de preparar al profesorado para asumir lo que se ha denominado la alfabetización digital. Lo cual hace referencia al hecho de que los docentes hoy en día deben de hacer frente a la tarea de preparar al alumnado para la búsqueda, selección y análisis de la información en una sociedad globalizada, a través del uso de herramientas digitales y tecnológicas. Para ello, el profesorado debe de disponer de las competencias necesarias para el diseño de recursos interactivos (Pérez, 2010).

Por todo ello, resulta fundamental introducir esta perspectiva a lo largo de la formación inicial del magisterio, de manera que el estudiantado adquiera herramientas y estrategias vinculadas con la educación STEAM de un modo experimental, lo que le servirá de referencia en el desempeño de la función docente. En concreto, este capítulo recoge una experiencia formativa desarrollada con el alumnado del Grado en Educación Primaria y del Grado en Educación Infantil, a través de las asignaturas Recursos Didácticos y Tecnológicos Aplicados a la Educación Primaria, y Recursos Didácticos Tecnológicos Aplicados a la Educación Infantil, respectivamente.

El objetivo principal del capítulo es describir la propuesta didáctica aplicada durante la formación inicial del magisterio, en la cual se ha trabajado desde un modelo de enseñanza apoyado en los supuestos de la denominada educación STEAM, la cual se ha complementado con el empleo de diversas herramientas digitales y tecnológicas. Esta propuesta se lleva desarrollando 3 cursos académicos (2019-2020; 2020-2021; 2021-2022). En cuanto a la metodología, cabe señalar que se ha recurrido a estrategias como el aprendizaje colaborativo, el trabajo por talleres y el Aprendizaje Basado en Retos, especialmente.

Antes de describir en profundidad la experiencia recogida se va a realizar una descripción detallada de lo que implica hablar de educación STEAM, al mismo tiempo que se pretende dejar constancia de su utilidad y pertinencia al incorporarla dentro de la formación inicial de maestros y maestras.

## 2. LA EDUCACIÓN STEAM

Como ya se mencionó anteriormente, la educación STEAM prepara al alumnado para un dominio de las disciplinas a las que hace alusión dicho acrónimo (ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas), a partir de las siglas de los términos en inglés. Estás áreas no se trabajan de forma aislada o independiente, sino que se trabajan de manera integrada y transversal, lo que supone una mejora en el proceso educativo, ya que se basa en un modelo de formación por competencias que se apoya en un enfoque globalizador (Ferrada-Ferrada *et al.*, 2020).

Por otra parte, esta propuesta pedagógica integra las disciplinas científico-tecnológicas en el proceso de enseñanza y aprendizaje y lo estructura a partir de la resolución problemas y desafíos de la vida real. Por tanto, favorece la construcción del conocimiento de manera contextualizada y vivencial, al mismo tiempo que promueve prácticas cooperativas, investigadoras y críticas (Casado y Checa, 2020; Martín *et al.*, 2022).

Por ello, incorporar la educación STEAM como parte de la formación inicial del profesorado supone una mejora de la calidad de dicho proceso formativo. En este sentido, Serrantes-Pazos *et al.* (2021) señalan que esta perspectiva fomenta la incorporación de metodologías más horizontales que, además, permiten la complementariedad entre las ciencias experimentales y las humanidades, al mismo tiempo que se apoya en una postura más sostenible y participativa.

Por otro lado, cabe señalar la brecha de género existente entre el alumnado que opta por realizar carreras relacionadas con las ciencias, que, mayoritariamente, son hombres. En este sentido, la educación STEAM en la formación docente servirá para acercar este modelo de enseñanza al estudiantado femenino, así como para aumentar las figuras de

referencia en torno a este campo (Martín *et al.*, 2022; Melo, 2019). Este tema resulta crucial si tenemos en cuenta que la enseñanza es una profesión altamente feminizada, especialmente, en las primeras etapas de nuestro sistema educativo, como son la Educación Infantil y la Educación Primaria (Verastegui, 2019). Por ello, resulta clave incluir el uso de las ciencias en la formación del magisterio desde una perspectiva transversal, que favorezca un acercamiento a dichas disciplinas más igualitario e inclusivo.

Con respecto al desarrollo de métodos de enseñanza apoyados en las áreas STEAM, es importante señalar también que el uso de herramientas digitales y tecnológicas se convierte en algo fundamental. López *et al.* (2020) apuntan que, el uso de dichas herramientas ha cambiado por completo los procesos de enseñanza de las ciencias y, al mismo tiempo, han supuesto una revolución en el campo educativo, debido a la amplitud de recursos didácticos que se han generado en los últimos años.

En relación con esto, se puede destacar como el empleo de la robótica y otros recursos tecnológicos que se han incorporado a los procesos educativos han sido concebidos como elementos motivadores que, además, favorecen el desarrollo de habilidades y destrezas vinculadas con la creatividad y la capacidad para resolver problemas (Casado y Checa, 2020). En concreto, del uso de la robótica en ambientes escolares se han destacado las posibilidades que ofrece para el aprendizaje multidisciplinar (Ferrada-Ferrada *et al.*, 2020).

Después de todo lo expuesto hasta ahora, es inevitable afirmar que las posibilidades que la educación STEAM ofrece a la formación del profesorado son numerosas, y que desarrollar el proceso de enseñanza vinculado a ella requiere del empleo de recursos digitales y tecnológicos. Esto supondrá una mejora en la calidad de los procesos de profesionalización del estudiantado de magisterio. Sin embargo, para que esta situación pueda suceder con éxito, resulta fundamental hacerlo a partir de la creación de ambientes de aprendizaje motivadores, a través de los cuales el alumnado pueda aprender buscando soluciones a los retos que se le planteen, así como de los intentos y fracasos que puedan aparecer (Gomes *et al.*, 2021). También, serán decisivas las habilidades y destrezas

vinculadas con la cooperación, el trabajo en equipo, el diálogo y la comunicación.

## 3. OBJETIVOS

El objetivo general de este capítulo es mostrar el desarrollo de una asignatura dentro de los planes de estudio de los grados en Educación Infantil y en Educación Primaria, la cual se ha apoyado en la perspectiva de la educación STEAM, haciendo uso de diversas herramientas digitales y tecnológicas.

Este objetivo, a su vez, se desglosa en otros objetivos específicos.

### 2.1. Objetivos específicos.

1. Describir la implementación del proceso formativo basado en la complementariedad metodológica de estrategias como: el trabajo por talleres, el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en retos.
2. Exponer las posibilidades que ofrece el uso de la robótica y el diseño y la impresión en 3D, entre otros recursos tecnológicos y digitales, durante la formación inicial del profesorado.
3. Visibilizar la importancia de incorporar la educación STEAM como elemento transversal dentro de los planes de estudios de los grados relacionados con magisterio.

## 4. METODOLOGÍA

Como se mencionó anteriormente, la propuesta que aquí se recoge hace alusión a dos asignaturas sobre recursos didácticos y tecnológicos aplicados al aula, una para el Grado de Educación Primaria, ofertada para el segundo curso y otra para el Grado de Educación Infantil, con alumnado de tercer curso. Ambas materias comparten elementos comunes y contenidos, aunque con la especificidad de cada una de las etapas en las que se centra su aplicación. En concreto, esta experiencia se ha estado desarrollando durante los cursos académicos 2019-2020, 2020-2021 y 2021-2022.

La metodología empleada a lo largo del curso es eminentemente práctica y participativa, incluso, la formación teórica se acompaña de prácticas de aula. Con ello, se busca proporcionar al estudiantado una serie de experiencias que le permita aplicar herramientas tecnológicas y digitales en las aulas donde desarrollen su propia labor como docentes. Es importante señalar que a la hora de seleccionar las herramientas a utilizar se buscan, preferentemente, las catalogadas como herramientas de código abierto o aquellas que son gratuitas, aunque, también, se da al alumnado la libertad para que puedan utilizar aquellas en las que ya tienen dominio en el manejo, siempre que se adapten a los retos planteados y a los resultados esperados.

Otro aspecto a destacar de la metodología empleada reside en el hecho de que se utiliza el aprendizaje colaborativo. El estudiantado trabaja en grupos, de entre tres y seis personas, dependiendo de la tarea. Los grupos son heterogéneos y no son estancos, se van rotando para cada reto o tarea, con el objetivo de que interaccionen con el mayor número posible de compañeros y compañeras.

Por otra parte, el desarrollo de esta experiencia didáctica se ha llevado a cabo desde una complementariedad metodológica, en la que se ha implementado diferentes metodologías. Junto con el aprendizaje colaborativo se ha desarrollado otras estrategias como el trabajo por talleres y el Aprendizaje Basado en Retos (ABR). De estas se puede destacar, por un lado, que a través del ABR el alumnado debe de buscar soluciones a los desafíos que se le plantean y que estos están contextualizados (Fidalgo *et al.,* 2017; Rodríguez-Borges *et al.*, 2021). En este caso, se trata de cuestiones relacionadas con la realidad de las aulas del siglo XXI, como por ejemplo: la creación de un *Escape Room* digital con la finalidad que logren *gamificar* parte de los contenidos presentes en el currículo de Educación Primaria. Es fundamental que personalicen el juego utilizando otras destrezas como la edición de fotografía y vídeo y el uso de aplicaciones y programas destinados a ello con los cuales ya se ha trabajado anteriormente en clase. En el caso del estudiantado del Grado en Educación Infantil, también se trabajan la edición de fotografía, vídeo y audio, así como el uso didáctico de la técnica del croma, tanto en vídeo como en fotografía, para después aplicarlo al uso del cuento, que al estar

enfocado a la etapa de infantil deben de hacerlo muy visual y con un apoyo mínimo en la escritura.

Por otro lado, otra de las metodologías empleadas es el trabajo por talleres. Esta permite trabajar de manera práctica con el alumnado el uso y aplicación de diferentes herramientas tecnológicas y digitales a través de actividades que se realizan en clase con grupos reducidos, aproximadamente, de 20 estudiantes por taller. Las sesiones están organizadas para trabajar en cada una de ellas un recurso concreto, como: el taller de robótica, con el que se persigue que el alumnado conozca qué es un robot y adquiera de conocimientos básicos sobre programación y pensamiento computacional, algo indispensable para el desarrollo de la competencia digital, además, se imparte una formación básica sobre el uso didáctico de la robótica en el aula. Para este taller los recursos elegidos son el kit de lego WeDo 2.0, junto con la aplicación del mismo nombre instalada en Ipads y un tipo de robot diseñados para su uso en Educación Infantil, BeeBot. Con estos talleres los y las estudiantes también manipulan piezas para construir robot.

Para finalizar, cabe señalar otros talleres, además de los de fotografía y vídeo y robótica, mencionados anteriormente, se desarrollan otros para trabajar recursos y destrezas como el diseño de libros digitales interactivos, el uso de la pizarra digital interactiva y el uso de plataformas digitales y el diseño e impresión en 3D, entre otros.

## 5. RESULTADOS

A lo largo de los cursos en los que se ha venido implementando esta experiencia didáctica se ha llevado a cabo un registro de las observaciones realizadas, las cuales han servido para continuar mejorando y readaptando la propuesta a las diferentes necesidades encontradas. A partir de esto, se pueden señalar como resultados principales: en primer lugar, que tanto en el Grado en Educación Infantil como en el de Educación Primaria la capacidad de cooperación mejorada al trabajar las competencias relacionadas con el trabajo en equipo para buscar soluciones conjuntas a los retos planteados. En este sentido, también es importantes destacar que al no ser fijos los grupos de trabajo, sino que se van

rotando a lo largo del semestre, el alumnado tiene la posibilidad de trabajar con personas con las que no estaba habituada a hacerlo con anterioridad, esto hace que los y las estudiantes tengan que poner en juego destrezas de negociación y diálogo con distintos compañeros, ampliando así su red de contactos.

Por otro lado, otro de los resultados encontrados reside en el hecho de que los grupos de trabajo demuestran capacidad de iniciativa y habilidades para el trabajo autónomo, aunque, en ocasiones, han aparecido dificultades para el uso de algunas de las herramientas utilizadas, lo cual demuestra la necesidad una mayor formación en su uso en algunos casos, más tiempo para habituarse al empleo de dicho instrumento y la importancia de crear grupos de trabajo heterogéneos en cuanto a las habilidades y destrezas que muestran, de manera que el alumnado pueda apoyarse entre sí.

También, es importante señalar la capacidad demostrada por el alumnado para resolver problemas y la amplia diversidad de respuestas que se plantean a los diferentes retos, ya que al tener cada grupo libertad para elegir la aplicaciones y programas que utilizar son capaces de adaptar su elección en base al producto final que persiguen así como a sus destrezas y conocimiento de las herramientas utilizadas. Además, de las respuestas ofrecidas es destacable la creatividad y originalidad presente en ellas.

Por otra parte, la presentación de las actividades como retos o desafíos hace que se demuestre una mayor motivación por el trabajo, tanto entre el alumnado del Grado en Educación Infantil como en el de Educación Primaria, mostrando una mayor tendencia a la búsqueda de la excelencia en la presentación de los trabajos y, aunque no todos los trabajos la alcanzan, sí que se manifiesta una alta motivación generalizada y un mayor interés por el desarrollo de la competencia digital. Por otro lado, al trabajar en grupos heterogéneos, que van cambiando de componentes, todos acaban mostrando una tendencia a la uniformidad a la hora de llevar a cabo las diferentes tareas encomendadas.

Otra de las similitudes que se han encontrado entre los resultados de la formación en ambos grados está en la mejora de competencias relacionadas con la planificación y organización de la enseñanza, así como la

capacidad para adaptarse a los diferentes problemas y desafíos que se le han planteado. Sin embargo, sí se han hallado algunas diferencias entre el estudiantado de Educación Infantil y el de primaria, por ejemplo: es habitual que en el grado de infantil el alumnado utilice de manera simultánea y complementaria recursos tecnológicos y digitales con otros más tradicionales y analógicos (disfraces, marionetas, etc.) para dar respuesta a los problemas planteados. Por el contrario, en lo grupos de primaria se recurren más a recursos digitales y se ciñen más al uso exclusivos de estos para dar solución a los retos que se le proponen.

Para finalizar, cabe señalar también que aunque se demuestra una mejora en las habilidades relacionadas con la innovación y la creatividad, el alumnado también ha mostrado un mayor compromiso ético en relación a los derechos de autoría, tomando conciencia de la importancia de conocer los permisos y licencias de los programas y herramientas que utilizan y del uso que hacen de ellas.

## 6. CONCLUSIONES

Para concluir este capítulo son varias las cuestiones que sobre las que nos debemos de detener. En primer lugar, cabe destacar que a lo largo de los cursos en los que se viene desarrollando esta experiencia didáctica, en ambos grados hay un porcentaje muy elevado de mujeres, aunque es en el grado de educación infantil donde las aulas están más feminizadas, superando siempre el 90% del total del estudiantado matriculado en la asignatura. En relación con esto, la incorporación de las disciplinas STEAM en la formación inicial del profesorado permite que se produzca un acercamiento a dichas áreas por parte del alumnado, rompiendo la brecha de género presente en las disciplinas científico-tecnológicas. Esto sumado a la feminización de la enseñanza dará lugar a una mayor visibilización de las mujeres en ámbito científico-tecnológico, haciendo que aumente los referentes femeninos en este campo (Martín *et al*., 2022; Melo, 2019).

Por otro lado, introducir esta perspectiva en los procesos educativos supone una actualización de los mismos, ya que favorecen la adquisición de competencias necesarias para la sociedad del siglo XXI. En este

sentido, Gomez *et al*. (2021) destacan que este enfoque ayuda al desarrollo de habilidades vinculadas con la creatividad y la innovación y favorece la capacidad de pensamiento crítico, así como el razonamiento lógico. Todo esto se convierte en algo imprescindible en la formación de los jóvenes que deben de enfrentarse a un modelo de sociedad líquida en constante cambio. En este capítulo se toma en especial consideración que el alumnado que actualmente está en formación deberá de hacer frente a esta realidad en las aulas del mañana.

En línea con esto, el enfoque STEAM posibilita la incorporación de elementos transformadores a la educación, al mismo tiempo que integra de manera transversal las materias científico-técnicas a las artísticas y lo hace desde una perspectiva interdisciplinar (Santillán- Aguirre *et al*., 2020). Esto solamente puede llevarse a cabo si se produce un cambio en los métodos de enseñanza, de manera que se favorezca el aprendizaje activo y experimental. El hecho de recurrir a metodología como el ABR hacen, además, que la adquisición de conocimientos y destrezas se lleve a cabo de una manera contextualizada. Es clave para este enfoque educativo que el aprendizaje se haga desde la indagación y desde la búsqueda de soluciones a problemas reales (Santillán- Aguirre *et al*., 2021), en este caso aquellos vinculados con la planificación y la organización de la enseñanza dentro del aula.

Por último, otro de los aspectos claves de la experiencia didáctica aquí recogida reside en el hecho de trabajar la educación STEAM a partir del uso de recursos tecnológicos, aplicados al aula. En este sentido, Arabit y Prendes (2020) destacan la vinculación entre el uso de las Tecnologías de la Información y del Conocimiento (TIC) la adquisición de la competencia digital y el enfoque STEAM, y como esta simbiosis supone un ejemplo de innovación educativa, que al mismo tiempo prepara al alumnado para hacer frente a los desafíos que la Sociedad del Conocimiento plantea.

## 7. REFERENCIAS


Arabit García, J. y Prendes Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 57, 107-128

Casado Fernández, R. y Checa Romero, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Píxel-BIT Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672

Ferrada-Ferrada, C., Carrillo Rosúa, J., Díaz Levicoy, D. y Silva Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the knowledge society,* 21, 1-18. https://doi.org/10.14201/eks.22036

Fidalgo Blanco, A., Sein-Echaluce Lacleta, M. L. y García Peñalvo, F. J. (2017). Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 25, 1-8

Gomes da Silva, D., Rejane de Souza, M. y Barrera Kalhil, J. (2021). Habilidades esenciales para el siglo XXI a través de la educación STEM. *Latin-American Journal of Physics Education 15*(1). 1-5

López Simó, V., Couso Lagarón, D. y Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *RED. Revista de Educación a Distancia, 20* (62), 1-29. http://dx.doi.org/10.6018/red.410011

Martín Carrasquilla, O., Santaolalla Pascual, E. y Muñoz San Roque, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM. *Revista de Educación*, 396, 151-175. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533

Melo, M. (2019). Hacia una enseñanza STEM Educación y Género sin estereotipos de género. *Mamakuna: Revista de divulgación de experiencias pedagógicas*, 12, 56-63.

Pérez García, F. (2010). Alfabetización digital del profesorado: herramientas educativas. *Revista DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 16, 1-8

Rodríguez-Borges, C. G., Pérez Rodríguez, J. A., Bracho Rodríguez, A. M., Cuenca Álava, L. A. y Henríquez Coronel, M. A. (2021). Aprendizaje Basado en Retos como estrategia enseñanza-aprendizaje de la asignatura resistencia de los materiales. *Dominio de las Ciencias*, *7*(3), 82-97

Santillán-Aguirre, J. P., Jaramillo-Moyano, E. M., Santos-Poveda, R. D. y Cadena-Vaca, V. C. (2020). STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior. *Polo del Conocimiento, 5* (8), 467-492. DOI: 10.23857/pc.v5i8.1599

Santillán-Aguirre, J. P., Santos-Poveda, R. D. y Jaramillo-Moyano, E. M. (2021). STEAM "Educación para el sujeto del siglo XXI". *Dominio de las Ciencias*, *7*(4), 1461-1478. http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2181

Serantes-Pazos, A., DePalma, R., Digón-Regueiro, P., Méndez-García, R.M., Cruz- López, L. y Barba-Núñez, M. (2021). Por una educación para la ciudadanía global ¿desde un enfoque STEM? *Didacticae*, 10, 1-3. https://doi.org/10.1344/did.2021.10.1-3

Verastegui Martínez, M. (2019). La feminización de la enseñanza en España: ¿un objeto de estudio obsoleto? *Revista de Estadística y Sociedad*, 73, 28-31

CAPÍTULO 30

# LA CALIDAD EN LA FORMACIÓN MEDIADA POR TECNOLOGÍAS

MARCELA ADRIANA TAGUA
*Universidad Nacional de Cuyo-Argentina*

## 1. INTRODUCCIÓN

La dificultad para definir el concepto de calidad genera contradicciones en las instituciones universitarias que desarrollan programas de formación virtual. Resulta necesario plantear este problema como requisito previo a la evaluación como así también la aplicación de estándares de calidad comunes a todas ellas. Un aspecto clave en la política institucional es promover la innovación tecnológica en lo educativo, unido directamente a ello está la construcción del marco normativo de la educación superior en relación con la virtualidad.

Los enfoques estáticos no son válidos para evaluar programas de educación virtual que se caracterizan justamente por el dinamismo en sus propuestas de formación, la normativa debe considerar esta característica distintiva y esencial de la modalidad.

La universidad es parte de la preocupación existente entre los organismos de estandarización para unificar criterios y proponer normas y guías universalmente aceptadas que aseguren la calidad de los productos elaborados y de los servicios realizados en cualquier ámbito, bajo esta perspectiva resulta ineludible la necesidad de indagar acerca de la existencia de normas que, a nivel internacional, certifican la calidad de los procesos de las ofertas realizadas en línea y las posibilidad de su aplicación.

En la evaluación interna, cabe destacar la necesidad de distinguir la calidad de los procesos del área de innovación, lo cual implica establecer los procesos generales y específicos de acuerdo con modelos de calidad vigentes como así también los procedimientos que permitan alcanzar los

objetivos propuestos. Otro aspecto para considerar es la calidad de los proyectos educativos generados, con su especificidad en cuanto al diseño pedagógico, evaluación, acreditación y certificación. La evaluación externa debe basarse en la propuesta de enseñanza y aprendizaje, en la calidad de los contenidos y estrategias metodológicas, sin olvidar el contexto en el que se enmarcan dichas propuestas. Con relación a los criterios, es menester que los mismos trasciendan lo meramente mensurable.

La calidad y pertinencia permiten repensar la universidad, el uso de las TIC aparece integrado sistémicamente, con énfasis en la adecuación y uso de los estándares. En la búsqueda de la certificación internacional de los procesos específicos de los sistemas de formación en línea se sustenta la necesidad de fomentar una cultura de la calidad, desde un proceso permanente y vivencial, tomando la calidad como una posibilidad de mejora continua y la consideración de modelos lo suficientemente dinámicos para adecuarse a los cambios. La innovación tecnológica debe estar directamente relacionada con el proyecto educativo, resulta imprescindible adecuar los procesos para que éstos sean eficientes y repercutan positivamente sobre las ofertas educativas.

El marco de esta área temática se vislumbra de interés científico ya que, si bien las propuestas y experiencias de educación a distancia son numerosas, no lo son tanto los resultados obtenidos desde un enfoque de calidad.

## 2. CALIDAD EN LA FORMACIÓN MEDIADA POR TECNOLOGÍA

### 2.1. CONCEPTUALIZACIÓN

De acuerdo con lo establecido por la UNESCO en la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, en el documento “La educación encierra un tesoro”, desde hace varias décadas se señalaba que “cada universidad debería volverse –abierta- y dar la posibilidad de aprender a distancia, en el espacio y en distintos momentos de la vida…” (Delors, 1996) . Observamos el énfasis puesto en esta modalidad de

formación, frente a la cual la universidad en su conjunto tiene planteado nuevos rumbos y desafíos.

La implantación del e-learning en todos los ámbitos educativos y formativos no ha sido tan rápido como se esperaba a principios del 2000, no solo en Europa, sino en todo el mundo, y justamente uno de los temas más cuestionados recae en la evaluación de la calidad de la oferta educativa. Resulta esperanzador para América Latina el paso dado por universidades que han permitido corregir algunos problemas tales como: (1) falta de normas para regular propuestas y estimular buenas prácticas; (2) tendencia a reproducir en la educación en línea prácticas educativas tradicionales de la universidad presencial; (3) desconfianza sobre la educación no presencial; (4) problemas de autores y académicos en relación a la propiedad intelectual y a los derechos de autor; (5) bajo nivel de cooperación interinstitucional; y (6) ausencia de acuerdos internacionales sobre reconocimiento e intercambio de grados y créditos académicos.

De acuerdo con Sendle y Gutierrez, cuando se habla de calidad no se hace referencia a aplicar normativas internacionales aprobadas por los países, o agregar horas de clases o exámenes, "la calidad es un cambio profundo en la manera de pensar, de programar, de evaluar, de ´sentir´ la educación" (2005, p.9).

Leonor González Menorca (cit en Trabaldo, S, 2012, p.25) sostiene que una formación virtual de calidad debe responder a unos requerimientos técnicos y metodológicos que satisfagan las necesidades de los usuarios, es decir que proporcione la posibilidad de consultar materiales didácticos de calidad –materiales que le aporten conocimientos y no solo información– y medios estables para comunicarse con los directores, tutores y/o profesores de los cursos. En este sentido, la calidad de la formación virtual se relaciona con la gestión de tres tipos de procesos relacionados con los destinatarios, con la gestión de los contenidos de aprendizaje y con la gestión del aprendizaje.

La autora entiende por calidad, "en primer lugar el grado de satisfacción que ofrecen las características del producto y el servicio e-learning ofertado con relación a las necesidades, exigencias y expectativas de los

grupos de interés, como así también el conjunto de todas las propiedades y características del producto y servicio e-learning que son apropiadas para cumplir las exigencias del mercado formativo al que va destinado y el grado de adecuación del producto y servicio e-learning a las expectativas del usuario o a ciertos parámetros tecnológicos o científicos expresados mediante normas concretas". De esta manera, para la autora, "hablar de e-learning no solo es lo que es, sino que también influye el cómo se hace, su manera de proyectarse o relacionarse con su entorno y grupos de interés. Lo que lleva a no fijarse exclusivamente en los aspectos técnicos, sino que debe existir una interacción con las dimensiones organizativas, los contenidos y las estrategias metodológicas de enseñanza-aprendizaje".

Conforme al Informe 2012 de Educación Superior en Iberoamérica, "el aseguramiento de la calidad no es un fin, sino un medio, y por consiguiente debe organizarse y definirse de tal manera que permita a las instituciones optimizar los procesos de toma de decisiones, efectuar los cambios que resulten necesarios y mejorar sus mecanismos de gestión". La consecuencia principal de este enfoque es la necesidad de que las agencias tengan claridad acerca de los desafíos que enfrenta la educación superior, y se hagan cargo de ellos al momento de diseñar sus propios criterios y procedimientos de evaluación. Si los mecanismos se rigidizan, son demasiado conservadores, o no consideran los cambios en el contexto social y en las demandas que se formulan a la educación superior pueden hacer que la calidad, entendida como una respuesta pertinente a los requerimientos de la comunidad académica, disciplinaria o profesional por una parte, y a las necesidades sociales por otra, sea imposible.

Por su parte, la norma ISO (9000:2000) define a la calidad como "la capacidad de un conjunto de características intrínsecas para satisfacer requisitos".

Surge que la calidad es más que una definición o un propósito. Se trata de contar con un modelo que sirva de referencia para evaluar y mejorar, partiendo de una situación inicial que permita conocer dónde estamos, y acciones de mejora.

En relación con ello, es importante diferenciar estos tres conceptos:

– Evaluar

Proceso mediante el cual se recogen evidencias cuantitativas y cualitativas de forma sistemática para poder tomar decisiones de mejora.

– Acreditar

Proceso que se centra en verificar el cumplimiento de estándares establecidos previamente.

– Certificar

Proceso de evaluación externa que es solicitado voluntariamente por la unidad a evaluar, que determina el cumplimiento de un conjunto de especificaciones previamente establecidas

Para medir la calidad se utilizan los indicadores. De acuerdo con Mondragón Pérez, R. (2002, p.52), al hablar de indicadores se hace referencia a "Herramientas para clarificar y definir, de forma más precisa, objetivos e impactos (...) son medidas verificables de cambio o resultado (...) diseñadas para contar con un estándar contra el cual evaluar, estimar o demostrar el progreso (...) con respecto a metas establecidas, facilitan el reparto de insumos, produciendo (...) productos y alcanzando objetivos".

Tal como sostienen Hilera y Hoya (2010, p. 32), es necesario establecer estándares de e-learning ya que "uno de los grandes problemas aún sin resolver de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación, es la falta de una metodología común que garantice los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad y reutilización de los materiales didácticos basados en Web". Se observa que en las propuestas de e-learning, no siempre resulta posible la transferencia de contenidos y justamente, desde los estándares es posible encontrar la manera de flexibilizar los sistemas que permite la interoperabilidad y usabilidad que doten de mayor flexibilidad a las soluciones de aprendizaje virtual, no solo a lo referido al contenido como a la infraestructura. Los estándares permiten facilitar recursos y contenidos, para estudiantes como así también para los desarrolladores.

## 2.2. ORGANIZACIONES QUE ELABORAN ESTÁNDARES DE CALIDAD EN EL ÁMBITO DE LA FORMACIÓN VIRTUAL: EL ESTÁNDAR UNE66181 EN ESPAÑA

Entre las organizaciones que elaboran estándares de calidad en el ámbito de la formación virtual podemos mencionar:

- **ISO (**International Organization for Standardization)
- **CEN** (European Committee for Standardization)
- **AENOR** (Asociación Española de Normalización y Certificación)
- **EFQUEL (**European Foundation for Quality in eLearning)
- **EFQM (**European Foundation for Quality Management)
- **QAA (**Quality Assurance Agency for Higher Education)

La norma "**UNE 66181 Calidad de la formación virtual**" es el primer estándar específico sobre evaluación de la calidad de la formación virtual, publicada la última versión en julio de 2012 por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), con el objetivo de ofrecer una guía para identificar las características de las acciones formativas virtuales, de forma que los compradores de formación virtual puedan seleccionar los productos que mejor se adapten a sus necesidades y expectativas, y que los suministradores puedan mejorar su oferta y con ello la satisfacción de sus clientes o alumnos. Con ello, se pretende reducir el posible diferencial existente entre las expectativas de los clientes y su nivel de satisfacción y, por tanto, el mercado de la formación virtual ganará en fiabilidad y credibilidad, reduciéndose el riesgo de compra para el consumidor y propiciando el mercado de productos garantizados por profesionales de la formación virtual.

Esta norma brinda las directrices para la identificación de las características que definen la calidad de la formación virtual con relación a los potenciales clientes o compradores. Establece un sistema de indicadores de calidad, así como una escala de cinco niveles de calidad para cada uno de los factores identificados. Los niveles de calidad se presentan en

una graduación que va desde el nivel 1 “inicial” al nivel 5 “excelente”, con objeto de que los clientes y usuarios posean mayor información sobre la oferta formativa y pueda ser comparada.

El estándar está orientado para su aplicación en el caso de la enseñanza virtual no reglada, aunque por su generalidad puede extenderse su uso a otros sistemas educativos, incluido el universitario, en los que se lleven a cabo acciones de formación virtual, tanto en modalidad de autoformación, teleformación, o formación mixta.

Desde la Universidad de Alcalá, Hilera y Hoya (2010) sugieren que la norma UNE 66181 podría aplicarse en los estudios de grado según las siguientes condiciones:

Considerar solo aquellos estudios que incluyan asignaturas en modalidad de impartición virtual, en cualquiera de sus tres variantes: Autoformación, teleformación, formación mixta.

- Ofrecer los metadatos a nivel de asignatura: Título, objetivos, tipo formación, dedicación, software, hardware.
- Evaluar la calidad de solo dos de los tres factores de satisfacción a nivel de asignatura: FACILIDAD DE ASIMILACIÓN y ACCESIBILIDAD.
- Evaluar opcionalmente el factor EMPLEABILIDAD, a nivel del estudio de grado en su conjunto.

La norma UNE 66181 podría aplicarse en los estudios de posgrado según las siguientes condiciones:

- Considerar solo aquellos estudios de posgrado en modalidad de impartición virtual, en cualquiera de sus tres variantes: Autoformación, teleformación, formación mixta.
- Ofrecer los metadatos a nivel de asignatura: Título, objetivos, tipo formación, dedicación, software, hardware.
- Evaluar el nivel de calidad de los tres factores de satisfacción a nivel de Estudio en su conjunto: FACILIDAD DE ASIMILACIÓN, ACCESIBILIDAD y EMPLEABILIDAD.

Estos niveles mínimos prácticamente coinciden con los exigidos por AENOR para la certificación de cursos según esta norma. Al igual que ocurre con la certificación, en el caso de aplicar la norma en Estudios de Educación Superior, la propuesta también incluiría la necesidad de implantar en el Campus Virtual un mínimo sistema de gestión de la calidad que incluya, al menos, los procedimientos documentados establecidos por AENOR en la certificación, para:

- El mantenimiento y la revisión de los estudios virtuales para asegurar que siguen cumpliendo los requisitos de la norma.
- La retroalimentación de los alumnos, manteniendo un sistema para recoger sugerencias que sirvan para la mejora de los estudios virtuales.
- El tratamiento de los reclamos de los alumnos en relación con los cursos o certificados, manteniendo registros de los mismos, de su análisis y de las acciones tomadas.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. General

- Proponer un modelo de evaluación de la calidad de la formación virtual.

### 3.2. Específicos

- Analizar y comprender los modelos que permiten evaluar la formación virtual en educación superior.
- Indagar sobre los modelos de excelencia y reconocimiento para la calidad en la formación virtual, como herramientas de calidad para las organizaciones que imparten formación virtual.
- Comparar los modelos y estándares de calidad para medir, analizar y certificar la calidad de la formación virtual.

## 4. METODOLOGÍA

El modelo de esta investigación se sustenta epistemológicamente en el paradigma interpretativo que postula que toda labor de cultura es una interpretación, donde se enfatiza la importancia de la comprensión de los fenómenos, tanto en su globalidad como en sus contextos particulares, se considera que todos los procesos sociales poseen una naturaleza dinámica y simbólica. Desde este enfoque, los significados deben ser comprendidos mediante el análisis de las intenciones del sujeto y en relación con el contexto en el cual se producen. A partir de la definición de Denzin y Lincoln (1994) citado por Rodríguez, Gil Flores y García Jiménez (1996) los investigadores cualitativos estudian la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de, o de interpretar, los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas.

De acuerdo con Stake (1995), el objetivo de la investigación cualitativa es la comprensión, centrando la indagación en los hechos y en la comprensión de las complejas interrelaciones que se dan en la realidad. Se destaca asimismo el papel personal que adopta el investigador desde el comienzo de la investigación interpretando los sucesos, el investigador no descubre, sino que construye el conocimiento como síntesis de su perspectiva. Desde este enfoque lo que se espera es una descripción densa y una comprensión experiencial.

La tradición metodológica es investigación-acción e investigación evaluativa. La investigación acción propone mejorar la educación mediante su cambio y aprender a partir de las consecuencias de los cambios, es una forma de búsqueda e indagación realizada por los participantes acerca de sus propias circunstancias, es un proceso sistemático de aprendizaje, induce a las personas a teorizar acerca de sus prácticas con énfasis en la reflexión crítica de todos los participantes. La investigación evaluativa posibilita emitir juicios de valor fundamentados acerca de programas y proyectos educativos, a partir de información relevada en forma rigurosa mediante procedimientos de investigación social, tiene un papel preponderante en los procesos de evaluación dirigidos a la mejora de realidades cambiantes que evolucionan de forma constante y

acelerada. Dentro de las perspectivas de investigación evaluativa, las cuales adoptan diferentes métodos de evaluación, se asume la perspectiva interpretativa, pretendiendo alcanzar una comprensión del fenómeno bajo estudio dentro de su contexto, recuperando la voz de los participantes.

Asimismo, se hará uso del análisis documental que informa de la particularidad de las situaciones, permitiendo ahondar en la realidad concreta objeto de investigación. Los materiales documentales pueden tener una intencionalidad explícita –documentos que fueron construidos para registrar determinados hechos- o implícitos –documentos que no fueron elaborados para tal finalidad-.

Desde este trabajo, se sostiene la necesidad de la complementariedad de ambas perspectivas cualitativa y cuantitativa, en el sentido de introducir dos métodos en el escenario de una misma investigación. De acuerdo con ello se considera que el relevamiento de datos cualitativos se utilice en forma conjunta con el manejo de técnicas cuantitativas de recolección de datos -encuestas- incorporando la estadística descriptiva como herramienta para el análisis de estos.

## 5. A MODO DE CONCLUSIÓN

La presente publicación refiere a una investigación en proceso, no se comparten aún resultados que están en etapa de recopilación y análisis. A pesar de ello, se puede avizorar que, en la búsqueda de la calidad, repensamos la universidad, el uso de las TIC aparece integrado sistémicamente. Frente a ello, el énfasis está puesto en la adecuación y uso de estándares buscando la certificación internacional de los procesos específicos de los sistemas de e-learning, se sustenta la necesidad de fomentar una cultura de la calidad, desde un proceso permanente y vivencial, tomando la calidad como una posibilidad de mejora continua y la consideración de modelos lo suficientemente dinámicos para adecuarse a los cambios.

El desenvolvimiento en el contexto internacional genera también nuevos desafíos, frente a ello surge la necesidad de conservar los atributos esenciales de cada institución. La autonomía no implica aislamiento sino

presencia en el ámbito nacional e internacional, fortalecimiento de los valores culturales y de la propia identidad como naciones, pero abiertas al diálogo intercultural y a la comunidad académica internacional.

Se observa que la cotidianeidad y el proceso de integración exponencial que están teniendo las tecnologías en todos los campos, ha provocado y está provocando cambios cada vez más significativos en las formas de enseñanza y aprendizaje. Desde esta investigación se pretende realizar un aporte centrado en los modelos de calidad de la formación virtual con transferencia directa a los actores implicados en el contexto de la universidad y la sociedad.

## 6. REFERENCIAS


Delors (1996) La educación encierra un tesoro. Informe UNESCO en la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI.

Hilera J., Hoya R. (2010). Estándares de e-learning: Guía de consulta. Universidad Alcalá de Henares. https://bit.ly/3RkK8pL

Mondragón Pérez, R. (2002) ¿Qué son los indicadores? Revista de Formación y análisis Nº 19. https://bit.ly/3cANDd9

Sendle, A. y Gutierrez, N. (2005). Calidad en los servicios educativos. Diaz de Santos.

Stake, R. (2006). Evaluación comprensiva y evaluación basada en estándares. Graó.

Trabaldo, S. [et al.] (2012). 10 años de vivencias en educación virtual. 1a ed. Net-Learning.

UNESCO (2003). Forum Occasional Paper Series Paper nº 3/s. La Ciencia y la Educación Superior en el Proceso de Internacionalización. Elementos de un Marco Conceptual para América Latina. https://bit.ly/3AyNdvU

UNESCO (2004). Educación Superior en una Sociedad Mundializada. Documento de orientación. https://bit.ly/3AZCoUY

UNE66181:2012. Gestión de la calidad. Calidad de la formación virtual. AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación. (Licencia para un usuario)

# LA UNIVERSIDAD COMO PLATAFORMA PARA LA PROMOCIÓN DEL TALENTO FEMENINO: "SOFT SKILLS", STEM E INNOVACIÓN

MARÍA C. LATORRE MUÑOZ
*Universidad Complutense de Madrid*

Mª ÁNGELES MEDINA SÁNCHEZ
*Universidad Complutense de Madrid*

Mª JESÚS SEGOVIA VARGAS
*Universidad Complutense de Madrid*

ARÁNZAZU HERVÁS ESCOBAR
*Universidad Rey Juan Carlos*

## 1. INTRODUCCIÓN

En este mundo cambiante, digital y tecnológico entendemos que el talento femenino tiene no sólo mucho que aportar, sino que dicha aportación es esencial. De hecho, los indicadores de la Unión Europea ponen de manifiesto que los índices de participación en estudios universitarios se han invertido, y los hombres están pasando a ser minoría. En este sentido, en los países de la Unión Europea, en el año 2019, el porcentaje de mujeres graduadas en educación superior es mayor que el porcentaje de hombres graduados, excepto en Alemania y Grecia (INE, 2021).

Sin embargo, como es bien conocido, en muchas disciplinas y salidas profesionales la mujer queda por detrás, por distintos motivos. En la Unión Europea la proporción en que participan en estudios STEM (según su acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics) es muy inferior al 50%, situación que también ocurre en otras partes del mundo (Salmi et al., 2016; Sainz y Müller, 2018). Así, algunos estudios señalan el problema de la autopercepción negativa, como la falta de confianza en muchas mujeres sobre sus

habilidades en matemáticas, que se considera como el principal motivo de la baja tasa de matriculación de las mujeres en estudios STEM. Por lo tanto, se establece una relación entre la autonomía o el grado de autoconfianza y la elección de tales estudios (Pinto et al., 2015).

Conscientes de ello un equipo multidisciplinar formado por profesoras de las Facultades de Estudios Estadísticos, Matemáticas y Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC), hemos puesto en marcha un plan de actuaciones. Se trata de una iniciativa piloto, que pretende crear una red inicial de profesoras que consideran crucial promover el talento y potencial femenino entre su estudiantado. El objetivo principal de esta red de innovación es capacitar mejor tanto al profesorado, como al estudiantado femenino para ampliar horizontes, desvelar talentos, dotar de mejores herramientas y promover una mejor inserción laboral para las estudiantes de sexo femenino. Además, buscamos favorecer el hecho que las estudiantes egresadas se interesen por una carrera científica, evitando el abandono y desazón que sufren en etapas de postgrado.

En definitiva, se trata de incorporar elementos innovadores en la docencia regular de profesoras de distintas disciplinas, que vayan especialmente orientados a la promoción femenina, y a la vez, desarrollar con las estudiantes una serie de iniciativas que amplíen su proyección profesional. La Unión Europea, en el Artículo 23 de su carta de derechos fundamentales afirma que: “El principio de igualdad no impide el mantenimiento o la adopción de medidas que supongan ventajas concretas en favor del sexo menos representado”.

Dentro de este cometido, y en lo que se refiere a la presencia de las mujeres en las áreas STEM o en capacidades relacionadas con esas áreas, es clara la necesidad de potenciar el talento femenino. Por otra parte, siempre ayudará a una mejor inserción laboral la capacitación en otras habilidades transversales, que podemos englobar en lo que se ha venido a llamar “soft skills”. Algunos ejemplos de estas capacidades son: flexibilidad para trabajar en equipo, destreza en la negociación y en la toma de decisiones, facilidad para relacionarse, comunicarse y liderar un proyecto, habilidad para la resolución de problemas y capacidad de

planificar tareas, aptitud para adquirir y procesar de forma correcta la información de un servicio o proyecto... etc. Finalmente, la capacitación para el emprendimiento es semilla de innovación y aportación de valor añadido para la sociedad.

## 2. OBJETIVOS

El proyecto, iniciado en septiembre de 2021, persigue desde distintos ángulos un triple objetivo: 1) El fomento de la capacidad femenina en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, o STEM o lo que podríamos denominar reducción de la brecha de género en las disciplinas STEM; 11) La promoción de una formación transversal, denominada "soft skills". En otras palabras: "soft skills en la promoción del talento femenino en las disciplinas STEM; 111) El impulso de las competencias en emprendimiento entre las mujeres que están en el mundo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

### 2.1. Fomento de la capacidad femenina en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM).

La situación mundial actual nos lleva a considerar el desarrollo sostenible como una prioridad para el futuro de la humanidad. Los esfuerzos por definir y concretar cómo conseguirlo llevaron en el año 2025 a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a establecer 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), implementados a través de 169 metas o aspiraciones que continuaron la labor de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, ODM (Naciones Unidas, 2000). Entre los 17 objetivos hay dos que se relacionan directamente con este primer objetivo de nuestro proyecto, concretamente el objetivo 4 (Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos) y el objetivo 5 (Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas). Específicamente creemos que las siguientes líneas de actuación del objetivo 5 van muy relacionadas con la finalidad de nuestro trabajo: Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública; Mejorar el uso de la tecnología instrumental, en particular la

tecnología de la información y las comunicaciones, para promover el empoderamiento de las mujeres (Naciones Unidas, 2000).

Es necesario destacar, que las disciplinas STEM son el pilar sobre el que se fundamenta el desarrollo sostenible que configura la Agenda 2030. Por lo tanto, la formación en estas asignaturas puede proporcionar a quienes las estudian, los conocimientos, las habilidades, las actitudes y las conductas necesarias para crear sociedades inclusivas y sostenibles. Sin embargo, se estima, por ejemplo, que el 28% de todos los investigadores en el mundo son mujeres (UNESCO, 2019 p.4). Esta diferencia se observa en muchos ámbitos (política, puestos directivos, etc.), pero llama la atención que se dé en las disciplinas STEM y no es algo casual: son demasiadas las niñas que se ven impedidas de avanzar por causa de la discriminación, los sesgos, las normas sociales y las expectativas que impactan en la calidad de la educación que reciben y en las disciplinas que estudian…. La falta de representación que afecta a las niñas en las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) está profundamente enraizada y frena su progreso hacia el desarrollo sostenible (UNESCO, 2019 p.4).

Por lo tanto, un objetivo fundamental de este proyecto y de todas sus líneas de actuación es poner en marcha iniciativas encaminadas a mejorar la menor participación y el rendimiento académico de las estudiantes femeninas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

### 2.2. Promoción de una formación transversal, denominada "soft skills".

No hay una definición unánime sobre lo que se entiende por "soft skills". De hecho, una revisión de la literatura pone de manifiesto diferentes definiciones que en algunos casos llegan a contradecirse (Matteson et al. 2016). Parente et al. (2012) definen como "soft skills" aquellas habilidades de gestión de personas y detallan una lista en la que se incluyen capacidades como las siguientes capacidades: la comunicación clara y la retroalimentación significativa, la resolución y/o la gestión de conflictos y la comprensión del comportamiento humano en entornos de grupo.

No son los únicos autores que detallan listas de capacidades que se incluyen como “soft skills”, pero al igual que ocurre con las definiciones, la literatura pone de manifiesto que existen solapamientos entre las listas de “soft skills”. Así, la sociabilidad, la autogestión, las habilidades de comunicación, la ética, la sensibilidad a la diversidad, las habilidades de trabajo en equipo, la resolución de problemas o la capacidad de pensamiento crítico, las competencias de servicio al cliente, la inteligencia emocional y las habilidades de liderazgo son algunas de las competencias o habilidades más comunes y representativas en las distintas listas.

Kim et al. (2011) y Mitchell et al. (2013) basándose en un informe del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos sobre la preparación de los estudiantes para las exigencias del lugar de trabajo destacan tres amplias categorías de habilidades sociales:

- Habilidades interpersonales, como la capacidad de trabajo en equipo y la capacidad de atención al cliente;
- Habilidades de pensamiento, como la toma de decisiones y el saber aprender.
- Habilidades personales, como la sociabilidad y la autogestión.

Esta amplia clasificación pone de manifiesto que tampoco existe una lista consensuada sobre las competencias que se encuadran en las “soft skills” y no existe un conjunto universal de habilidades blandas formalmente acordado.

En cualquier caso, el desarrollo de “soft skills” para las mujeres que desarrollan estudios STEM o inician su carrera profesional en el ámbito STEM es clave para su futuro. Así el reciente estudio desarrollado por Melin & Correll (2022) pone de manifiesto que las mujeres abandonan los campos STEM en mayor proporción que los hombres. La pandemia del COVID-19, lejos de reducir la tendencia, ha tenido el efecto contrario aumentando el problema. En consecuencia, la vuelta a la normalidad ha aumentado la brecha de género y es importante que se tomen acciones que promuevan retener la fuerza de trabajo femenina en los campos STEM. Este estudio pone de manifiesta que la mejora en las “soft skills” de las mujeres contribuye a mejorar la confianza de éstas, convirtiéndose

en una importante predictor de la retención en el lugar de trabajo entre las mujeres. Por tanto, el estudio concluye sugiriendo la importancia del desarrollo de "habilidades blandas" para las mujeres que inician su carrera STEM.

En consecuencia, una de las vías de actuación del presente proyecto se ha centrado en la formación tanto de profesoras como de alumnas universitarias en "soft skills".

### 2.3. Impulso de las competencias en emprendimiento entre las mujeres que están en el mundo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

El emprendimiento es un concepto amplio que es estudiado desde diversas disciplinas como son la economía, la psicología, la sociología y la antropología. De las numerosas definiciones sobre lo que es el emprendimiento destacamos la de Shane y Venkataraman (2000), que afirma "las oportunidades de emprendimiento son aquellas situaciones en las que nuevos bienes, servicios, materias primas y métodos de organización, pueden ser vendidos e introducidos a un precio mayor que sus costos de producción" (Shane y Venkataraman, 2000, p. 220). En consecuencia, el emprendedor es quien hace posible que esas oportunidades sean acometidas. Mención especial merece el emprendimiento social, y por ende, la figura del emprendedor social, sobre el que no existe una definición generalmente aceptada. Hay que tener en cuenta que lo que diferencia a un emprendedor social de otros emprendedores estriba precisamente en el calificativo social. Por lo tanto, un emprendedor social crea un negocio para tratar de satisfacer una necesidad social y la viabilidad de este es clave para lograr los objetivos sociales (Melián et al., 2011). Es decir, un emprendedor social posee dos características intrínsecas: el emprendedor social crea soluciones económicamente sostenibles y da repuesta a problemas sociales. El emprendimiento social se suele materializar en las denominadas empresas sociales. La Comisión Europea (2011) definió a las empresas sociales como un agente de la economía social, cuyo objetivo principal es tener un impacto social en lugar de obtener un beneficio para sus propietarios o accionistas. Este agente opera proveyendo de bienes y servicios al mercado de una

manera emprendedora e innovadora y utiliza sus beneficios principalmente para alcanzar objetivos sociales. Se gestiona de manera abierta y responsable y, en particular, implicando a empleados, consumidores y a los grupos de interés relacionados con sus actividades comerciales.

Dado que tradicionalmente las mujeres manifiestan un mayor interés por las denominadas empresas sociales, aprovecharemos para fomentar las actitudes que favorezcan el emprendimiento sobre todo en todo lo que incluya el emprendimiento social.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Vía De Actuación I: Formación De Profesoras

Este plan se concibe como una iniciativa innovadora y piloto de creación de una red de formación del profesorado. El grupo de profesoras de distintas Universidades que conforman el equipo inicial han organizado:

#### 3.1.1. Seminario piloto de formación del profesorado

Se trata de un seminario que ofrezca herramientas que permitan al profesorado de distintas disciplinas incorporar elementos en la docencia habitual para favorecer la inclusión de las mujeres en el campo de las STEM, fomentando y fortaleciendo esas competencias STEM.

El seminario fue impartido por la Profª. Dra. Aranzazu Hervás Escobar (URJC) experta en la promoción del talento STEM. Su papel fue iluminar cómo motivar e incorporar capacidades STEM en disciplinas no directamente relacionas con esas áreas formativas. La profesora cuenta con varias publicaciones científicas en esta línea, que emanan de una colaboración con el experto en estereotipos de género de STEM, Andrew N. Meltzoff, de la Universidad de Washington (Cvencek et al., 2020; Paz-Albo et al., 2017).

### 3.2. Seminario de formación transversal en emprendimiento y otras "soft skills":

Como se ha dicho, las "soft skills" son un conjunto de competencias transversales a cualquier área de formación. Las sesiones de este

seminario formativo se han impartido por expertos y profesionales en las distintas materias que también se han comprometido con este plan de actuaciones. Dentro de este seminario un primer paso ha sido:

- La oferta de un curso de oratoria que ha estado a cargo del Prof. José Manuel Tourné, experto en dicha materia (https://josemanueltourne.com/).

Adicionalmente, se contó con otras sesiones impartidas por:

- Fran Chuan (https://franchuan.com/) experto en potenciar la innovación a través del lado humano que la hace posible. Sus conferencias y escritos versan sobre cómo impulsar el desarrollo de las organizaciones a través de la innovación, la transformación de las personas y la generación de oportunidades, estimulando una cultura que convierta la innovación en algo sostenible en el tiempo. Sus sesión se orientó a cómo promocionar las "soft skills" en el estudiantado femenino.

- Isabel Rodríguez Domenech (UCM), experta en emprendimiento, que nos transmitió cómo fomentar esta actitud en el estudiantado femenino. Otro de los propósitos de este plan es fomentar las competencias en emprendimiento entre las mujeres que están en el mundo de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM, siglas en inglés). La adquisición de estas competencias promoverá la innovación a través de la creación de nuevos emprendimientos de base científico-tecnológica liderados por mujeres.

- Las competencias en emprendimiento van más allá del ámbito empresarial, de tal manera que, una emprendedora no siempre es empresaria; si bien, la empresaria es quien dirige el negocio, la emprendedora es aquella que lidera acciones innovadoras. Por tanto, a través de este proyecto se pretende formar a las profesoras para que también incorporen las competencias en emprendimiento con especial énfasis en los que se refieren al ámbito de las STEM.

## III. 11 Vía De Actuación II: Formación De Las Alumnas

El plan cuenta también con una vía de acción expresa para las estudiantes del equipo de profesoras que formamos el equipo inicial:

### 3.2.1. Visibilización de referentes femeninos:

Únicamente 17 mujeres han ganado el Premio Nobel de física, química o medicina desde que Marie Curie lo obtuvo en 1903, mientras que son 572 hombres que lo han obtenido. Por lo tanto, se hace necesario visibilizar referentes femeninos en disciplinas STEM y para ello contamos con el apoyo de la Real Sociedad Matemática Española (RSME), cuya presidenta (Prof.ª Eva A. Gallardo), facilita la participación en diálogos y programas específicos que se desarrollen a través tanto de la RSME como de la Comisión de Mujeres y Matemáticas de la misma.

De manera concreta, es importante señalar las distintas acciones que se están llevando a cabo por la RSME y la Sociedad de Ejecutiv@s y Consejer@s (EJECON), con las que tenemos un nexo de unión importante a través de la Profª. Eva A. Gallardo Gutiérrez, presidenta de la RSME y miembro del Comité de Gobierno del programa SteMatEsElla. La Profª. Gallardo es una de las principales promotoras de esta propuesta. Esto nos permite encuadrar este proyecto, en un marco más general y actual en el que temas como la visibilidad de referentes femeninos en empresas que cotizan en el IBEX (así como, el contacto directo con ellas a través del programas de mentorazgo), permitan al estudiantado el acceso directo a temas tan importantes como el de la inserción laboral y las barreras profesionales.

En definitiva, se trata de potenciar el “mentoring” entre mujeres, con el fin de motivar y acompañar las vocaciones científico-técnicas. Esta mentorización podría establecer una relación que ayude a desarrollar una vocación tecnológica. Dentro de este “mentoring”, se pueden establecer varias acciones. Por parte de las mentoras se pueden mostrar la disponibilidad de cursos científicos y tecnológicos útiles con oportunidades profesionales atractivas, proporcionar recursos e información sobre los estudios para empoderar a las futuras mujeres profesionales en áreas STEM. Las actuaciones por parte de las universidades deben tener

una doble vía: por una parte, organizar actividades que acerquen a las futuras jóvenes estudiantes a la tecnología y la informática (talleres tecnológicos, con especial atención a las chicas) para despertar vocaciones STEM y por otra parte, realizar actividades de formación, tanto para estudiantes como para profesores, que permitan sensibilizar a la comunidad sobre la segregación de género y desmitificar las relaciones existentes entre el género y los estudios STEM. Como resultado, el "mentoring" permitirá a las estudiantes tutorizadas crear lazos de solidaridad de género y favorecer sus competencias (Olmedo-Torre et al., 2018).

### 3.2.2. seminario para estudiantes de fomento de las "soft skills" a cargo de la prof.ª noelia gutiérrez láiz (univ. complutense de madrid)

La Profesora Gutiérrez Láiz ha colaborado con la Fundación McKinsey y la Escuela de Organización Industrial en la impartición del programa de formación de comerciales dirigido a jóvenes en riesgo de exclusión. Ha sido Jefe Nacional de Cuentas en Coca-Cola España, Directora del departamento de "retail" e impulso en Red Bull España y Directora del departamento de hostelería en Grupo Sos-Carbonell.

### 3.2.3. curso de oratoria

El curso que mencionamos para el profesorado se impartió también para el estudiantado, estando a cargo del mismo ponente.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar los resultados del proyecto piloto, las profesoras del equipo inicial han diseñado una encuesta, que ha recibido el Visto Bueno de la Comisión de Ética de la UCM, para ser realizada entre el estudiantado de distintas facultades. El objetivo de la encuesta es determinar áreas de actuación más concretas para fomentar el potencial del talento femenino (promoción de la formación STEM y "soft skills", con especial atención al emprendimiento). Las encuestas nos han permitido identificar la visión del estudiantado en temas como la proyección profesional, la autoestima, el liderazgo y la percepción de las disciplinas STEM, entre otros, y sus resultados están en línea con otros trabajos (Olmedo-Torre, et al.

2018). La muestra consta de 119 respuestas de estudiantes de la UCM, de las que el 65,5% son mujeres. Algunos resultados son especialmente reseñables.

Lo primero que se ha analizado es cómo el alumnado ve su futuro (Gráfico 1). El 47% del estudiantado opta por trabajar por cuenta ajena en la empresa privada y el 40% en las Administraciones Públicas. Se observa que existe diferencia entre las perspectivas de las chicas y la de los chicos. Las mujeres esperan trabajar por cuenta ajena mientras que los varones apuestan más por crear su propia empresa, de los 16 estudiantes que crearían su empresa 10 son varones. Este resultado es muy importante y refrenda la necesidad de formación en emprendimiento entre las mujeres para fomentar el mismo y convertirse en una salida profesional. En cuanto a trabajar en la Administración Pública, los dos sexos tienen un comportamiento homogéneo.

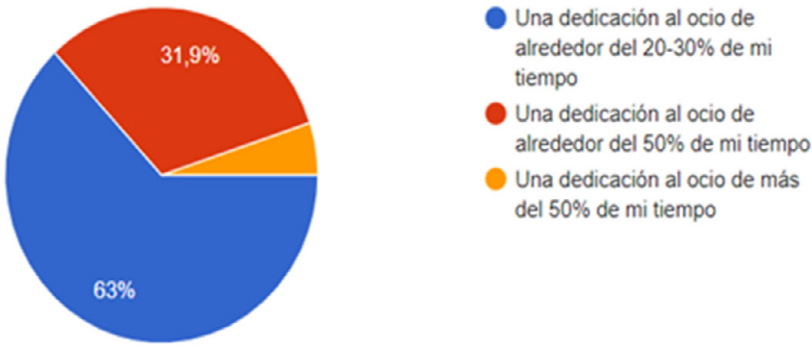
***GRÁFICO 1.*** *Futuro profesional*

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

Si nos fijamos en el tiempo que quieren dedicar al trabajo (Gráfico 2) frente al ocio, el comportamiento de mujeres y varones es el mismo, la mayoría desearía compatibilizarlo con un 20% ó 30% de ocio. Sin embargo, si les preguntamos por compatibilizarlo con la familia (Figura 1), aunque, tanto varones como mujeres pospondrían su maternidad o paternidad, la mujer demanda más tiempo para la familia que el varón. En términos de media en la distribución, desean invertir el 50% del tiempo

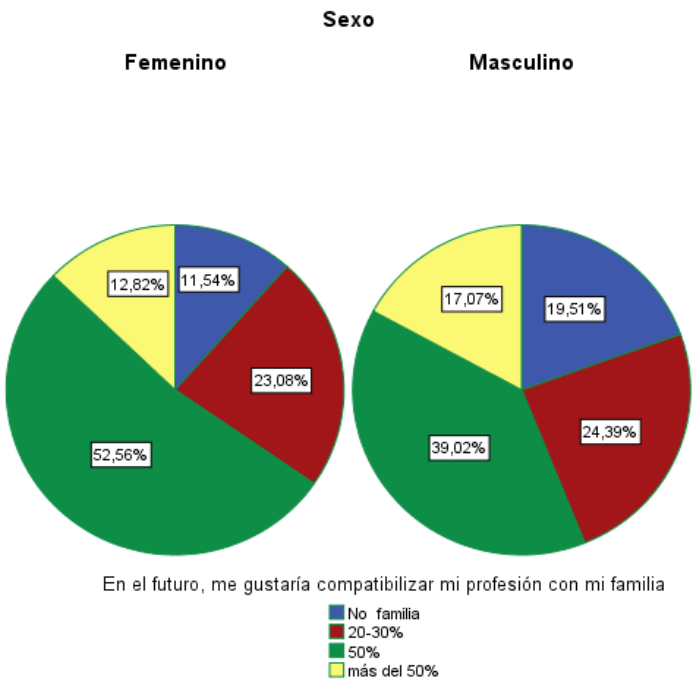
con su familia. El poder compatibilizar el trabajo con ocio o familia es lo más valorado junto al sueldo a la hora de elegir un empleo.

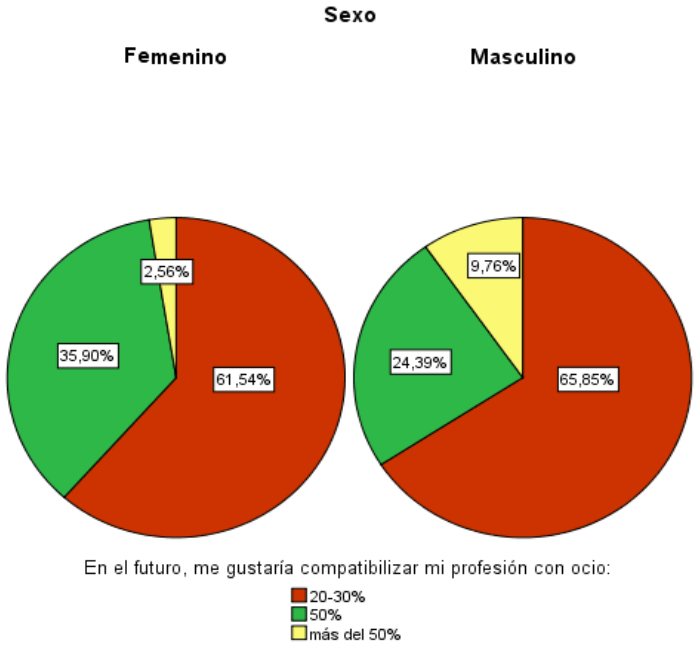
***GRÁFICO 2.*** *Trabajo vs ocio*




Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

***FIGURA 1.*** *Gráficos por sexo sobre compatibilidad familia y trabajo*






Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

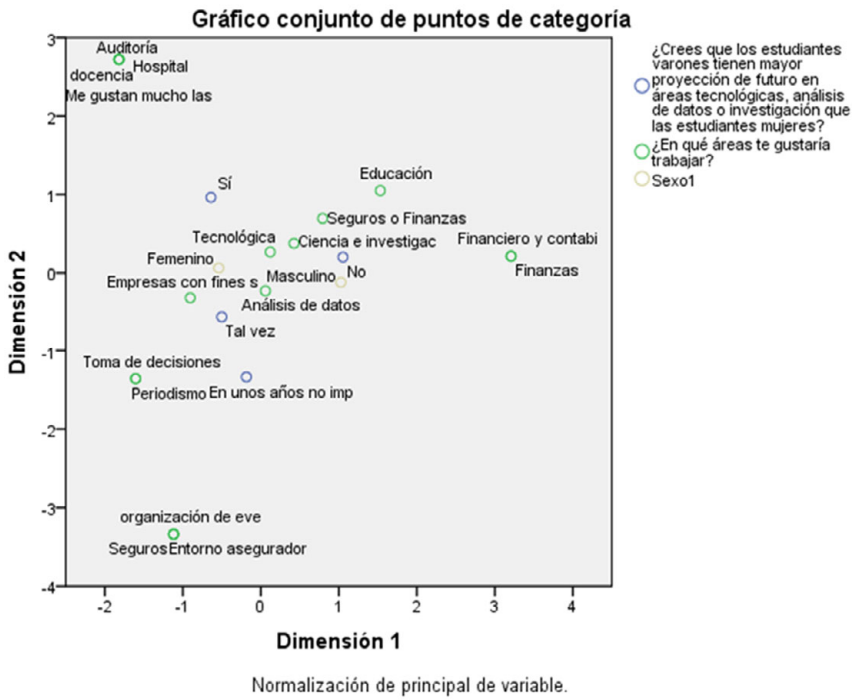
Otro aspecto que se debe valorar es el tipo de trabajo, aunque la forma de trabajo preferida es aquella en donde la mayor parte del tiempo haya una interacción entre ordenadores y personas, el 17% de los varones desearían trabajar solo con ordenadores frente al 10% de las mujeres.

Respecto a la proyección futura en las carreras profesionales entre los estudiantes chicos y chicas, se observa en el Gráfico 3 cómo las mujeres creen que los varones tienen más proyección de futuro que ellas, mientras que los varones no perciben esa diferencia.

En cuanto a las áreas de trabajo (Figura 2) podríamos destacar que las empresas con fines sociales se relacionan con las mujeres y la investigación con los varones. El análisis de datos es la profesión en la que a más estudiantes les gustaría trabajar (41%), independientemente del sexo. Preguntados por si creen que en determinadas áreas el sexo condiciona las ofertas de trabajo, hay unanimidad en que sí existen áreas para chicos y áreas para chicas. Sin embargo, a la hora de personalizar la mayoría no piensan que a ellos les pueda condicionar. Lo que parece indicar, que

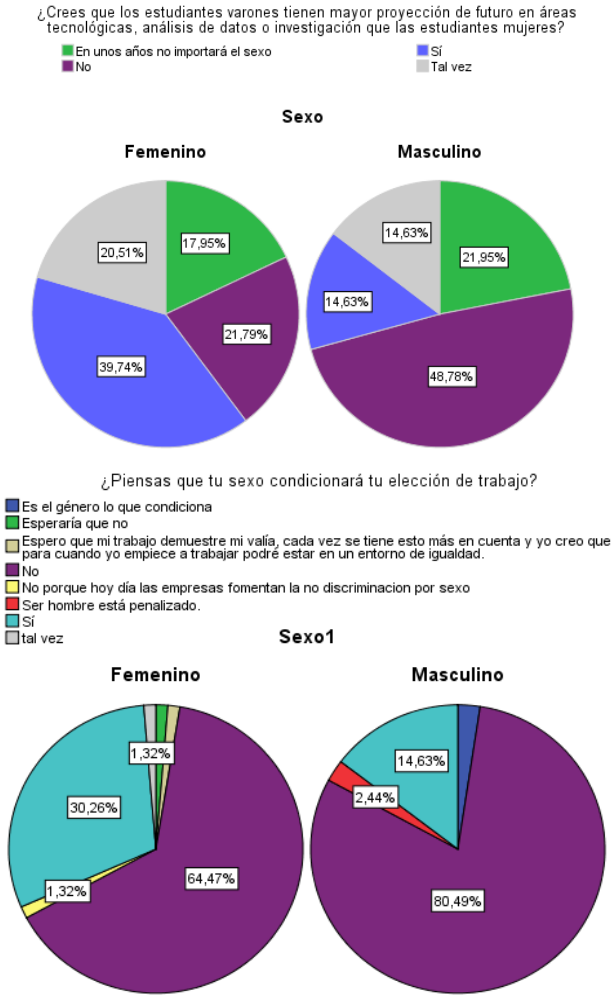
los estudiantes tienden a autoseleccionarse en el área en la que consideran van a tener más proyección de futuro (de alguna manera, ya han elegido los estudios "de acuerdo" con su sexo).

***GRÁFICO 3.*** *Proyección de la carrera profesional*




Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

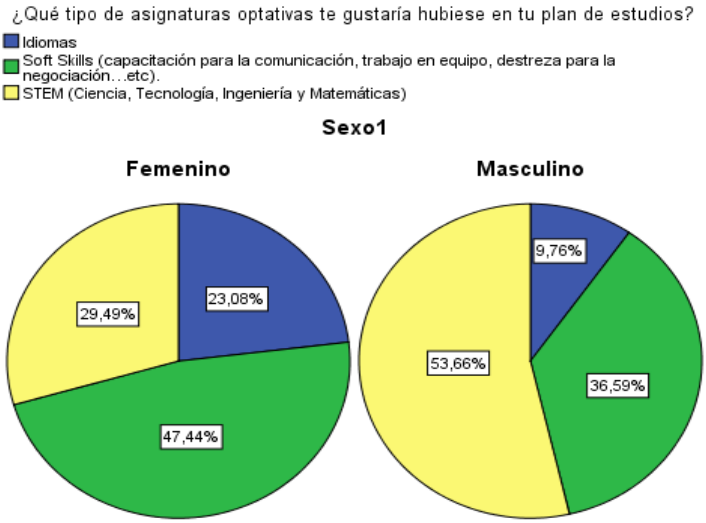
***FIGURA 2.*** *Gráficos por sexo sobre áreas de trabajo*




Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

En lo referente a la formación complementaria (Figura 3), son los varones los que apuestan más por la formación en STEM, mientras que las mujeres sienten mayor inclinación hacia las “soft skills”.

***FIGURA 3.*** *Gráficos por sexo sobre formación complementaria*



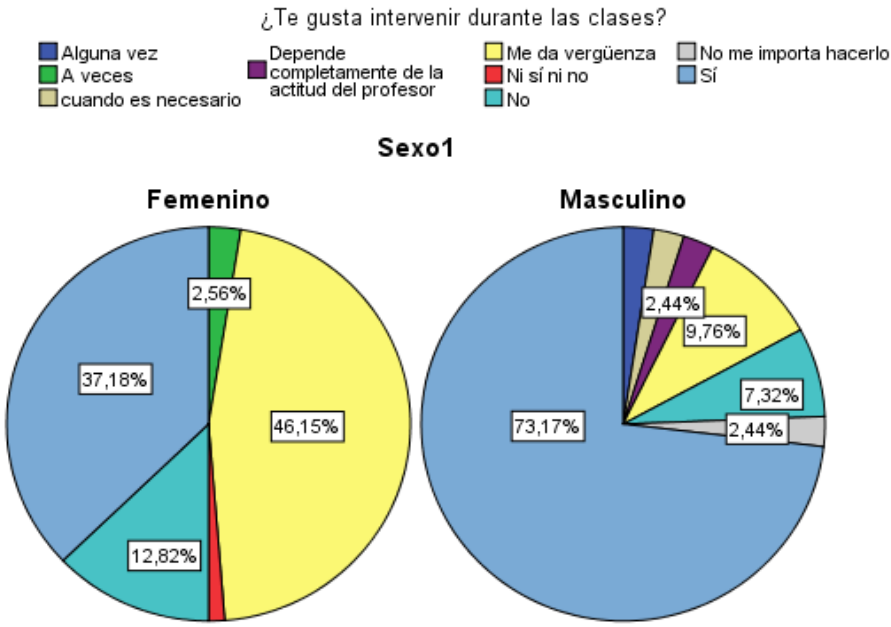

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

En la pregunta: "¿En tu trayectoria como estudiante, encuentras diferencias entre profesores varones o mujeres?" un 29% encuentra que sí hay diferencias, sobre todo en el trato con el estudiantado. Si nos fijamos en el trato que el profesorado tiene con el estudiantado, solamente el 22,7% percibe diferencias, indicando discriminación positiva hacia las chicas.

También se les preguntó por el sistema de evaluación. La percepción es que los criterios no sirven para fomentar el verdadero aprendizaje para más del 50% del estudiantado, la mayoría reclama más ponderación de la evaluación continua y más estudio por proyectos, en línea con el sistema de Bolonia.

Finalmente, a las chicas les cuesta más intervenir (Figura 4) en clase que a los chicos, algo que el profesorado debe tener en cuenta a la hora de impartir docencia y sobre todo de cara a aplicar metodologías docentes más participativas.

***FIGURA 4.*** *Gráficos por sexo sobre intervención en clase.*




Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada.

## 5. CONCLUSIONES

En base a todo lo enunciado, entendemos que esta iniciativa piloto desarrolla múltiples herramientas para causar un impacto concreto tanto en el profesorado como en el estudiantado. Las profesoras de cuatro facultades distintas (Facultad de Estudios Estadísticos, Facultad de Matemáticas y Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales) que formamos parte del equipo inicial, conjuntamente hemos alcanzado un público interdisciplinar de más de 300 alumnos.

Como es sabido, el desempleo tiene mayor incidencia en el sexo femenino, por distintas circunstancias, lo que hace deseable fomentar la empleabilidad y conveniente adecuación de la formación de las mujeres a las demandas del mercado laboral. Consideramos que este plan puede redundar en positivo en las graduadas y fomentar su atractivo a nivel laboral. La innovación educativa carecería de parte de su sentido si no

estuviera a disposición de aquellos sectores en riesgo de exclusión, facilitando el acceso a una formación académica de calidad.

Nuestro proyecto se concibe como una idea piloto para una red inicial de profesoras comprometidas en incorporar en su docencia elementos innovadores. Estos elementos van principalmente dirigidos a fomentar las capacidades (o acomodar elementos) STEM, incluso en disciplinas distintas de las áreas STEM. También se desea incorporar otras capacidades transversales relacionadas con las "soft skills" (como la oratoria) y el emprendimiento. Dado que esta iniciativa viene de la mano de expertos en esas materias, que imparten los seminarios a las profesoras, abiertos a toda la comunidad universitaria, entendemos que estamos sentando las bases para incluir elementos innovadores en la docencia habitual de las profesoras. Aunque el objetivo es preferentemente el estudiantado femenino, no cabe duda de que muchos de estos componentes innovadores, redundarán también en beneficio de todo el estudiantado en general.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las valiosas aportaciones a este proyecto de la Prof. Dra. Eva Gallardo Gutiérrez (Univ. Complutense de Madrid), de la Profª. Isabel Rodríguez Domenech (Univ. Complutense de Madrid) y de la alumna Vera Rodríguez Mora (Univ. Complutense de Madrid). Del mismo modo agradecemos a todos los ponentes que han formado parte de esta iniciativa sus excelentes intervenciones.

## 7. REFERENCIAS

Cvencek, D., Paz-Albo, J., Master, A., Herranz Llácer, C.V., Hervás-Escobar, A. y Meltzoff, A. N. (2020). Math Is for Me: A Field Intervention to Strengthen Math Self-Concepts in Spanish-Speaking 3rd Grade Children. *Frontiers in psychology*, 11, 1-16.

Comisión Europea. (2011). *Iniciativa en favor del emprendimiento social. Construir un ecosistema para promover las empresas sociales en el centro de la economía y la innovación social*, aprobada el 25 de noviembre de 2011

INE. (2021). *Mujeres graduadas en educación superior*, https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925481157&p=1254735110672&pagename=ProductosYServicios/PYSLayout

Kim, J., Erdem, M., Byun, J. & Jeong, H. (2011). Training Soft Skills via E-Learning: International Chain Hotels. *International Journal of Contemporary Hospitality Management* 23, 6, 739–63.

Matteson, M. L., Anderson, L., & Boyden, C. (2016). "Soft skills": A phrase in search of meaning. *Portal: Libraries and the Academy*, 16(1), 71-88.

Melián, A., Campos, V. y Sanchis, J. R. (2011). Emprendimiento social y empresas de inserción en España: Aplicación del método Delphi para la determinación del perfil del emprendedor y las empresas sociales creadas por emprendedores. *REVESCO: revista de estudios cooperativos*, (106), 150-172.

Melin, J. L., & Correll, S. J. (2022). Preventing soft skill decay among early-career women in STEM during COVID-19: Evidence from a longitudinal intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(32), e2123105119.

Mitchell, G., Pritchett, C. & Skinner, L. (2013). The Importance of the Integration of Soft Skills into the Curriculum as Identified by MBA Students, *Academy of Business Research Journal* 2, 87–103.

Naciones Unidas (2000). *Millennium Declaration*, signed in September 2000. https://sdgs.un.org/es/goals

Olmedo-Torre, N., Carracedo, F. S., Ballesteros, M. N. S., López, D., Perez-Poch, A., & López-Beltrán, M. (2018). Do female motives for enrolling vary according to STEM profile?. *IEEE Transactions on Education*, □□(4), 289-297.

Parente, D., Stephan, J. & Brown, R. (2012). Facilitating the Acquisition of Strategic Skills: The Role of Traditional and Soft Managerial Skills, *Management Research Review* 35 (11), 1007.

Paz-Albo, J., Prieto, Icon, Cvencek, D., Herranz Llácer, Cristina V., Hervás, A. y Meltzoff, A.N. (2017). Preschoolers' mathematical play and colour preferences: a new window into the development of gendered beliefs about math. *Early Child Development and Care*, 188 (5), 1273-1283 .

Pinto, J. K., Patanakul, P., & Pinto, M. B. (2015). Gender biases in hiring project managers: perceptions of trust and likeability. *IEEE Transactions on Engineering Management*, □□(3), 325-334.

Sáinz, M., & Müller, J. (2018). Gender and family influences on Spanish students' aspirations and values in stem fields. *International Journal of Science Education*, 40(2), 188-203.

Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M. P. (2016). How do engineering attitudes vary by gender and motivation? Attractiveness of outreach science exhibitions in four countries. *European journal of engineering education*, *4*(6), 638-659.

Shane, S. y Venkataraman, S. (2000). The Promise of Entrepreneurship as a Field of Research. *Academy of Management Review*, 25 (1), 217-226

UNESCO (2019). *Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*, https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649

# PROGRAMA DE MEJORA PARTICIPATIVA COMO HERRAMIENTA DE TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO A TRAVÉS DE LA ENSEÑANZA STEM

MARGARITA LEMA MÁRQUEZ
*Misión Biológica de Galicia - CSIC*

CAMILO OJEA BOUZO
*CPI Mosteiro-Meis*

LUIS CAMILO FERNÁNDEZ ÁLVAREZ
*CPI Mosteiro-Meis*

ELENA CARTEA GONZÁLEZ
*Misión Biológica de Galicia – CSIC*

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje no debemos conformarnos con transmitir conocimiento y desarrollar habilidades, si no que debemos tratar de ofrecer una educación más integradora y de mayor utilidad, que "incida en alcanzar competencias de reflexión y actuación racional, eficaz, autónoma y con sentido" (Urbano Martínez 2014). Para ello hay que implementar métodos de enseñanza activa e innovadores que hagan que el alumnado viva experiencias que le aporten un valor añadido a lo aprendido en el aula. Sin embargo, no es sencillo diseñar y llevar a la práctica experiencias educativas STEM que satisfagan las necesidades de un grupo de estudiantes diverso y que al mismo tiempo los preparen para los desafíos y los estudios o profesiones del futuro.

En este contexto, deben surgir nuevas experiencias en las que le demos visibilidad a los nuevos desafíos que han surgido en los últimos años. Uno de los grandes retos a los que se enfrenta la humanidad es conseguir una producción agrícola y alimentaria sostenibles, al mismo tiempo que se satisface una demanda de alimentos cada vez mayor, se contienen las

emisiones de gases de efecto invernadero y se mitigan los efectos del cambio climático (Grote et al. 2021). Para ello se necesitan sistemas innovadores que protejan y mejoren los recursos naturales, dejando atrás a los sistemas agrícolas de altos insumos que han provocado la deforestación de amplias zonas del planeta, el agotamiento del suelo y de los recursos hídricos y el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero. Se necesita abordar un proceso global de transformación hacia enfoques más integradores, como aquéllos de la agroecología, agrosilvicultura o la agricultura de conservación que se basan en los conocimientos de los agricultores y en los usos tradicionales (FAO 2017). A este respecto, las variedades o razas locales, que han sido mejoradas durante siglos por los agricultores de todas las zonas del planeta y, por lo tanto, están adaptadas a unas condiciones edáficas y climáticas concretas y al manejo y usos tradicionales (Casañas et al. 2017), serán claves para abordar este cambio en el sistema de producción de alimentos, así como para incrementar el rendimiento de nuestros cultivos en zonas geográficas marginales y aumentar la seguridad alimentaria.

La diversidad genética presente en las razas locales también puede proporcionar caracteres que puedan satisfacer algunos de los retos actuales y futuros como la adaptación a nuevas condiciones climáticas o a la aparición de nuevas plagas y enfermedades en los cultivos. Además, tienen potencial como reservorio de genes útiles para los sectores industrial y farmacéutico. Sin embargo, la utilidad y el valor de las variedades locales, así como la problemática respecto a la producción de alimentos es, en general, poco conocida.

En ese marco surge el presente proyecto financiado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea y que involucra a centros escolares y organismos públicos de investigación de España, Irlanda y Portugal. A continuación, se detallan las implicaciones que conlleva este proyecto tanto para los centros escolares como para los centros de investigación incluidos en el mismo.

### 1.1. Los centros escolares

Este proyecto supone una nueva forma de trabajar, más creativa que las habituales prácticas de laboratorio que a menudo se basan en

procedimientos fáciles de seguir en los que el profesorado sabe cuáles serán los resultados, dejando a los estudiantes con la impresión de que la biología y, en general, el método científico, implica seguir protocolos establecidos y obtener los resultados esperados (Kay et al. 2022). Además, la enseñanza de las ciencias, la tecnología y la ingeniería rara vez se relaciona con los desafíos sociales urgentes.

Así, se diseñó y desarrolló un proyecto de investigación para estudiantes de secundaria, en colaboración con científicos de entidades públicas de los países participantes. Se trata de un proyecto basado en la investigación guiada, enmarcado en la importante cuestión de poner en valor el inmenso patrimonio que suponen las variedades locales, así como las ventajas que estos ofrecen para lograr un desarrollo sostenible a la vez que se protegen los recursos hídricos y el medio ambiente. Esta experiencia expone a los estudiantes a la forma en que los científicos estudian los problemas del mundo real, les enseña técnicas básicas de investigación y promueve el aprendizaje basado en la indagación en un entorno de investigación real. También llena un vacío actual en la educación secundaria, donde son escasos los contenidos relacionados con la agricultura y la producción de alimentos.

### 1.2. Los centros de investigación asociados

Este proyecto ha servido para que la comunidad investigadora realice tareas de divulgación entre la comunidad no especializada y pueda mostrar a los estudiantes la investigación científica que se está realizando. Las interacciones con los profesionales de las ciencias, la tecnología y la ingeniería suponen un instrumento de gran valor para la difusión y transferencia de conocimientos científicos, así como para conectar a la población no especializada con la ciencia y la naturaleza a través de un aprendizaje práctico, experimental y basado en el descubrimiento (Strumingher et al. 2018).

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen con este proyecto de selección y mejora participativa son los siguientes:

- Visibilizar y difundir el valioso patrimonio que suponen las variedades locales y destacar su importancia en el futuro de la producción sostenible.
- Concienciar sobre la necesidad de cambios productivos basados en el conocimiento.
- Propiciar el aprendizaje y la mejora de actitudes sobre las ciencias, la visión científica y la investigación agraria.
- Contribuir a la alfabetización científica del alumnado, promoviendo su espíritu crítico, favoreciendo el aprendizaje de forma activa y motivadora y despertando su vocación científica.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Población objetivo y entidades participantes

La población objetivo de la experiencia de innovación docente fue el alumnado de 4º de la ESO de España, del Primero del Curso Complementar en Portugal (equivalente a la Formación Profesional en España) y del año de transición en Irlanda ("Transition year" es un curso eminentemente práctico de un año que se realiza entre el "Junior Cycle" y el "Senior Cycle", que equivaldrían a nuestra ESO y Bachillerato). Aunque la metodología es común para el alumnado de los tres países, las actividades complementarias y los resultados alcanzados que se muestran en este trabajo hacen referencia a los obtenidos en el CPI Mosteiro-Meis.

Los centros participantes en el proyecto fueron:

Centros educativos:

- Colegio Público Integrado de Mosteiro-Meis (Meis, España).
- Colaiste Iognaid (Galway, Irlanda).
- Escola Básica e Secundária Armando Côrtes-Rodrigues (Vila Franca do Campo, Portugal).

Centros de investigación:

- Misión Biológica de Galicia, Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, España).
- School of Natural Sciences, National University of Ireland Galway (NUIG, Irlanda).
- Secretaria Regional da Agricultura e do Desenvolvimento Rural, Serviço de Desemvolvimento Agrário de São Miguel (SDASM, Portugal).

## 3.2. Fases en la elaboración y ejecución de la propuesta

### 3.2.1. Diagnóstico

El proyecto se inició en el año 2020 y representa la culminación de una línea de trabajo iniciada en 2016, con la elaboración del "Plan de internacionalización de Centro" y el proyecto "Time Museum" dentro del programa Erasmus+. La dirección del CPI Mosteiro-Meis abordó una serie de acciones para el cambio de paradigma metodológico en el proceso de aprendizaje de nuestro alumnado con un proceso de formación continua de nuestros docentes en la enseñanza competencial, a partir de diversas técnicas propuestas por la pedagogía moderna. En este contexto de mejora de la calidad de nuestra enseñanza, se consideró oportuna la participación en proyectos internacionales que mejorasen la competencia en lenguas extranjeras, la competencia digital y la competencia social. El impacto y repercusión que tuvo la coordinación del proyecto Erasmus del período 2017-20 fueron enormes. Esto nos animó a continuar en esta línea, ampliándola al ámbito competencial STEM en el que estamos trabajando y formándonos con intensidad en los últimos años. La mejora de la competencia en ciencia y tecnología se suele asociar en el ámbito educativo con la obtención de productos tecnológicos. Sin embargo, nos pareció idóneo que, dado que estamos en un contexto rural, el aprendizaje STEM girase sobre un campo tan importante como los cultivos y las investigaciones científicas que se desarrolla en torno a ellos.

De esta manera surge la idea del proyecto, que se termina de definir con la participación de una entidad científica determinante en el éxito del

proyecto, la MBG-CSIC cuyo personal científico junto con el profesorado del CPI Mosteiro-Meis elaboraron la propuesta. Los socios internacionales incluidos en el proyecto fueron elegidos, entre otros motivos, por su localización geográfica y su capacidad para llevar a cabo las tareas necesarias para el desarrollo del proyecto.

### 3.2.2. Contextualización de la propuesta en el marco del programa Erasmus+

La solicitud se presentó en la acción denominada "Asociaciones Estratégicas en el Ámbito de la Educación Escolar KA201" que tiene por objeto apoyar el desarrollo, la transferencia o la implementación de prácticas innovadoras y la ejecución de iniciativas conjuntas de fomento de la cooperación, el aprendizaje entre iguales y el intercambio de experiencias a escala europea (SEPIE 2019). Esta acción debe permitir a las organizaciones participantes adquirir experiencia en cooperación internacional y consolidar sus capacidades, pero también producir resultados tangibles innovadores de alta calidad. En nuestro caso, desarrollaremos un artículo científico, un producto audiovisual y un manual como productos intelectuales. La descripción de los mismos se realiza en el apartado de resultados.

### 3.2.3. Ejecución

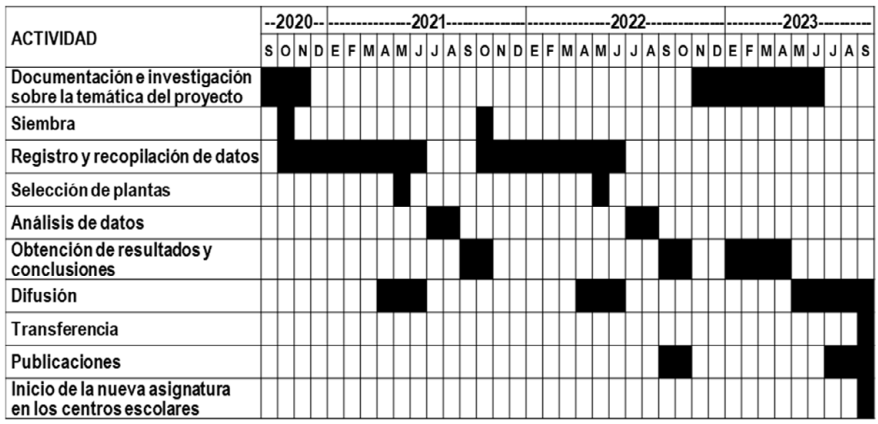
Las actividades del proyecto se realizaron durante todo el curso, con mayor o menor intensidad dado que la temporalización estuvo determinada por el ciclo de cultivo (Gráfico 1). Por término medio, el alumnado empleó 2 horas semanales en su participación en el proyecto desde octubre hasta junio. La principal actividad en la que participaron los estudiantes fue la propuesta de investigación que se materializó en un ensayo de campo (Figura 1). Éste incluyó variedades locales de *Brassica oleracea* (repollo) de las tres zonas geográficas donde se encuentran los centros escolares siguiendo el diseño que se muestra en el Gráfico 2. Se estudiaron el rendimiento y la adaptación, además de otros caracteres de interés como la resistencia a plagas y enfermedades. Finalmente, en cada país se seleccionaron de forma colaborativa aquellas plantas que mostraron mayor nivel de adaptación y productividad. Se permitió el

cruzamiento entre las plantas seleccionadas para que, una vez cosechada la semilla, se lleven a cabo nuevos ensayos para la selección de aquellas plantas con las características más adecuadas para las condiciones de cultivo de cada uno de los países que intervinieron en el proyecto. Durante todo el proceso se contó con el apoyo del profesorado de los centros de enseñanza y del personal científico de los centros de investigación públicos involucrados en el proyecto en cada uno de los tres países participantes.

***FIGURA 1.*** Ensayos de selección y mejora en Meis (Pontevedra) realizados en la parcela experimental situada en las proximidades del CPI Mosteiro-Meis donde se desarrolla el proyecto Erasmus+ titulado "Programa botánico de selección y mejora participativa en la UE".

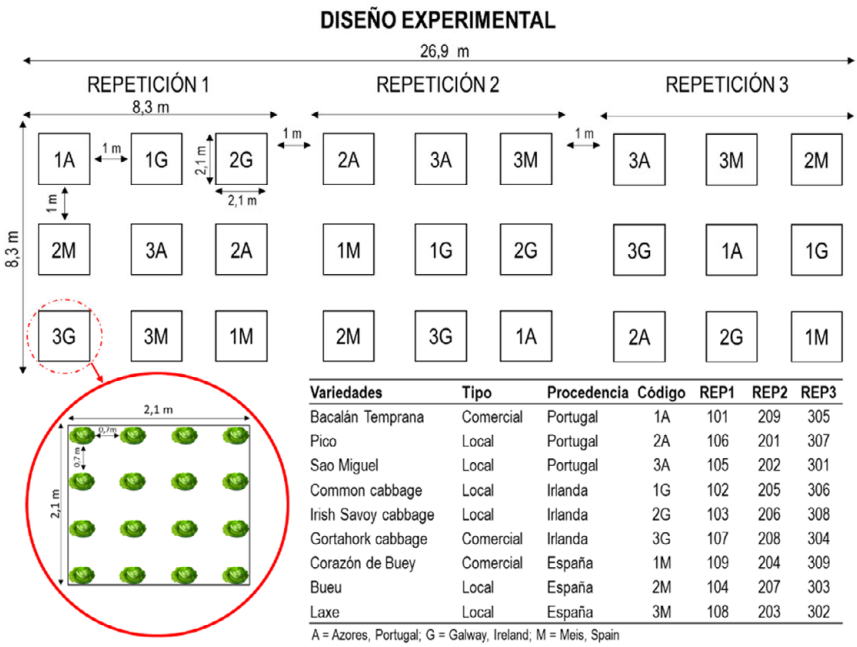
Fuente: Margarita Lema

***GRÁFICO 1.*** *Cronograma con la temporalización de las actividades que se desarrollarán a lo largo del proyecto.*




Fuente: elaboración propia

***GRÁFICO 2.*** *Diseño experimental. Se detallan las variedades incluidas en el ensayo, así como la disposición de las mismas en la parcela experimental. El mismo diseño ha sido utilizado en los tres centros escolares implicados en el proyecto.*




| Variedades | Tipo | Procedencia | Código | REP1 | REP2 | REP3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bacalán Temprana | Comercial | Portugal | 1A | 101 | 209 | 305 |
| Pico | Local | Portugal | 2A | 106 | 201 | 307 |
| Sao Miguel | Local | Portugal | 3A | 105 | 202 | 301 |
| Common cabbage | Local | Irlanda | 1G | 102 | 205 | 306 |
| Irish Savoy cabbage | Local | Irlanda | 2G | 103 | 206 | 308 |
| Gortahork cabbage | Comercial | Irlanda | 3G | 107 | 208 | 304 |
| Corazón de Buey | Comercial | España | 1M | 109 | 204 | 309 |
| Bueu | Local | España | 2M | 104 | 207 | 303 |
| Laxe | Local | España | 3M | 108 | 203 | 302 |

A = Azores, Portugal; G = Galway, Ireland; M = Meis, Spain

Fuente: elaboración propia

Además de las actividades que realizaron los estudiantes en el aula, el laboratorio y la parcela experimental, cada año se lleva a cabo una actividad de intercambio donde, durante una semana en cada país, conviven 45 alumnos/as (15 de cada estado) en régimen de estancia en familia gemela (Figura 2). Es una experiencia con un impacto enorme, tanto a nivel personal como a nivel social dado que, a excepción de Galway, las localidades donde se encuentran los centros escolares están en un entorno rural y el intercambio supone un acontecimiento de gran relevancia.

***FIGURA 2.*** *Experiencia de intercambio donde se propicia la convivencia del alumnado de los tres países que participan en el proyecto. Visita formativa en Galway, Irlanda en abril de 2022.*

Fuente: Margarita Lema

A nivel curricular el proyecto incidió en los contenidos de las materias de "Biología y Geología" y "Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional" de 4º ESO.

A continuación, se detallan las actividades realizadas por el alumnado de 4º ESO de CPI Mosteiro-Meis:

- Explicación del diseño experimental, contextualizado en la teoría del método científico; presentación de las fases del experimento y visita a la parcela experimental para planificar y temporalizar las actividades.

- Toma de muestras de suelo para el análisis de fertilidad y fitopatológico. Análisis de los resultados en el aula, incidiendo en el efecto del déficit de nutrientes y de los patógenos del suelo sobre los cultivos.
- Visita a la Misión Biológica de Galicia (CSIC) y siembra en invernadero de las 9 variedades de *Brassica oleracea*, guiados por el personal científico y técnico.
- Trasplante en la parcela experimental siguiendo el diseño establecido y planificación de las siguientes actividades.
- Tareas de supervisión (revisión del estado del cultivo) y mantenimiento (escarda manual) (cada 15 días o mensual).
- Toma de datos morfológicos, agronómicos y fenológicos (altura y diámetro de cada planta, número de hojas, vigor de la planta, daños por plagas y enfermedades y fecha de floración).
- Obtención de muestras e identificación de daños asociados a plagas y enfermedades del cultivo.
- Identificación de especies herbáceas adventicias.
- Cosecha (peso de cada planta) y recolección de hojas para el análisis de metabolitos secundarios en la Misión Biológica de Galicia.
- Visita a la parcela con grupos de estudiantes de ESO y Primaria; explicación del proyecto por parte del alumnado participante.
- Selección y recolección de plantas para utilizar en la cocina del centro educativo.
- Visita a la parcela con el alumnado y profesorado visitante de Portugal e Irlanda; realización de diferentes actividades en la parcela de cultivo.
- Explicación en el aula de diversos aspectos teóricos, relacionados con el proyecto, cuyos contenidos concretos se detallarán posteriormente.

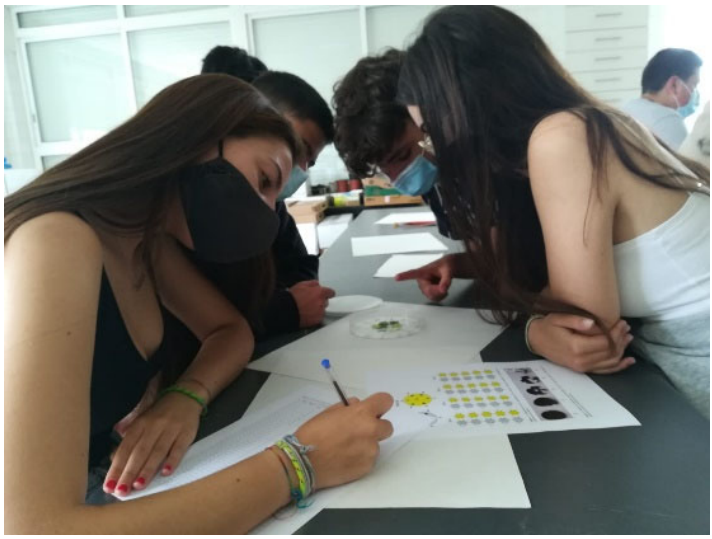
Asociadas al proyecto se realizaron otras actividades complementarias en el campo y en el laboratorio que se describen a continuación:

- Jardín de domesticación. El alumnado participó en el establecimiento de una colección de variedades comerciales de diferentes cultivos de *Brassica oleracea* (incluyendo berza, repollo, coliflor, brócoli, romanesco, coles de Bruselas y colirrábano, entre otras) junto a una variedad silvestre recolectada en la costa cantábrica de Galicia. Esto les ayudó a entender la enorme diversidad genética que existe en *B. oleracea* y cómo los procesos de selección realizados por los agricultores para el aprovechamiento de diferentes partes de la planta (hojas, tallos, inflorescencias o yemas) ha dado lugar a una amplia gama de cultivos dentro de la misma especie.

- Bioensayos con la oruga nocturna de la col (*Mamestra brassicae*) que supone una de las plagas más importantes de los cultivos de *B. oleracea*. Se estudiaron los mecanismos de resistencia que muestran las distintas variedades frente a este insecto (Figura 3). Para ello, el alumnado dispuso larvas en placas Petri con discos de hoja de las variedades del ensayo de campo para determinar si las orugas muestran preferencia por alguna de las variedades (estudio de antixenosis) o si alguna de las variedades presenta compuestos que comprometan la supervivencia de las larvas (estudio de antibiosis).

- Aislamiento e inoculación de patógenos. El alumnado tomó hojas con síntomas de enfermedades y empleó técnicas de cultivo de patógenos para determinar qué microorganismos pueden estar causando los daños que muestran las plantas enfermas. Posteriormente procedieron al aislamiento e identificación de los mismos y a la re-inoculación de plantas sanas siguiendo los postulados de Koch.

***FIGURA 3.*** *Realización de bioensayos con la oruga nocturna de la col (Mamestra brassicae) durante el curso 2020-21 en el CPI Mosteiro-Meis.*



Fuente: Margarita Lema

Como se menciona en el currículo oficial de la ESO (https://www.edu.xunta.gal/portal/guiadalomce/secundaria/cursos) en esta etapa las materias de Biología y Geología deben permitir al alumnado desarrollar diversas competencias esenciales, así como las estrategias del método científico. Algunas de las competencias principales que se han abordado en este proyecto son: potenciar actitudes conducentes a la reflexión y el análisis sobre los grandes avances científicos de la actualidad, sus ventajas y las implicaciones éticas que en ocasiones se suscitan, así como conocer y utilizar las normas básicas de seguridad y uso del material de laboratorio.

Para detallar el nivel de concreción, se analiza a continuación los contenidos curriculares que se trabajaron en cada materia.

1. Alumnado de “Biología y Geología” de 4º ESO:

- Método científico. Elaboración de hipótesis y comprobación y argumentación a partir de la experimentación o la observación.
- Factores ambientales y seres vivos. Factores limitantes y adaptaciones. Límite de tolerancia.
- Relaciones intraespecíficas e interespecíficas. Influencia en la regulación de los ecosistemas.
- Dinámica del ecosistema: ciclo de la materia y flujo de energía.
- Eficiencia ecológica y aprovechamiento de los recursos alimentarios.
- El artículo científico. Fuentes de divulgación científica.
- Aplicaciones de la ingeniería genética (Biotecnología. Bioética).
- Proyecto de investigación: participación y colaboración en el trabajo individual y en equipo.

2. Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional:

Gran parte del trabajo se desarrolló con alumnado de esta materia, que pretende formarse en experimentación básica, contribuyendo a adquirir una disciplina en el trabajo de campo y laboratorio, a respetar las normas de seguridad e higiene y a proporcionar una orientación general sobre los métodos prácticos de la ciencia y sus aplicaciones en la actividad profesional. De modo específico se abordaron los siguientes contenidos:

- Organización del laboratorio: materiales y normas de seguridad e higiene.
- Aplicación del método científico a los trabajos de laboratorio.
- Utilización de herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación para el trabajo experimental.
- Concepto de investigación, desarrollo e innovación, y etapas del ciclo I+D+i.
- Proyecto de investigación: participación y colaboración en el trabajo individual y en equipo.

Otro logro fundamental, a nivel educativo, ha sido el conseguir motivar al alumnado participante, en un contexto post-pandémico complejo, implicándolo en un proyecto que fue considerado por el alumnado como aplicado y relevante en su ámbito personal.

Otra propuesta interesante que puede surgir sería la metodología de trabajo por proyectos, aplicada en diversos cursos de la etapa de Primaria, en colaboración con los Departamentos Didácticos de ESO (Biología y Geología; Física y Química; Tecnología; Lenguas Extranjeras).

Asimismo, en este proyecto supone una propuesta de aprendizaje-servicio, en la cual el grupo de estudiantes de 4º curso de la ESO implicado en el proyecto llevan a cabo durante todo el curso escolar el cultivo y el cuidado de las plantas hortícolas hasta su cosecha. Una vez tomados los datos de producción los estudiantes ponen lo cosechado a disposición del comedor escolar para que sean incluidas en el menú semanal del Centro. Con esta actividad, además de conocimientos técnicos sobre el cultivo de hortícolas, se forjan vínculos entre los miembros de la comunidad escolar del CPI Mosteiro-Meis. De este modo, en nuestra propuesta educativa se combina el servicio a la comunidad con el aprendizaje curricular. Así, se consigue una participación auténtica del alumnado en la comunidad, orientada al bien común y a la adquisición de valores y virtudes cívicas (Puig Rovira et al. 2011).

### 3.2.4. Instrumentos de evaluación

Se evaluaron los niveles en el alumnado mediante un cuestionario de percepción y actitudes. Además de datos demográficos, el cuestionario incluyó preguntas sobre la percepción de las ciencias de la naturaleza, la agricultura y la compresión del método científico y también sobre las actitudes frente a la resolución de problemas y gestión de emociones. Las cuestiones se dividieron en los siguientes bloques:

- Bloque 1: Materias de Biología y Geología y Ciencias Aplicadas a la actividad profesional. Se incluyen cuestiones relacionadas con la nota que esperan en la materia y la valoración sobre lo aprendido y la percepción sobre su utilidad en su formación y en la vida cotidiana.

- Bloque 2: Resolución de problemas. Se incluyen cuestiones relacionadas con los pensamientos y sentimientos en situaciones diversas.
- Bloque 3: Ciencias de la vida y agricultura. Se incluyen cuestiones relacionadas con distintos aspectos de las ciencias de la vida y la percepción que el alumnado tiene de ella.
- Bloque 4: Las emociones. Se incluyen cuestiones relacionadas con los pensamientos y sentimientos en situaciones diversas.
- Bloque 5: La ciencia y la investigación científica. Se incluyen cuestiones acerca de la visión que el alumnado tiene sobre la ciencia y la investigación científica.
- Bloque 6: El proyecto. Se incluyen cuestiones acerca de la valoración de su participación en el proyecto.

## 4. RESULTADOS

Los resultados que se esperan del proyecto abarcan tres enfoques específicos:

Científico. Al finalizar el proyecto se esperar obtener material de base para el desarrollo de nuevas variedades de repollo, pertenecientes al género Brassica. Estos materiales, obtenidos mediante un proceso de selección y mejora participativa en la que colaboraron escolares, profesionales y científicos, estarán adaptados a las condiciones edafo-climáticas y a las técnicas de cultivo particulares de cada país. Este trabajo de selección fue desarrollado a nivel local, pero estableciendo a su vez una colaboración transnacional al intercambiar materiales, datos y conocimientos entre los equipos participantes.

Educativo. Introducir en el programa docente una actividad científico-técnica, con carácter aplicado, inexistente en el currículo actual de los centros, que además cuenta con el estímulo de ser realizada a nivel internacional, contando con un programa de intercambio del alumnado. Todo ello la convierte en una potente herramienta para el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como para la formación integral del

alumnado, al fomentar los valores de igualdad, tolerancia, respeto y diversidad.

Laboral. Proveer al alumnado de conocimientos teóricos y técnicos relacionados con la actividad agraria, tratando de establecer una conexión entre el entorno educativo y las opciones profesionales en su mercado laboral más próximo, teniendo en cuenta que las tres localidades involucradas en el proyecto se encuentran en entornos donde tienen gran relevancia el sector agrícola y/o ganadero.

Asimismo, para responder de forma directa al compromiso con la innovación requerido por la acción en la que se enmarca este proyecto (Asociaciones estratégicas de desarrollo de innovación KA201) se desarrollarán los siguientes productos intelectuales:

1. Artículo científico. La elaboración y publicación del artículo será llevada a cabo por la MBG-CSIC con los datos obtenidos en los ensayos de campo realizados por el alumnado durante dos años (2020-20 y 2021-22) en cada una de las tres localidades.
2. Audiovisual. El documental mostrará todo el proceso, metodología y justificación del trabajo realizado, para conseguir ampliar el público objetivo de nuestras actividades.
3. Manual. Incluirá la descripción del método científico aplicado al estudio de los cultivos y servirá como guía para una unidad didáctica en la materia de Biología, de modo que se dará continuidad al proyecto tras su finalización. De este modo, contribuirá a promover el interés por las STEM y a despertar las vocaciones científicas entre nuestro alumnado.

## 5. DISCUSIÓN

Está ampliamente reconocido que la educación necesita enfoques nuevos e innovadores, en especial en el ámbito de la educación científica. Chumbley et al. (2015) sugieren que las carencias del alumnado respecto a la alfabetización científica podrían deberse a que la ciencia en nuestras escuelas es demasiado abstracta y carece de un contexto en el que los estudiantes apliquen los conceptos que han aprendido. Esquivel Martín

(2019) apunta a que el desinterés de los estudiantes por las ciencias puede deberse a la sobrecarga de información, muchas veces escasamente fundamentada y poco fiable, así como a las metodologías docentes poco adecuadas donde el conocimiento se transmite como un dogma, sin espacio para la crítica y la reflexión. Nosotros proponemos una iniciativa innovadora, aplicada y activa que motive al alumnado y que estimule el pensamiento crítico y la indagación.

Se trata de un aprendizaje basado en un proyecto de investigación STEM que puede ayudar a mejorar la comprensión en las materias de ciencias y a promover actitudes positivas hacia el aprendizaje de las mismas. Es por ello que la educación científica contextualizada presenta un enfoque innovador muy prometedor, ya que supone una potente herramienta en el ámbito educativo. Además, la motivación para aprender ciencias beneficia a todos los estudiantes, ya que fomenta las habilidades de alfabetización científica, incluyendo el aprendizaje de conocimientos científicos, cómo identificar preguntas científicas importantes y la comprensión de cómo sacar conclusiones basadas en la evidencia (Chumbley et al. 2015). Dados los apremiantes retos a los que se enfrenta la enseñanza STEM, considerada fundamental para el crecimiento económico en muchos países del mundo, es imprescindible que haya actividades académicas que motiven y preparen a los estudiantes para abordar su futuro académico y profesional dentro de estas disciplinas.

La educación basada en proyectos ha sido históricamente y sigue siendo entendida como una parte importante de la formación en ciencias ya que propicia la aplicación de los conceptos adquiridos en clase. Asimismo, la participación en proyectos STEM van más allá de la adquisición de habilidades y competencias, ya que influyen en el desarrollo personal y en la preparación de estudios diversos más allá de la agricultura. En este ámbito, Eugenio-Gozalbo et al. (2022) reconocen el potencial del cultivo de plantas en huertos ecodidácticos como un recurso valioso al incluir el aprendizaje cognitivo, afectivo y evaluativo. Asimismo, indican que la gestión de estos espacios promueve el respeto hacia la naturaleza y propician el mantenimiento de sistemas más complejos (agroecosistemas), de gran utilidad para el aprendizaje de conceptos en diversas disciplinas de la biología. De forma análoga, Kay et al. (2022) describen

cómo la agricultura urbana puede ayudar a los estudiantes de grado a relacionar los conceptos de la biología con los cambios globales urgentes y puede proporcionar oportunidades de investigación en experimentos de campo, al mismo tiempo que los conecta con las comunidades a las que pertenecen.

Del mismo modo, sostenemos que nuestra propuesta de enseñanza en contexto puede facilitar el aprendizaje de conceptos de las materias de Biología y Geología y Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional de un modo activo, a la vez que se consigue implicar al alumnado en el servicio a la comunidad. Además, el carácter internacional del proyecto que presentamos incide en la mejora de otras competencias (lingüística, digital y social) y favorece la formación integral del alumnado.

Una de las ventajas de abordar experiencias que integren la agricultura en las enseñanzas STEM es que, de un modo realista e interdisciplinar, sumergen a los estudiantes en el aprendizaje basado en casos reales, llegando a influir no sólo en su conocimiento sobre la agricultura y la producción de alimentos, sino también en su interés por los estudios en ese ámbito (Erikson et al. 2019). Sin embargo, la mayoría del profesorado de secundaria nunca han practicado este tipo de enseñanza y tampoco tienen experiencia en temas relacionados con la agricultura. Es por ello, que se hace necesario proponer nuevas iniciativas donde participen científicos y profesionales que ayuden a integrar con éxito el aprendizaje de la agricultura en las STEM.

Asimismo, es importante que, durante el proyecto, los instructores (investigadores y profesores) proporcionen orientación y apoyo y, al mismo tiempo, den protagonismo al alumnado que debe involucrarse en la planificación, realización y evaluación de las actividades. En nuestro caso, esperamos que el hecho de involucrar a los estudiantes de secundaria en un trabajo de investigación propio, donde tienen la responsabilidad de tomar y recopilar los datos obtenidos, e implicarlos en trabajos complementario de laboratorio, les incentive e inspire a seguir una carrera relacionada con las disciplinas STEM.

## 6. CONCLUSIONES

La integración de experiencias educativas innovadoras en el currículo, como la que hemos llevado en el ámbito de las ciencias agrarias, tienen un enorme potencial para motivar al alumnado y despertar su interés por las STEM, al mismo tiempo que los preparan para su futuro académico y profesional. Además, el ámbito internacional en el que se desarrolló nuestro proyecto propicia la formación integral del alumnado, al fomentar los valores de igualdad, tolerancia, respeto y diversidad. La implicación de investigadores y profesionales en el ámbito de las ciencias, la tecnología y la ingeniería suponen un instrumento de gran valor para la transferencia y difusión de conocimientos científicos, así como para conectar a la población no especializada con la ciencia y la naturaleza a través de un aprendizaje práctico, experimental y basado en la investigación.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto "Programa botánico de selección y mejora participativa en la U.E. (nº 2020-1-ES01-KA201-082977)" financiado por la Unión Europea a través del programa Erasmus+. Agradecemos el apoyo prestado por la Fundación Antón Losada Diéguez, que ha promovido y participado en la elaboración de esta propuesta.

## 8. REFERENCIAS

Casañas, F., Simó, J., Casals, J., Prohens, J. (2017). Toward an evolve concept of landrace. *Frontiers in Plant Science 8: 145.*

Chumbley, S.B., Haynes, J.C., Stofer, K.A. (2015). A measure of students' motivation to learn science through agricultural STEM emphasis. *Journal of Agricultural Education, 56(4), 107-122.*

Erikson, M.G., Erasmus, M.A., Karcher, D.M., Knobloch, N.A., Karcher, E.L. (2019). Poultry in the classroom: effectiveness of an online poultry-science-based education program for high school STEM instruction. *Poultry Science 98:6593-6601.*

Esquivel Martín, T. (2019). Propuesta educativa para la alfabetización científica sobre salud en bachillerato. *Didácticas Específicas 20: 7-24.*

Eugenio-Gozalbo, M., Monferrer, L., Ortega-Cubero, I., Adelantado-Renau, M. (2022). Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 19(3): 3206.*

FAO (2017). The future of food and agriculture - Trends and challenges. Rome.

Grote, U., Fasse, A., Nguyen, T.T., Erenstein, O. (2021). Food security and the dynamics of wheat and maize value chains in Africa and Asia. *Frontiers in Sustainable Food Systems 4:617009.*

Kay, A.D., Chapman, E.J., Cheruiyot, J.D., Lowery, S., Singer, S.R., Small, G., Stone, A.M., Warthen, R., Westbroek, W. (2022). *Ecology and Evolution, 12:e8721.*

Puig Rovira, J.M., Gijón Casares, M., Martín García, X., Rubio serrano, L. (2011). Aprendizaje-servicio y Educación para la Ciudadanía. *Revista de Educación nº extraordinario 2011: 45-67.*

SEPIE (2019). Guía de solicitud Erasmus+ Convocatoria 2019. Asociaciones Estratégicas en el Ámbito dela Educación Escolar KA201. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Madrid.

Strumingher, R., Zarestky, J., Short, R.A., Lawing, A.M. (2018). A framework for informal STEM education outreach at field stations. *BioScience 68: 969–978.*

Urbano Martínez, E. (2014). Estándares de aprendizaje evaluables y evaluaciones externas: más jerarquía y menos confianza en los docentes. *Fórum Aragón 13:* 22-35.

SECCIÓN VI

# EXPERIENCIAS DE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE STEM EN EL AULA

# CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA GENÉTICA (CIIG) DE LA UFV: UN ABP COMO FACILITADOR DEL APRENZIDAJE DE STEM EN LA UNIVERSIDAD

ÁGUEDA MERCEDES TEJERA
*Universidad Francisco de Vitoria*

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la Ingeniería Genética en la década de los ’70 del siglo pasado y hasta nuestros días, las técnicas de manipulación del material genético se han desarrollado de forma exponencial y se han convertido en un pilar fundamental de la Biomedicina. Este progreso se ve plasmado en la actualidad con la disponibilidad de nuevos procedimientos diagnósticos, una mayor precisión del pronóstico de muchas enfermedades y el desarrollo de nuevas terapias, que tienen como objetivo el diseño de tratamientos más personalizados y, así, más efectivos.

Los progresos en los conocimientos de las patologías, el desarrollo de nuevos fármacos, vacunas y terapias, están cada vez más presentes en nuestra vida cotidiana a través de los medios de comunicación y RRSS, que han trascendido del público científico al general debido a la pandemia por covid. A su vez, aumenta el interés de nuestros estudiantes de Biomedicina por ligar su desarrollo profesional a estas áreas de trabajo.

En la actualidad, tanto en los laboratorios de investigación como de desarrollo en la industria, es una práctica habitual aplicar diversas técnicas de ingeniería genética, que por otra parte van avanzando de manera vertiginosa en cantidad, en precisión y, por ende, en complejidad. Por lo tanto, para poder jugar un papel activo en el progreso de las disciplinas biomédicas, es esencial para los estudiantes de este campo sumergirse en el conocimiento de las diferentes técnicas de manipulación del DNA.

Por este motivo, este proyecto se llevó a cabo en la asignatura de Ingeniería Genética (IG) del Grado en Biomedicina de la Universidad Francisco de Vitoria, durante el 6º semestre del mismo, en la cual se abordan las diferentes técnicas mencionadas, incluyendo las de mayor actualidad y vanguardia.

Podríamos pensar, entonces, que es de esperar que nuestros estudiantes manifiesten un elevado interés inicial en la asignatura (70% alto o muy alto), pero a su vez, que la perciban como difícil o muy difícil, en un 95%, tal como revelan las encuestas de evaluación docente. Este grado de dificultad para la adquisición de las competencias específicas de IG había sido detectado en el Grado de Biotecnología, dado que se imparte una asignatura con la que comparte algunas de estas competencias (Tecnología del DNA recombinante o TDR), y además porque la profesora responsable forma parte del equipo docente de TDR.

El reto de la enseñanza STEM ha alcanzado también las aulas universitarias, cuando los estudiantes ya han elegido el inicio de su carrera profesional, optando por un grado afín a sus intereses y motivaciones.

Esto se debe realizar en un marco atractivo, dinámico, digital, flexible y autónomo, acorde a las necesidades educativas de nuestros alumnos, para captar su atención y mantener su motivación pese a las dificultades con las que se puedan encontrar (Marín Díaz et al, 2012; Barreto & Iriarte Diaz, 2017)

Por lo tanto, como en otras STEM, cuando se implementó el 3º curso de Biomedicina, en 2018, era absolutamente necesario aplicar metodologías que facilitasen el aprendizaje e incorporar actividades que favorecieran la adquisición de las competencias específicas de IG. Por este motivo, y con la experiencia adquirida, desde ese primer curso académico el cual se impartió IG en Biomedicina, se aplicaron diversas metodologías docentes con este fin.

Entre ellas se encuentra la propuesta base de este proyecto de innovación de Aprendizaje basado en Proyectos, que se ha llevado a cabo desde el curso 18-19. Basándonos en encuestas de percepción percibimos un efecto beneficioso y por este motivo se ha continuado su realización, incorporando los puntos de mejora detectados en las dos ediciones

previas (Bell, 2010; Traverso-Ribón, 2016). Es necesario destacar que el proyecto también se ha visto enriquecido por la formación del profesorado en metodologías activas en el marco del nuevo modelo pedagógico de la UFV, basado en un modelo guiado por 3Ds: despertar, descubrir, decidir, el cual ha sido reforzado con la experiencia del curso Formar para transformar impartido a los profesores en 2020 (Universidad Francisco de Vitoria, 2020).

Hemos elegido el ABP porque consideramos que puede reforzar la autonomía de los alumnos como conductores de su propio aprendizaje, en un marco de trabajo colaborativo que potencia sus habilidades, tanto individuales como de equipo, para generar proyectos creativos en los cuales puedan demostrar la adquisición de las competencias buscadas (Traverso-Ribón, 2016).

Se pretendió promover la generación de propuestas innovadoras o emprendedoras propias y un planteamiento científico riguroso, que ayudase a los alumnos a prepararse para la realidad que pueden encontrar en la vida profesional. En el marco de este proyecto, en cada comunidad de aprendizaje trabajamos simulando un centro de investigación que denominamos CIIG: "Centro de Investigación en Ingeniería Genética (CIIG)". Este estaba constituido por una serie de Grupos de Investigación (los equipos), que realizaron un trabajo cooperativo para diseñar un Proyecto de investigación o innovador en el campo de la biomedicina. El proyecto necesariamente debía implicar la aplicación de una serie de técnicas de Ingeniería Genética, para afrontar una problemática que fuese de interés para el equipo. La libertad en la elección del objeto de estudio tenía la intención de propiciar el mantenimiento del interés, la implicación y motivación del equipo. Era de esperar que la realización de este trabajo práctico y experiencial propiciara un aprendizaje duradero.

Estas propuestas son bien recibidas por los estudiantes de Biomedicina porque les permiten aplicar e integrar los conocimientos adquiridos en la asignatura en un contexto práctico relacionado con la vida real, y que pueden aprovechar en el corto plazo para enfrentar otras asignaturas del Grado (como Organismos Modificados Genéticamente, Prácticas externas o el Trabajo de Fin de Grado, en 4º) o a mediano o largo plazo en su carrera profesional.

Para acompañarlos en este recorrido, sumamos al ABP otras metodologías como *flipped classroom*, mediante vídeos enriquecidos, y aprendizaje cooperativo, de aplicación en otras asignaturas STEM (Area & Adell, 2009).

Dado que los avances de la ingeniería genética están en la frontera del conocimiento y van por delante de la regulación de la experimentación, en el proyecto también debieron tener en cuenta los aspectos sociales y éticos de su realización. De esta manera se intentó abrir la ciencia específica, IG en este caso, a otras ciencias, que los estudiantes conocieran las ventajas y límites de su ciencia específica, y en profundidad las herramientas de IG para su correcta aplicación. Así se esperaba que valorasen el progreso científico que pueden aportar como profesionales con respecto al progreso humano. De esta manera intentamos además despertar preguntas que podían ser trabajadas con la mirada de otras ciencias, como la Filosofía, la Antropología y la Ética, cuyas bases poseían por cursar estas asignaturas en el Grado, de acuerdo con la formación integral de los alumnos en la UFV (Lacalle Noriega, 2014).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este proyecto fue favorecer el aprendizaje de los estudiantes a través de la planificación de un proyecto de investigación científica que les permitiese conocer, aplicar, relacionar e integrar los contenidos de la asignatura, en un marco atractivo y motivador.

### 2.2. Objetivos particulares

Para esto planteamos los siguientes objetivos particulares:

- Evaluar el impacto de este ABP en la asignatura de Ingeniería Genética de Biomedicina como metodología facilitadora del aprendizaje en una asignatura percibida como compleja.
- Potenciar el trabajo autónomo de cada alumno para ayudarlo a convertirse en el protagonista de su aprendizaje, primero de

forma individual, para luego enriquecer el trabajo del equipo a través de una interacción sinérgica con sus compañeros.

- Estimular la interacción en el aula entre los compañeros y el profesor para desarrollar el espíritu crítico y la creatividad a través de la discusión científica entre grupos, que enriquezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Promover el diálogo entre ciencias, a través de la inclusión de una visión general del proyecto que supere los límites de la ciencia particular, aprovechando y reforzando la formación integral del alumno de nuestra universidad, que despierte o incremente su interés por una mirada de la asignatura que parte de una razón ampliada.
- Aprovechar la disponibilidad y variedad de recursos educativos de alta calidad, cuyo acceso se ha flexibilizado con la utilización de Canvas.
- Reforzar las presentaciones eficaces orales y escritas, necesarias para el desempeño del profesional biomédico en diferentes ámbitos.
- Análisis de los resultados obtenidos durante la evaluación continua y en los exámenes finales, para compararlos con los resultados alcanzados en los dos Cursos inmediatamente anteriores.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Bases del proyecto

El proyecto se llevó a cabo en la asignatura de Ingeniería Genética en 3ºA y B del Grado en Biomedicina, durante el segundo semestre del Curso académico 2020-2021.

El objetivo del trabajo era diseñar un Proyecto de investigación o innovador aplicando técnicas de Ingeniería Genética, para abordar una problemática del campo de la biomedicina que sea de interés para el equipo. Se valoraba positivamente que tuviesen en cuenta los aspectos éticos de

la propuesta, y que la enfocasen desde un punto de vista amplio y en relación con otras ciencias, reflejando la formación integral que adquieren, seña de identidad de los alumnos UFV.

El Proyecto tenía que estar científicamente fundamentado y debían establecer los objetivos particulares para las diferentes fases necesarias para su consecución. Debían diseñar las estrategias y experimentos necesarios para abordar los objetivos particulares haciendo hincapié en la metodología, de acuerdo con la propuesta realizada. En función de esta, presentarían los resultados posibles que pudieran obtenerse, a partir de cada experimento y se tenía que justificar su análisis.

Los conocimientos y su puesta en práctica necesarios para la realización del proyecto se irían desarrollando en el marco de las actividades formativas de IG, incluyendo clases magistrales, *flipped classroom*, resolución de problemas y cuestiones, para ir enriqueciendo el trabajo y ayudando a resolver problemáticas específicas a lo largo del curso.

Al inicio de la cursada, los alumnos tuvieron disponible en CANVAS toda la información relacionada con el proyecto (propuesta, rúbricas, calendarización) como así también estuvieron habilitados los espacios necesarios para la realización del trabajo y foros de dudas y discusión.

### 3.2. Fases del proyecto

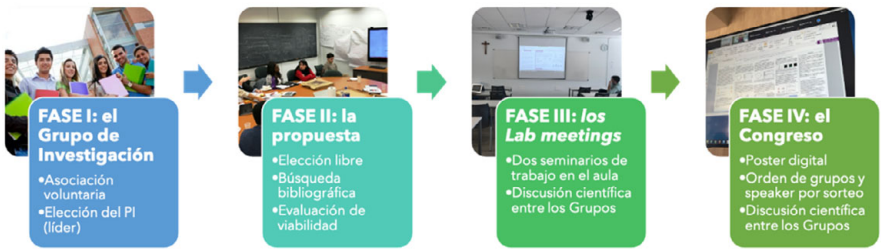
La Figura 1 muestra las diferentes Fases del proyecto que detallas las actividades a realizar, especialmente enfocadas desde el punto de vista de los estudiantes.

#### 3.2.1. FASE I: El Grupo de Investigación

El primer día de clase se explicó la propuesta en el marco de la presentación de la asignatura. Los alumnos debían conformar los equipos de 4 a 5 personas, de forma voluntaria y una vez constituidos se apuntaron en el Aula Virtual de la asignatura. En CANVAS tuvieron acceso a una Página para cada grupo, para brindarles un canal de comunicación entre ellos, con la profesora, compartir materiales, et. Cada grupo designó un portavoz o líder (que llamamos “IP”, investigador principal) para coordinar las tareas o roles y servir de enlace permanente con la profesora y

los otros grupos. Cada Grupo eligió un nombre para este que lo identificaba en función del proyecto elegido. Los proyectos podían enmarcarse tanto en el ámbito académico como empresarial. Una ver conformados los equipos comenzaron a trabajar para desarrollar un aprendizaje cooperativo (Gaudet et al., 2010; Mendo-Lázaro et al., 2018).

***FIGURA 1:*** *Fases del ABP Centro de in Investigación en Ingeniería Genética*




Fuente: elaboración propia

Este día se pasó una encuesta (Encuesta I) que incluyó la recogida de información sobre los conocimientos previos en ingeniería genética, tecnologías fundamentales, percepción de la asignatura, relación con otras asignaturas, rendimiento académico en asignaturas del área, presentaciones científicas, preferencias de metodologías educativas e intereses profesionales.

### 3.2.2. FASE II: La propuesta

Los temas para trabajar fueron propuestos por ellos mismos. Tenía una gran libertad de elección para favorecer la creatividad, y especialmente, la motivación, la condición sine qua non era que el abordaje del mismo estuviese estrechamente relacionado con esta asignatura. La generación de la propuesta implicó una búsqueda de información sobre tema de interés y cómo enmarcarlo en el proyecto.

Durante el primer mes del curso, cada Grupo tuvo una tutoría obligatoria con la profesora para presentar la propuesta de investigación, con un objetivo general. Se valoró la viabilidad de la propuesta y se orientó a cada Grupo para que pudiesen desarrollarla.

### 3.2.3. FASE III: Los *Lab meetings* (seminarios de trabajo)

Con el objetivo general definido, los Grupos de Investigación fueron estableciendo a grandes rasgos se podrán los objetivos particulares. La consecución de cada objetivo tenía que ser demostrada con el diseño experimental adecuado que implicaba la aplicación de técnicas de IG o relacionadas, y resultados teóricos, donde no debía faltar un análisis estadístico apropiado. Algunos grupos también incluyeron algún resultado que "no salía como esperaban" y cómo lo habían "resuelto", aproximándose a la realidad profesional que ya ven cercana. Si bien todo esto se realiza "sobre el papel" refleja en gran medida el día a día de la investigación biomédica en su generación de conocimiento empírico.

Durante el curso los equipos fueron realizando este trabajo de forma no presencial, con un acompañamiento constante de la profesora en tutorías formales o informales. Las formales tuvieron lugar en los horarios asignados a "Actividades para el seguimiento del aprendizaje".

Al incluir la metodología de *flipped-classroom*, dispusimos también de más tiempo de Aula para trabajar en el proyecto, y el Aula se convirtió así en el sitio ideal para dar *feedback* y *feedforward,* por parte de la profesora y los compañeros (Del Arco Bravo, et al, 2019; ThiThai et al. Valcke, 2017). En fechas establecidas, llevamos a cabo los llamados "*Lab meetings*" de este Centro de Investigación que hemos formado, emulando a los reales. Fueron dos *lab meetings*, o seminarios de trabajo, en los cuales los Grupos expusieron los avances, los escollos con los que se habían encontrado, y participaron todos los equipos preguntando por las decisiones tomadas, aportando ideas, aclarando dudas generales, con el objetivo también de desarrollar un pensamiento crítico y promover la discusión científica en el aula. Esto los ayudaría a preparase para presentar y defender sus resultados o proyectos tanto en el ámbito académico como empresarial.

El avance en la cursada de la asignatura les abría un abanico de conocimientos que podían ir aplicando en su proyecto, a la vez que iban adquiriendo las competencias específicas de la asignatura.

En las tutorías que se realizaron con cada grupo, además del avance en la parte técnica, se valoraba la dinámica que estaban llevando para poder

implementar medidas de mejora a tiempo (Aranda et al, 2013). Así, el acompañamiento en su aprendizaje fue lo largo de todo el curso en tutorías para guiarlos, aconsejarlos y motivarlos.

### 3.2.4. FASE IV: El Congreso

Los resultados de cada proyecto se expusieron con un póster al final del curso en una actividad llamada "Congreso de Ingeniería Genética de Biomedicina".

El póster fue presentado en formato digital y se sorteó el orden de los grupos y el ponente de cada equipo. Todos los miembros del Grupo tenían que ser capaces de realizar una presentación eficiente, reflejando así la responsabilidad individual que implica el aprendizaje cooperativo.

## 3.3. Evaluación del ABP

Para implementar una evaluación renovada, cada propuesta contará con un parte de autoevaluación, una de evaluación por pares (u homoevaluación) y otra por la profesora (heterogénea), todas ellas se realizaron mediante rúbricas. Cada rúbrica contó con 5 niveles de consecución por criterio y todas estuvieron publicadas al inicio de la asignatura (Panadero & Jonsson, 2013).

Tanto el póster como la exposición oral y la participación en el Congreso fueron evaluados, tanto por la profesora, como por los compañeros de los otros equipos. Se tuvieron en cuenta aspectos generales de presentación escrita y oral, de formato de trabajo científico (objetivos definidos, contexto, figuras apropiadas, etc), aplicaciones específicas de las competencias técnicas de IG, y participación. A cada alumno le tocó evaluar a otros dos compañeros de un equipo diferente, como así también a sus propios compañeros en cuanto a su implicación, participación, asunción de roles, gestión, dentro del Grupo y esto incluyó la autoevaluación (Calatayud, 2019; Pérez González, 2008; Magro, 2016).

Por lo tanto, la calificación final de cada alumno fue individual, y siguió los siguientes porcentajes: 10% de sus compañeros de equipo, 10% de sus pares de otros equipos y 80% de la profesora que tuvo en cuenta también la planificación del trabajo y la participación en las tutorías.

Después de las presentaciones se pasó una encuesta final de percepción (Encuesta II) para valorar el proyecto como facilitador de aprendizaje e integrador de conocimientos. Todos los equipos recibieron feedback personalizado sobre el trabajo realizado.

### 3.4. Evaluación del impacto del proyecto

Al llevarlo a cabo el ABO en ambos grupos de 3º de Biomedicina al mismo tiempo, carecíamos de un grupo control para este proyecto, por lo tanto utilizamos datos del curso anterior para obtener una valoración de su impacto., Si bien habíamos llevado a cabo una propuesta con base semejante, la implementación de metodologías activas en esta edición y el trabajo de tutorías en el espacio del Aula que no se habían realizado en cursos anteriores, nos permitieron evaluar el impacto de estas mejoras en el rendimiento académico de los alumnos tanto en evaluación continua como en el examen final. Para esta comparación era necesario tener en cuenta la situación de confinamiento vivida durante gran parte de la edición anterior de IG, y el formato de clase híbrida implementada en este curso. Estas consideraciones dificultan una evaluación objetiva del impacto, pero como el principal objetivo del proyecto es facilitar el aprendizaje de una asignatura percibida a priori como compleja, las encuestas de percepción, nos permitieron valorar el impacto de manera cualitativa.

En concreto, evaluamos los siguientes indicadores:

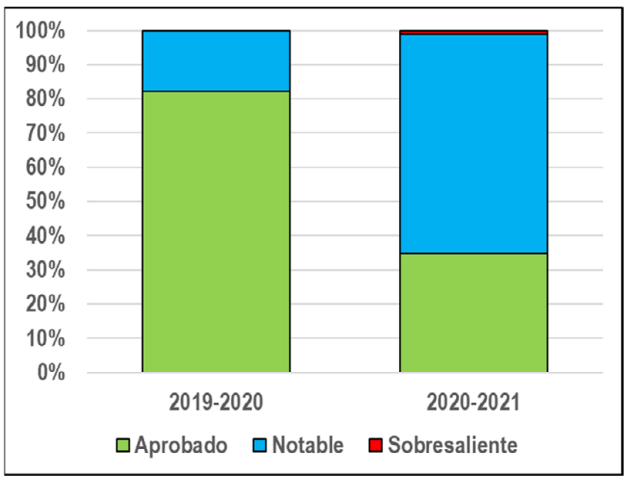
- Mejora del rendimiento académico en la asignatura (% de incremento con respecto al curso anterior, en calificación final de al menos 0,5 puntos, mejora de los porcentajes de aprobados de un 5% y de incremento en % de notables con respecto a aprobados de un 5%).
- Percepción del proyecto como facilitador del aprendizaje (% de alumnos que lo valoran positivamente, mín 50%).
- Percepción de las nuevas metodologías incorporadas como favorecedoras de aprendizaje (% de alumnos que lo valoran positivamente, mín 50%).
- Valoración positiva de los alumnos en cuanto a coste/beneficio (% de alumnos que lo valoran positivamente, mín 50%).

– Valoración positiva de los alumnos en cuanto a transferencia a otras asignaturas (% de alumnos que lo valoran positivamente, mín 50%).

## 4. RESULTADOS

Los resultados globales de este proyecto permiten observar una mejora en el rendimiento de los alumnos como muestra la Figura 2. Si bien no se logró un aumento del 5% buscado en el porcentaje de alumnos aprobados en total, las calificaciones de los alumnos que aprobaron la asignatura fueron superiores al curso anterior.

***FIGURA 2:*** *Desglose del porcentaje de aprobados*



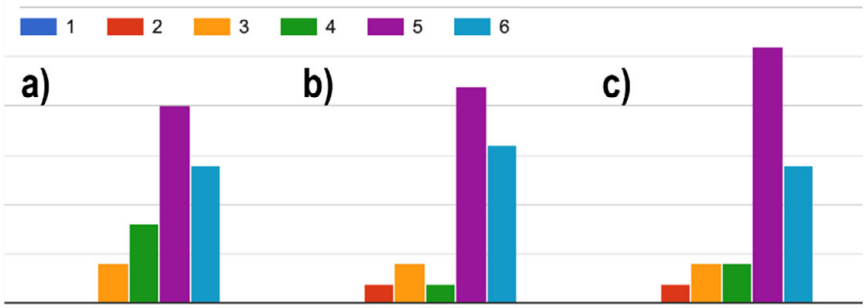

Fuente: elaboración propia

El porcentaje de alumnos que obtuvieron un notable con respecto al curso pasado, se incrementó del 12 al 38%. Cabe destacar además que un 0,7% obtuvo un sobresaliente, cuando ese porcentaje había sido nulo el curso anterior.

Por otra parte, para complementar la evaluación del impacto de la realización del proyecto nos basamos en las encuestas de percepción. Los porcentajes expresados tienen en cuenta los niveles de acuerdo 5 y 6 de la escala de Likert.

La encuesta de percepción final reveló que el 65% opinó que IG erala asignatura que le había resultado más difícil en el cuatrimestre. Entre ellos, el 74% consideró que el proyecto había favorecido su aprendizaje, el 83% que le había permitido detectar sus puntos débiles en el aprendizaje de la asignatura y el 80% que lo había ayudado a integrar los contenidos (Fig. 3).

***FIGURA 3:*** *El Proyecto como facilitador de aprendizaje. Encuestas de percepción (1 a 6). a) Favorecimiento del aprendizaje; b) Detección de puntos débiles en el aprendizaje; c) Integración de contenidos.*



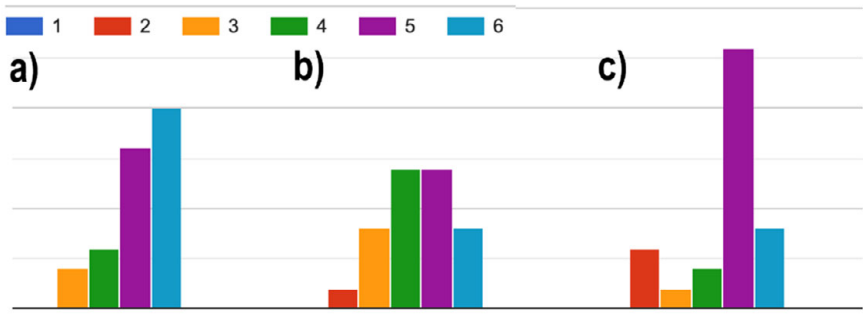

Fuente: elaboración propia

Las actividades de acompañamiento también recibieron valoraciones por parte de los alumnos (Fig 4). Un 78% consideró que las tutorías con la docente para el desarrollo del proyecto habían contribuido al aprendizaje de la asignatura, aunque solo el 48% valoró muy positivamente la realización de los *Lab meetings* habían contribuido al desarrollo del proyecto. Preguntados sobre la contribución conjunta de tutorías con *lab meetings* como facilitadores de aprendizaje, el 74% lo valoró de forma muy positiva. En línea con estos resultados, el 87% afirmó sentirse acompañado por la docente en este camino.

Además, los comentarios libres opcionales de las encuestas, tanto las enmarcadas en el proyecto, como las de evaluación docente al final de curso, reflejan una gran aceptación del proyecto por parte de los alumnos en cuanto a facilitar el aprendizaje de IG, motivarlos para su estudio y comprensión, como así también para la realización de otras actividades formativas evaluables durante el curso. Un 70% de los alumnos encuestados afirmó que lo recomendaría a otros compañeros.

***FIGURA 4:*** *Actividades de acompañamiento. Encuestas de percepción (1 a 6)*

*a) Tutorías con docente; b) Contribución de Lab meetings al desarrollo del proyecto; c) Proyecto y lab meetings para integración de contenidos*




Fuente: elaboración propia

De esta manera, de forma global, y en las condiciones indicadas, consideramos que el impacto ha sido positivo según los indicadores analizados.

## 5. DISCUSIÓN

En una asignatura percibida a priori como "difícil" o "muy difícil" para un 95% de los estudiantes que se matriculan, es fundamental desarrollar estrategias que faciliten su aprendizaje. Además, es ventajoso que también brinden un marco motivador, práctico y experiencial para que el estudiante pueda levantar las barreras que le impone esta percepción y pueda cursarla con una confianza creciente que lo ayude a alcanzar el éxito.

Este proyecto se enmarcó en el modelo pedagógico de la UFV de despertar, descubrir y decidir, y se había hecho una propuesta base similar en los dos cursos anteriores de IG, pero en la edición presentada aquí se había visto enriquecido al apoyarse en nuevas metodologías activas, llevadas a cabo con más rigor, a partir de nuestra formación docente en las mismas.

Este proyecto de innovación docente consistió en un ABP, reforzado por *flipped classroom* y aprendizaje cooperativo. La *flipped classroom* ayudó a potenciar un aprendizaje autónomo en el que el alumno adquiere un rol más protagónico y aprende a gestionar su tiempo. Dado que

nuestros alumnos están familiarizados con el entorno digital, y lo tienen incorporado en su vida diaria, estas actividades pretendían ser más motivadoras y así tener un efecto positivo. Al contar con una gran flexibilidad de horarios para realizar estas tareas y recursos opcionales, los estudiantes pudieron avanzar en la toma de riendas de su propio aprendizaje y así en su autonomía. Los tiempos en aula se aprovecharon para enfatizar el aprendizaje activo, mediante actividades de aplicación, comparación, evaluación de casos, etc, es decir de un nivel cognitivo superior (Del Arco Bravo et al., 2019; ThiThai et al, 2017).

Por otra parte, la aplicación del trabajo cooperativo, con la asignación de roles y la colaboración dentro del grupo, la preparación para la presentación porque cualquiera puede llegar a ser el ponente, pueden favorecer la autonomía del alumno, su relación con sus compañeros, promover el desarrollo de las habilidades interpersonales y la asertividad, aumentar su responsabilidad individual para el progreso común, y prepararlo para el entorno profesional (Gaudet et al., 2010; Mendo-Lázaro et al., 2018).

Finalmente, y como eje central, este ABP consistió en la realización de un proyecto en grupo para adquirir las competencias específicas de la asignatura en el contexto de un trabajo científico, relacionado con una problemática real en el campo de la biomedicina que los acercó al entorno profesional de un futuro cercano. La propuesta fue presentada al inicio del curso y a medida que se avanzó en los contenidos de la asignatura, tanto desde un punto de vista teórico como práctico, fue aumentando el bagaje de herramientas y estrategias disponibles que podían aplicar en su proyecto. La resolución de casos prácticos y el trabajo en el laboratorio, así como otras actividades formativas propuestas en la asignatura contribuyeron a generar ideas, a plantear los experimentos del proyecto según el objetivo, en el contexto del trabajo en general, y a analizarlos.

En su desarrollo suelen aplicar 5 o 6 Temas de los 8 que tiene la asignatura en total, y pueden ver perfectamente cómo se relacionan entre sí. La integración de los diversos contenidos es un punto de dificultad que ha sido detectado en la experiencia de impartir esta asignatura y su homóloga en Biotecnología y que se pretendió abordar con este proyecto. El orden de

los contenidos se asemeja a lo que uno realiza en la práctica profesional y pueden ser el hilo conductor de los trabajos, lo que reviste a los proyectos de un carácter integrador (Bell, 2010; Traverso-Ribón, 2016).

El hecho de aplicarlos de forma concreta y en un contexto de su elección los ha motivado y ha favorecido su aprendizaje, tal como han manifestado los alumnos en las encuestas de percepción y muestra el aumento en el porcentaje de alumnos con calificaciones finales más altas.

La libertad en la elección del tema ha sido valorada muy positivamente y consideramos que es fundamental para involucrar a los alumnos. Esto se ha puesto de manifiesto en la variedad de temática de las propuestas. Asimismo, en el marco de esta actividad, pueden continuar y enriquecer proyectos de otras asignaturas, siempre que cumplan con los requisitos. Esto, además de permitirles gestionar tiempo y recursos, los ayuda a obtener una visión integradora del Grado.

Como ejemplo exitoso, durante el curso 19-20, el equipo "Biological Cleaning Membrane (BCM)" desarrolló el proyecto trabajado también en las asignaturas de *Founding Technology-Based Companies* (I) y (II), que llegó a la final y ganó el *Instagram Challenge Award del Fowler Global Social Innovation Challenge (FGSIC)* organizado por el *Center for Peace and Commerce* de la Universidad de San Diego (California, USA), para promover el emprendimiento social de los universitarios de todo el mundo.

El ABP incluyó también una evaluación renovada en 360º que incluye tanto auto, homo y heteroevaluación. Este trabajo ayudó a que cada estudiante ganase protagonismo en la dirección de su proceso de enseñanza y aprendizaje, que tomase conciencia de su progreso individual y que también se apoyase en sus compañeros de equipo y asumiera su responsabilidad individual y grupal. Tanto los *Lab meetings* como la presentación del póster, constituyeron momentos muy propicios para recibir *feedback* y *feedforward* por pares y docente.

El análisis de la información obtenida en las encuestas nos permitió también detectar los puntos de mejora para futuras ediciones. Es necesario valorar la dedicación de los alumnos a la realización del proyecto fuera del aula, en su tiempo de trabajo no presencial. También, se revisarán

las rúbricas de evaluación, tanto las aplicadas por los alumnos como por la profesora. Dada la implicación de los alumnos en el proyecto y la demostración de que a través del mismo han adquirido en gran medida las competencias específicas de la asignatura, también se revisarán los por porcentajes aplicados en la calificación final de la asignatura.

Por otra parte, también se trabajan competencias transversales, como aplicar sus conocimientos a un trabajo de forma profesional, elaborando y defendiendo argumentos, como así también resolviendo problemas dentro de su área de estudio. Asimismo, desarrollan habilidades de comunicación de material de contenido científico-técnico a personal especializado y no especializado. El trabajo en equipo los ayuda a desarrollar sus capacidades de integración en grupos de trabajo, cada vez más habituales, y que tendrán que demostrar en el desarrollo de su etapa profesional.

Estas características del proyecto nos llevan a valorar la posibilidad de abrir la propuesta a otras asignaturas, tanto en las áreas de empresa como de humanidades, y hacerlo transdisciplinar para superar la división de saberes producto de la excesiva especialización y lograr una visión de conjunto que es la que da sentido a cada ciencia específica, pilar de una razón abierta.

En síntesis, en el marco de este proyecto, además de aprender los contenidos propios de la asignatura, despliegan su creatividad, aplican método científico y desarrollan rigurosidad y pensamiento crítico, pilares fundamentales de la investigación y desarrollo en biomedicina.

## 6. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de este proyecto pudimos extraer las siguientes conclusiones generales:

- El proyecto ayudó a que cada estudiante ganase protagonismo en la dirección de su proceso de enseñanza y aprendizaje, que se apoyase en sus compañeros de equipo y asumiera su responsabilidad individual y grupal.
- La aplicación práctica de los contenidos de la asignatura y en un contexto de su elección los motivó y favoreció su aprendizaje.

- La libertad en la elección del tema sido fundamental para involucrar a los alumnos que requieren un plus de motivación, y para no coartar su creatividad con temas pre-definidos.
- En el marco de esta actividad, pueden continuar y enriquecer proyectos de otras asignaturas, lo que les ayuda a obtener una visión integradora del Grado, con la perspectiva transdisciplinar que tiene el desarrollo profesional.

El proyecto se constituyó en un facilitador de aprendizaje de la ingeniería genética. Además, propició el aprendizaje y desarrollo del método científico, reforzando los hábitos de investigación rigurosa, de pensamiento crítico para su trabajo y el de otros, de búsqueda del saber y de creatividad que potenciarán sus capacidades de adaptación intelectual a situaciones profesionales nuevas en diversos campos de la biomedicina, así como su madurez profesional y personal.

Finalmente, y basándonos en esta experiencia, podemos concluir que este tipo de proyectos constituye una aproximación efectiva y estimulante para la enseñanza de STEM en la universidad.

## 7. AGRADECIMIENTOS/APOYOS

La autora agradece profundamente a todas las personas y departamentos de la Universidad Francisco de Vitoria que hicieron posible la realización y difusión de este proyecto. Muy especialmente agradece el apoyo del Instituto de Innovación del Vicerrectorado de Innovación y Emprendimiento, al Vicerrectorado de Investigación y Postgrado, a la Facultad de Ciencias Experimentales y a todos los alumnos de 3º de Biomedicina de la UFV que formaron parte de este, por su dedicación, esfuerzo, entusiasmo, creatividad, y gran motivación para hacerlo posible.

## 8. REFERENCIAS


Aranda, A., Pastor, V., & Oliva, F. (2013). La evaluación formativa en docencia universitaria y el rendimiento académico del alumnado.,. *Aula abierta*, 41(2), 23-34.

Area, M., & Adell, J. (2009). E-learning: enseñar y aprender en espacios virtuales. En J. D. (Coord), *Tecnología educativa. la formación del profesorado en la era de internet.* (págs. 391-424). Málaga: Aljibe.

Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies*, Issues and Ideas, 83:2, 39-43.

Calatayud, M. (2019). *¿Qué beneficios se derivan de la autoevaluación?* Obtenido de Vicens Vives blog: https://blog.vicensvives.com/beneficios-de-la-autoevaluacion/

Del Arco Bravo, I., Flores Alarcia, O., & Silva, P. (2019). El desarrollo del modelo flipped classroom en la universidad: impacto de su implementación desde la voz del estudiantado. *Revista de Investigación Educativa*, 37(2), 451-469.

Gaudet, A., & et, a. (2010). Small-Group learning in an upper-level university biology class enhances academic performance and student attitudes toward group work". *PLoS ONE*, 5 (12) e15821.

Lacalle Noriega, M. (2014). *En busca de la unidad del saber. Una propuesta para renovar las disciplinas universitarias.* Ed. Universidad Francisco de Vitoria.

Magro, C. (2016). *Evaluar es aprender.* Obtenido de Co-labora-red: https://carlosmagro.wordpress.com/2016/12/01/evaluar-es-aprender/

Marín Díaz, V., Vázquez Martínez, A., Llorente Cejudo, M., & Cabero Almenara, J. (2012). La alfabetización digital del docente universitario en el espacio europeo de educación superior. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 39.*

Mendo-Lázaro, S., & et, a. (2018). Cooperative teams Learning and the Development of social skills in higher education: the variables involved. *Frontiers in Psychology*, 9: 1536.

Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129-144.

Pérez González, A. S. (2008). Un sistema para la evaluación del aprendizaje basado en proyectos. *XVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas.* Cádiz.

Ricardo Barreto, C., & Iriarte Diazgranados, F. (2017). *Las TIC en la educación superior: experiencias de innovación.* Editorial Universidad del Norte, Colombia.

ThiThai, N., De Wever, B., & Valcke, M. (2017). The impact of a flipped classroom design on learning performance in higher education: Looking for the best "blend" of lectures and guiding questions with feedback. *Computers & Education*, 113-126.

Traverso-Ribón, I. (2016). Evaluación sostenible de experiencias de aprendizaje basado en proyectos. *Education in the Knowledge Society, EKS*, vol. 17, n. 1.

Universidad Francisco de Vitoria. (2020). *Formar para transformar en comunidad. El Proyecto Formativo de la Universidad Francisco de Vitoria.* Universidad Francisco de Vitoria.

# DESARROLLO DE LA ASIGNATURA DE QUÍMICA ANALÍTICA EN UN ENTORNO HÍBRIDO DE APRENDIZAJE: UNA EXPERIENCIA DE AULA EXPANDIDA

MARÍA DEL MAR CAJA LÓPEZ
*Universidad Complutense de Madrid*

MARÍA ANTONIA MARTÍN CARMONA
*Universidad Complutense de Madrid*

ANA ISABEL OLIVES BARBA
*Universidad Complutense de Madrid*

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien el uso de la tecnología en la educación no es algo nuevo, la pandemia del Covid-19 y la situación de estricto confinamiento vivida en España ha supuesto la inmersión total de docentes y alumnado en la docencia en línea, de manera que, hoy en día, la comunidad universitaria está ampliamente familiarizada con el empleo de diversas herramientas tecnológicas enfocadas a la docencia (Torrecillas, 2020). La vuelta a la vida prepandémica y a la docencia presencial plantea el reto de no olvidar lo aprendido y aprovechar al máximo las posibilidades tecnológicas que brindan los espacios virtuales para generar estrategias didácticas efectivas y mejorar así la experiencia de los estudiantes. Es el momento de rentabilizar el impulso recibido y consolidar estrategias disruptivas que transformen verdaderamente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Desde 2020, se han publicado diversos artículos que reflejan el impacto de la pandemia en la educación superior, tanto con relación a factores psicosociales, como académicos. Un estudio bibliométrico sobre publicaciones docentes de instituciones universitarias de países pertenecientes a la Unión Europea ha puesto de manifiesto el nuevo interés surgido por la docencia a distancia. De entre todos los aspectos analizados, los

temas que han concitado mayor atención han sido el impacto de las limitaciones tecnológicas, la preparación del profesorado y la percepción o satisfacción de docentes y estudiantes con las metodologías desarrolladas (Sobral et ál., 2021).

La docencia *online* (no presencial) combinada con las modalidades de enseñanza cara a cara (presenciales) es lo que se conoce en escenarios académicos y corporativos como *blended learning* (Osorio, 2010). Actualmente el concepto admite diferentes interpretaciones bajo las que engloban diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje en las cuales se combinan herramientas y metodologías de diferente naturaleza. Si bien se han propuesto distintos modelos y definiciones, es cierto que el uso mayoritario del término hace referencia a entornos híbridos de formación en los que se combina la formación presencial impartida por un profesor en el aula y las actividades de aprendizaje en línea (Hrastinski, 2019). Estos contextos híbridos permiten exceder los límites físicos del aula convencional, ofreciendo la posibilidad de crear un aula expandida en el que se pueda complementar el trabajo llevado a cabo en la clase tradicional (Asinsten, 2013). Los contextos híbridos son, a su vez, ambientes constructivistas de aprendizaje que persiguen la construcción colaborativa del conocimiento frente a la reproducción del mismo y enfatizan las tareas contextualizadas frente a la instrucción abstracta y descontextualizada (Osorio, 2010) y están alineados con los objetivos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), que promueve la participación efectiva del alumnado (Mateos-Aparicio et al., 2015). El aula expandida, además de ser un recurso con el que se puede complementar y reforzar los contenidos de la asignatura, permite, por tanto, trabajar aspectos clave del EEES, como hacer que el estudiante sea protagonista de su aprendizaje y fomentar dinámicas motivadoras a través del aprendizaje colaborativo y el aprendizaje entre iguales.

La Química Analítica es un área relevante y compleja en los estudios del Grado en Farmacia (Masania et ál., 2017), en el que los alumnos deben entender los fundamentos de diversas técnicas analíticas y conocer sus principales aplicaciones y los equipos instrumentales con los que se llevan a cabo los correspondientes análisis. Por otro lado, deben aplicar conocimientos matemáticos y estadísticos a la resolución de problemas

y tratamiento de los resultados. Asimismo, es también imprescindible la adquisición de competencias prácticas para el trabajo en el laboratorio. Recientemente se ha publicado una encuesta de profesores que revisa el *curriculum* de esta materia en términos de contenidos (análisis clásico y análisis instrumental), dificultades y retos de la docencia y empleo de metodologías activas de aprendizaje (Kovarik et al., 2022). En las encuestas del alumnado sobre la actividad docente del profesorado llevado a cabo a través del programa *Docentia* de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y en relación con la asignatura Química Analítica II del Grado en Farmacia (técnicas instrumentales de análisis), se percibe en los estudiantes una mayor dificultad en la adquisición de los conocimientos y competencias de esta asignatura y ello los lleva a un menor interés en la misma. Se impone, por tanto, la necesidad de implementar nuevas estrategias que fomenten la motivación del alumnado y contribuyan a su desarrollo competencial, así como a una mayor consecución de los objetivos de aprendizaje.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de esta experiencia se centra en desarrollar estrategias de trabajo que permitan incrementar la motivación de los estudiantes y potenciar la consecución de los resultados de aprendizaje de la asignatura de Química Analítica II creando un contexto híbrido de aprendizaje, a través de un sistema de trabajo basado en problemas propuestos y preguntas desafío que se resuelven en el marco de un aula expandida.

## 3. METODOLOGÍA

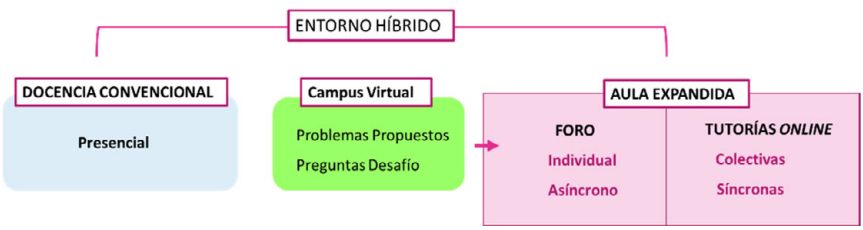
En el Grado en Farmacia de la UCM, la asignatura de Química Analítica II abarca los contenidos propios del análisis instrumental y se imparte en el primer semestre del segundo curso, con carácter troncal.

La propuesta metodológica que se describe en este trabajo se ha cimentado en la experiencia previa de los cursos 2019/2020 y 2020/2021 en los cuales la docencia se desarrolló obligatoriamente bajo los protocolos implementados durante la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 y que supuso un incremento en la utilización de soportes telemáticos

para poder continuar la actividad docente y poder llegar a los estudiantes, así como el desarrollo de nuevas metodologías docentes y materiales docentes disponibles en el Campus Virtual. Así, durante el curso 2020/2021, una parte del temario de la asignatura de Química Analítica II se impartió en la modalidad de aprendizaje inverso o *flipped learning* (Prieto, 2018) con el que se buscaba un aprendizaje activo, colaborativo e inductivo basado en problemas de resolución numérica y preguntas relacionadas que tenían como objetivo que los estudiantes reflexionaran sobre la materia y profundizasen en los conceptos clave de la asignatura.

En el curso 2021/2022, la metodología se ha aplicado en dos grupos, el grupo B1, en horario de mañana, y el grupo C, en horario de tarde y con un menor número de alumnos y mayor proporción de alumnos repetidores (Grupo B1: 74 estudiantes; Grupo C: 35 estudiantes). La primera mitad de la asignatura se impartió en modalidad *online* síncrona, al mantenerse las medidas específicas frente al SARS-CoV-2 en la Facultad de Farmacia (UCM), utilizando el soporte Teams. La segunda mitad se impartió de forma totalmente presencial, al mejorar la situación provocada por la pandemia y decretarse la vuelta a las aulas. En ambas situaciones (docencia *online* síncrona/presencial), para crear el contexto híbrido, las clases magistrales y los seminarios se han complementado con el trabajo del aula expandida (Figura 1).

***FIGURA 1.*** *Estructura de la metodología híbrida propuesta.*




El aula expandida se ha implementado usando las herramientas del Campus Virtual y ha contado con dos vertientes, por un lado, los foros y, por otro, las tutorías colectivas *online*. Los foros se han basado en el trabajo asíncrono y personal de los alumnos sobre los materiales docentes que tenían a su disposición. Las tutorías colectivas han tenido una frecuencia semanal y se han desarrollado en modo síncrono usando la herramienta

Teams, previa invitación pública en el Campus Virtual. En todo momento, las actividades del aula expandida se han planteado como actividades voluntarias, que los alumnos han podido usar a demanda como guía, complemento y soporte al estudio y trabajo personal.

Los materiales docentes de los que disponían los alumnos en el campus virtual incluían actividades diversas como **lluvia de ideas** previa al comienzo de cada tema y un cuadernillo de **problemas propuestos** que se iban asociando a una serie de **preguntas desafío**, según el avance del temario. Estas preguntas desafío complementaban y relacionaban los contenidos teóricos de la asignatura con los casos prácticos descritos en los problemas, a fin de profundizar en el conocimiento de las principales técnicas instrumentales. La Figura 2 muestra un ejemplo de problema propuesto y preguntas desafío asociadas.

***FIGURA 2.*** *Problema propuesto y preguntas desafío relacionadas.*

**PROBLEMAS DE ELECTRODOS SELECTIVOS A IONES**

**93. Los datos que siguen se obtuvieron cuando un electrodo selectivo de iones $Ca^{2+}$ se sumergió en una serie de disoluciones patrón cuya fuerza iónica era constante e igual a 2,0 M:**

| $[Ca^{2+}]$ (M) | E (mV) |
|---|---|
| $3{,}38 \times 10^{-5}$ | - 74,8 |
| $3{,}38 \times 10^{-4}$ | - 46,4 |
| $3{,}38 \times 10^{-3}$ | - 18,7 |
| $3{,}38 \times 10^{-2}$ | + 10,0 |
| $3{,}38 \times 10^{-1}$ | + 37,7 |

Preguntas para las tutorías colectivas

Preguntas tipo examen (trabajo personal)

- Haga un esquema del ESI a $Ca^{2+}$
- ¿Qué tipo de ESI es?
- ¿En qué se basa su selectividad?
- ¿Con qué finalidad se ajusta la fuerza iónica?
- ¿Presenta respuesta nernstiana este ESI?

**a)Hallar la concentración de una muestra que dio una lectura de - 22,5 mV.**

**b) Calcular la pendiente de la curva de calibrado obtenida con dicho electrodo.**

Según la dinámica de trabajo propuesta, para cada tema se ha habilitado un foro en el que los alumnos podían subir de forma individual sus actividades resueltas y se ha llevado a cabo una o varias tutorías colectivas en las que se corregían las actividades, se resolvían los problemas y se daba solución a las preguntas desafío. Todas las actividades corregidas

en las tutorías colectivas, así como los problemas de trabajo personal subidos de forma individual por los alumnos, eran revisados por las profesoras, se hacían públicos y quedaban a disposición de todos los compañeros en los foros, de forma permanente. En los foros, cada problema podía ser subido una única vez por un solo alumno a no ser que hubiera sido resuelto de forma diferente por otro alumno, para evitar el exceso de ruido y que la herramienta perdiese utilidad. Adicionalmente, los alumnos contaban con tareas de comprobación de estudio a realizar con la herramienta de "Cuestionarios".

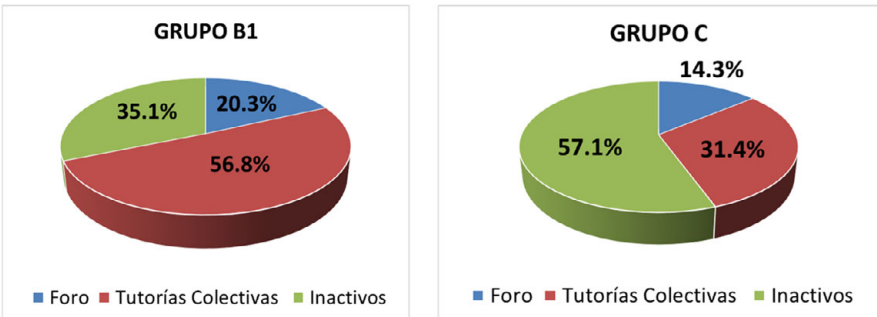
Para evaluar la repercusión de la metodología desarrollada se ha considerado la participación de los alumnos en los foros y tutorías colectivas y se han comparado las calificaciones obtenidas en el presente curso (2021/2022), en el que se ha usado el aula expandida, con las calificaciones del curso 2019/2020, en el que la docencia se desarrolló exclusivamente de modo presencial. Por último, se ha considerado la opinión de los estudiantes obtenida a través de encuestas de satisfacción con la metodología docente aplicada.

## 4. RESULTADOS

Al comparar la participación global en el aula expandida, entendiendo como tal el porcentaje de alumnos que suben problemas propuestos y preguntas desafío a los foros abiertos en el Campus Virtual, más el porcentaje de alumnos que participa en las tutorías colectivas (Figura 3), se observó que el grupo B1 fue mucho más participativo que el grupo C, con un 77,1 % de participación en el grupo B1 frente a un 45,7 % en el grupo C. Este hecho puede estar motivado por el mayor porcentaje de alumnos repetidores en el grupo C, que no suelen asistir de forma asidua a las clases presenciales, preparan la asignatura conforme a los materiales docentes de cursos anteriores y se incorporan en menor grado a las dinámicas activas probablemente por hallarse inmersos en las materias de primera matrícula. Al evaluar la participación por separado en foros y tutorías colectivas, se observó que el porcentaje de estudiantes que participaron subiendo problemas resueltos o contestando a las preguntas desafío es bastante similar en ambos grupos (20,3% en el grupo B1, 14,3

% en el grupo C). Sin embargo, el aprovechamiento de las tutorías colectivas fue muy dispar con un 56,8% de participación en el grupo B1 frente a un 31,4% en el grupo C. El día y la hora en la que se realizaban las tutorías colectivas *online* era consensuado con los estudiantes a través de la aplicación "Encuesta" de Moodle en el Campus Virtual. En el caso del grupo C, al ser las tutorías *on-line*, se encontró dificultad en consensuar un día y hora que satisficiera a la mayoría de los estudiantes repetidores con clases de otras asignaturas coincidentes con las propuestas, o bien, debido a que algunos alumnos que trabajaban al mismo tiempo que estudiaban y pone de manifiesto las limitaciones horarias de este tipo de alumnos para para tomar parte en metodologías activas en modo síncrono.

***FIGURA 3.*** *Porcentajes de participación de los estudiantes en el aula expandida.*

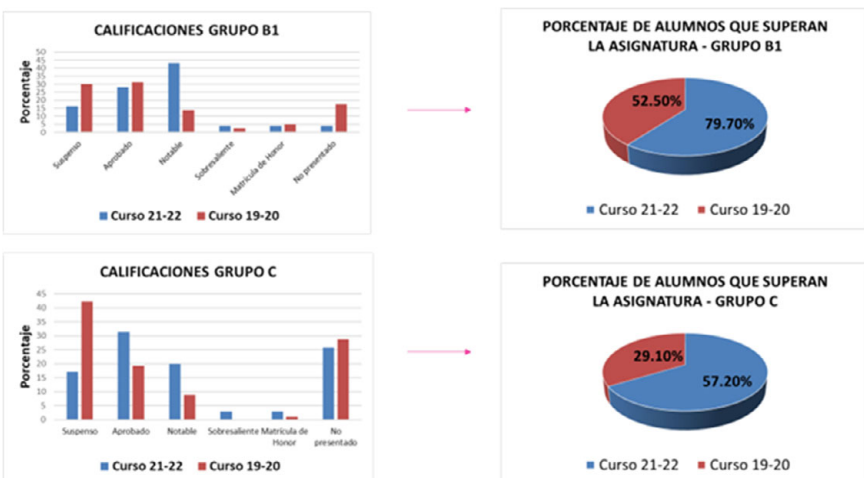



Cabe destacar que, aunque fueron pocos los estudiantes que subieron problemas resueltos al foro en ambos grupos, un buen número de alumnos se benefició de este trabajo, tal y como se constató con lo que manifestaron en las tutorías colectivas y se dedujo de sus respuestas en la encuesta se satisfacción. Una vez que terminaba la tutoría colectiva, todas las actividades trabajadas se subían corregidas a los diferentes foros, estando disponibles para todos los alumnos matriculados en la asignatura durante todo el curso académico. De la misma manera, todos los problemas propuestos para trabajo personal en el material docente disponible en el Campus Virtual y subidos de forma individual por los estudiantes a los foros y que no se trataban en las tutorías colectivas, eran corregidos por las profesoras, quedando también la corrección disponible para todo el alumnado.

Las tareas de comprobación de estudio de la herramienta Cuestionarios se llevaban a cabo *online* en modo síncrono, como las tutorías colectivas. Los alumnos recibían un *feedback* una vez que el cuestionario se cerraba, siendo únicamente disponible para aquel estudiante que hubiera participado en esta actividad. Los resultados de participación mostraron de nuevo una gran disparidad entre el grupo B1 (52,7 %) y el grupo C (25 %), que concuerda con la participación de cada uno de estos grupos en el aula expandida y que evidencia de nuevo la escasa participación de los alumnos repetidores en actividades síncronas.

En el estudio comparativo de las calificaciones obtenidas en los cursos 2019/2020 y 2021/2022 (Figura 4), se observó que en ambos grupos hay un mayor porcentaje de alumnos que superan la asignatura en el curso 2021-2022 con el aula expandida (grupo B1 – 79,7 % y grupo C – 57,2 %), que en el curso 2019/2020, con docencia exclusivamente tradicional (grupo B1 – 52,5 % y grupo C – 29,1 %), siendo este incremento algo más notable en el caso del grupo C.

***FIGURA 4.*** *Comparación en las calificaciones obtenidas en los cursos 2019/2020 y 2021/2022.*




Destaca el gran descenso en el número de "No Presentados" en el grupo B1, de donde se deduce que el aula expandida ha contribuido a una mayor implicación de los estudiantes con la asignatura. Este hecho apenas se observa en el grupo C, donde el aprovechamiento general del aula

expandida fue menor. No obstante, dado que este grupo hay también un mayor número de aprobados con relación a la docencia meramente tradicional, se deduce que el aula expandida ha contribuido a una mayor tasa de éxito académico entre los alumnos que de alguna manera participaron y se adhirieron al seguimiento guiado de la asignatura, bien con los foros y/o tutorías colectivas. Por último, se comprobó que, tal y como cabía esperar, los estudiantes que subieron personalmente problemas al foro fueron los que obtuvieron las mejores calificaciones, ya que su mayor implicación con la metodología propició que desarrollasen un estudio más profundo y completo de la materia. El hecho de realizar los ejercicios propuestos en los foros de manera individual o colectiva favorece la integración de los conceptos y contribuye a establecer conexiones entre los distintos temas desarrollados.

En la Figura 5 se muestra la encuesta realizada a los estudiantes donde se les pide valorar el grado de satisfacción con la metodología que se ofreció a los alumnos y que consistía en una batería de 18 cuestiones de tipo Likert y donde se incluye la media de los valores obtenidos para cada *item*, en una escala de 1 a 5. Si bien la encuesta fue consignada por pocos estudiantes, sus valoraciones coincidieron con las tendencias que se observaron tanto en el análisis de la participación, como en el estudio de las calificaciones de ambos grupos.

***FIGURA 5.*** *Encuesta de satisfacción con la metodología ofrecida a los estudiantes.*

**ENCUESTA PARA MEDIR EL ÍNDICE DE SATISFACCIÓN DE LOS ALUMNOS DE LA ASIGNATURA QUÍMICA ANALÍTICA II**

**RESPONSABLE ASIGNATURA:**
**MMar Caja Lopez, M Antonia Martin Carmona, Ana LOliver Barba**
**CURSO 2021/22**

El encuestado tendrá que atribuir una puntuación, a cada uno de los ítems dados, de acuerdo con la siguiente escala tipo Likert
5 = Totalmente de acuerdo
4 = Bastante de acuerdo
3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo
2 = Poco de acuerdo
1 = Nada de acuerdo

| | | | | | | MEDIA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| La asignatura me parece interesante para mi formación profesional | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.6 |
| Utilizo habitualmente el Campus Virtual | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.0 |
| He asitido con regularidad a las tutorías colectivas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2.9 |
| He hecho un buen seguimiento de los foros | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.1 |
| El material docente me ha parecido útil para las actividades complementarias | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.8 |
| He comprobado que existe relación entre el esfuerzo realizado y la adquisición de conocimientos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.5 |
| He resuelto y he subido personalmente al foro los problemas propuestos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2.4 |
| He resuelto personalmente los problemas propuestos antes de que sean subidos al foro | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3.8 |
| He estudiado los problemas una vez que han sido resueltos por mis compañeros en el foro | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.5 |
| Los foros han contribuido a mejorar mi formación en esta asignatura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5.0 |
| Los ejercicios propuestos me han ayudado a estudiar y comprender la asignatura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.8 |
| Las preguntas desafío incluidas en los ejercicios propuestos han sido una buena guia para crompender las técnicas de análisis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.3 |
| Los ejercicios propuestos suponen una carga de trabajo extra que preferiría no tener | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2.0 |
| Las tutorías colectivas me han ayudado a entender mejor la asignatura y resolver dudas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.1 |
| Las tutorías colectivas me hacen reflexionar sobre aspectos que de forma personal yo no había considerado | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3.6 |
| Las tutorías colectivas me ayudan a tener una perspectiva más amplia de la asignatura | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.1 |
| Solicito con regularidad tutorías individuales | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1.4 |
| Considero que las herramientas de trabajo online (tutorías y foros) enriquecen el trabajo y son buen complemento de las clases presenciales | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4.6 |

La encuesta fue rellenada tanto por estudiantes que no participaron en las tutorías colectivas y/o no subieron actividades a los diferentes foros como por estudiantes que sí subieron actividades a los foros y/o participaron en las tutorías colectivas con diferente frecuencia de asistencia, tal y como se recoge en algunas de las preguntas de la encuesta ["He asistido con regularidad a las tutorías colectivas" (2,88); "He hecho un buen seguimiento de los foros" (4,13); "He resuelto y he subido personalmente al foro los problemas propuestos" (2,5); "He estudiado los problemas una vez que han sido resueltos por mis compañeros en el foro" (4,5)]. Por ello, consideramos que las encuestas nos dan una visión global de la casuística de participación y aprovechamiento de los alumnos de los dos grupos en los que se desarrolló esta metodología docente.

Los estudiantes coincidieron en dar la máxima puntuación (5) a la pregunta "Los foros han contribuido a mejorar mi formación en esta asignatura". Las siguientes preguntas que tuvieron las mejores valoraciones fueron: "El material docente me ha parecido útil para las actividades complementarias" (4,75), "Los ejercicios propuestos me han ayudado a estudiar y comprender la asignatura" (4,75), "La asignatura me parece interesante para mi formación profesional" (4,63) y "Considero que las herramientas de trabajo *online* (tutorías y foros) enriquecen el trabajo y son un buen complemento de las clases presenciales" (4,63). Las preguntas que obtuvieron una valoración menor fueron: "Solicito con regularidad tutorías individuales" (1,4) y "Los ejercicios propuestos suponen una carga de trabajo extra que preferiría no tener" (2,0).

## 5. DISCUSIÓN

En el entorno híbrido propuesto, en el cual la docencia convencional ha sido complementada con las actividades del aula expandida, los foros se han diseñado como espacios abiertos para el trabajo colaborativo y el aprendizaje entre iguales, en los cuales los alumnos podían compartir su trabajo y aprovechar el material de un modo más activo o pasivo. Por su parte, las tutorías colectivas *online* pueden considerarse como actividades *just-in-time-teaching/flipped classroom*, donde se corrigen las actividades realizadas por los estudiantes y se abre un debate fructífero

donde se aclaraban dudas o se destacaba aspectos que les ayudaran a comprender la importancia de la Química Analítica en su futuro desarrollo profesional. Además, han ofrecido a las profesoras la oportunidad de comprobar la evolución de la adquisición de conocimientos y competencias de su alumnado, así como adhesión a la asignatura.

Según los resultados de la encuesta de satisfacción, tanto los foros como las tutorías colectivas estuvieron bien valorados por los estudiantes. No obstante, los foros recibieron una valoración ligeramente más alta, debido probablemente a la mayor disponibilidad de tiempo que ofrecen. Por otro lado, se refuerza el hecho de que, si bien los alumnos no subieron personalmente al foro problemas resueltos o respuestas a las preguntas desafío, sí que emplearon el material generado por los compañeros en su estudio personal. Es importante también señalar que los alumnos que rellenaron la encuesta manifestaron solicitar pocas tutorías individuales y, sin embargo, sí participaron en las tutorías colectivas amparados por el grupo, hecho que concuerda con lo dicho por Loureiro y Bettencourtb (2011), que sostiene que los entornos *online* hacen que los estudiantes se muestren más confiados y participativos. Estas observaciones demuestran la utilidad del aula expandida como herramienta metodológica que favorece el trabajo colaborativo y el aprendizaje entre iguales.

A continuación, se recogen dos reflexiones personales de los alumnos que rellenaron la encuesta y que ilustran adecuadamente lo que les ha parecido la experiencia del aula expandida y en las que se refuerza la idea de que la principal baza de los foros es su carácter asíncrono, mientras que el beneficio de las tutorías estriba en el contacto directo profesor-alumno y el *feedback* inmediato:

> "Personalmente pienso que el foro es de gran utilidad a la hora de resolver dudas de cosas concretas y de ver las revisiones de los ejercicios que se suben. Y lo más importante es que es accesible a todas horas por lo que al momento de planificar el estudio viene muy bien". (Alumno, reflexión personal)

> "En mi caso no pude compaginar las tutorías colectivas por temas de horario; si bien es cierto que a las pocas que he podido asistir me han resuelto muchísimas dudas y me han permitido ver las cosas desde otro punto de vista". (Alumno, reflexión personal)

En el estudio comparativo de las calificaciones, la mayor participación de los alumnos del grupo B1 en las actividades del aula expandida, se ha traducido en un mayor rendimiento académico con relación al último año de docencia exclusiva tradicional, tanto en términos de alumnos que superan la asignatura, como en una menor tasa de abandono, lo que demuestra la contribución de la metodología híbrida desarrollada y apoyada en el trabajo conjunto de foros y tutorías colectivas a la motivación del alumnado y a la consecución de los objetivos de aprendizaje.

Desde el punto de vista de las profesoras que hemos implementado la utilización del aula expandida en nuestra metodología docente, hemos observado que la experiencia nos ha aportado un mayor contacto con los estudiantes participando con ellos de su día a día en su aprendizaje, detectando mejor los problemas de comprensión de los conceptos clave de la asignatura o las dificultades a la hora de la resolución de los problemas, así como ayudando a mejorar el razonamiento crítico de los estudiantes con el estímulo de las preguntas desafío que les permite conectar la teoría con la práctica y su aplicación al mundo real y, así, mejorar la adquisición de conocimientos y competencias de la asignatura Química Analítica II. Estas observaciones concuerdan con el trabajo de Castaño-Muñoz (2014), que pone de manifiesto la necesidad de que la docencia *online* sea interactiva para poder impactar de forma positiva en el aprendizaje y pone el foco en el papel que juega el docente en dicho proceso.

Los foros, si bien han resultado una herramienta muy útil para los estudiantes como repositorio de materiales, lo han sido también para el profesorado, ya que, tal y como sostiene Asinsten (2013), el hecho de que el historial de trabajo queda registrado, permite al docente hacer un seguimiento del trabajo individual de cada participante. Por otro lado, si bien la utilidad de las aulas expandidas basadas en herramientas virtuales ya era conocida de cara a detectar las necesidades de los estudiantes (Loureiro y Bettencourtb, 2011), en nuestro caso, el hecho de haber diseñado el aula trabajando de forma conjunta con las dos herramientas y haber soportado el trabajo de las tutorías *online* en el trabajo de los foros, nos ha permito ofrecer a los estudiantes un enfoque sólido y muy completo de lo que debe ser el estudio de la asignatura.

Por último, Owston y York (2018) han planteado la cuestión de cómo de relevante es para el *curriculum* la proporción de tiempo dedicada a actividades online y han destacado la importancia de matizar en las nuevas propuestas si el trabajo *online* sustituye a la clase convencional o si, por el contrario, la complementa. En nuestro caso, el trabajo de aula expandida complementa al trabajo del aula presencial. Si bien requiere del compromiso continuo de los docentes, pensamos que el hecho de que se plantee como un trabajo opcional hace que la propuesta sea especialmente beneficiosa para los alumnos, ya que no supone una carga de trabajo adicional, sino una ayuda al estudio que el alumno puede gestionar libremente y a demanda.

Otro aspecto relevante es el de los alumnos que se matriculan de forma sucesiva en la asignatura y que, como ya se ha señalado, encuentran dificultad a la hora de participar en actividades en modo síncrono. Aunque estos alumnos no puedan tener un buen aprovechamiento de las tutorías colectivas y dado que, por lo general, mantienen una abaja asistencia a las clases presenciales, pensamos que tener disponible el trabajo de los foros es una buena herramienta para hacer un seguimiento completo y actualizado de la asignatura y minimizar el impacto de la mayor o menor divergencia que puede suponer el hecho de prepararla usando exclusivamente materiales docentes de cursos pasados.

En definitiva, creemos que las actividades desarrolladas en el aula expandida han ayudado a mejorar la percepción que los estudiantes tienen sobre esta asignatura comprendiendo la importancia que tiene esta materia y su proyección en su posterior carrera profesional una vez que se hayan graduado.

## 6. CONCLUSIONES

La propuesta de aula expandida basada en la resolución de problemas propuestos y preguntas desafío a través de los foros y de las tutorías colectivas *online*:

- Ha contribuido al trabajo colaborativo de los estudiantes y al aprendizaje entre iguales.
- Les ha hecho profundizar en la materia y los ha llevado más allá de la mera resolución numérica de problemas conectando contenidos teóricos y prácticos a través de las preguntas desafío.
- Ha mejorado el rendimiento global del alumnado generando una mayor tasa de éxito académico en la asignatura de "Química Analítica II".
- No ha supuesto una carga de trabajo adicional para los estudiantes, sino que ha sido un soporte y una guía para el estudio que han podido usar según sus necesidades, atendiendo a su carácter voluntario.
- Ha contribuido al mejor entendimiento por parte de las profesoras que han impartido la docencia de las carencias y dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la materia.
- Ha fomentado la comunicación efectiva docente-alumno, lo que ha redundado en una mayor motivación de los estudiantes y en una menor tasa de abandono.

Se desprende, por tanto, que la propuesta de aula expandida constituye un entorno híbrido de aprendizaje que tiene resultados muy positivos para todas las partes implicadas, estudiantes y profesores y, en general, en la mejora de los estándares de calidad de la docencia.

## 7. REFERENCIAS


Asinsten, J.C. (2013). Aulas expandidas: la potenciación de la educación presencial. *Revista de la Universidad de La Salle*, 60, 97-113.

Castaño-Muñoz, J. Duart, J.M., Sancho-Vinuesa, T. (2014). The Internet in face-to-face higher education: Can interactive learning improve academic achievement? *British Journal of Educational Technology*, 45(1), 149-159. https://doi.org/10.1111/bjet.12007

Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning? *Tech Trends*, 63, 564-569. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5

Kovarik, M-L., Galarreta, B.C., Mahon, P.J., McCurry, D.A., Gerdon, A.E., Collier, S.M., Squires, M.E. (2022). Survey of the undergraduate analytical chemistry *curriculum*. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 2317-2326. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00090

Loureiro, A. y Bettencourtb, T. (2011). The extended classroom: meeting students' needs using a virtual environment. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 2667–2672. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.167

Masania, J., Grootveld, M., Wilson, P.B. (2018). Teaching analytical chemistry to pharmacy students: A combined, iterative approach. *Journal of Chemical Education*, 95, 47-54. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00495

Mateos-Aparicio, I., Sánchez-Paniagua, M., Rodríguez-Rodríguez, E., Hervás-Pérez, J.P., Martín-Fernández, B. (2015). Fomentando la participación efectiva. En Ruiz, M.A. (Coord.), *Educar para Transformar: Aprendizaje Experiencial. XII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria* (pp.659-666). Universidad Europea.

Osorio, L.A. (2010). Características de los ambientes híbridos de aprendizaje: estudio de caso de un programa de posgrado de la Universidad de los Andes. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 7(1), 1-9. Recuperado de http://rusc.uoc.edu/ojs/index.php/rusc/article/view/v7n1_osorio/v7n1_osorio

Owston, R. y York, D.N. (2018). The nagging question when designing blended courses: does the proportion of time devoted to online activities matter? *The internet and Higher Education*, 36, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.09.001

Prieto Martín, A. (2018). Flipped learnig. Aplicar el modelo de aprendizaje inverso. Narcea.

Sobral, S.R., Jesús-Silva, N., Cardoso, A., Moreira, F. (2021). EU27 Higher Education Institutions and COVID-19, Year 2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 5963. https://doi.org/10.3390/ijerph18115963.

Torrecillas, C. (2020). El reto de la docencia online para las universidades públicas españolas ante la pandemia del Covid-19. ICEI Papers COVID-19, 16. Instituto Complutense de Estudios Internacionales. Recuperado de https://www.ucm.es/icei/file/iceipapercovid16

# ACTIVIDAD DOCENTE BASADA EN B-LEARNING PARA LA ASIGNATURA DE TECNOLOGÍA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

DAVID GALLARTA SÁENZ
*Universidad de La Rioja*

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo desarrolla una propuesta de innovación educativa que consiste en la aplicación de la metodología *b-learning* (*blended learning*) utilizando la herramienta Edpuzzle. En concreto, la intervención didáctica se lleva a cabo en la asignatura de Tecnología de 3º ESO en el tema de electricidad y se aborda mediante tres vídeo-lecciones con cuestionarios realizados con la herramienta mencionada. Una vez llevada a cabo la actividad se pasa una encuesta de satisfacción a los alumnos para conocer su opinión acerca de la propuesta.

Se plantea esta actividad puesto que la resolución de circuitos eléctricos, a menudo, resulta compleja y la mayoría de estudiantes de 3º ESO es la primera vez que trabajan este contenido. Además, los conceptos básicos explicados son interesantes a nivel cultural, puesto que la electricidad está presente en nuestro día a día y se considera importante una comprensión correcta de los mismos.

También se pretende destacar la relevancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito educativo. Cada día están más presentes en las aulas ya que permiten desarrollar la competencia digital y ofrecen múltiples ventajas tanto para profesores como para alumnos.

### 1.1. B-LEARNING

El *b-learning* de *blended learning* (UNED, 2022), también denominado aprendizaje semipresencial, híbrido o mixto, es una metodología educativa que combina la educación presencial con la educación online.

Por un lado, la parte presencial mantiene el contacto entre profesores y alumnos y permite transmitir conocimientos con interacción física. Por otro lado, la modalidad online aporta flexibilidad al alumnado y completa su proceso de aprendizaje. Se trata de una metodología orientada al estudiante, con un enfoque más personalizado, en la cual el profesor no es la única fuente de conocimiento, ya que desempeña un papel de guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Escuela Didáctica, 2020).

El contacto físico mencionado facilita la respuesta de dudas con un trato más cercano, así como un apoyo continuo. Además, la presencialidad rompe la impersonalidad derivada de las pantallas y crea sensación de grupo entre compañeros, aspecto relevante en la adolescencia.

Las actividades online, las cuales en muchos casos se evalúan de forma automática, facilitan el seguimiento del progreso del alumnado por parte del profesor y permite a los estudiantes saber cómo es su evolución (Santander Universidades, 2021).

No obstante, la curva de aprendizaje es más dura, ya que el alumno debe atender de manera simultánea a dos medios de transferencia del conocimiento. También aumenta la exigencia del trabajo individual y son necesarias competencias tecnológicas, asumidas en los alumnos, pero no tanto en el profesorado.

### 1.2. EDPUZZLE

Edpuzzle (Edpuzzle Inc., 2022) es una herramienta web con fines educativos que permite crear y editar vídeos, propios o importados de la red (YouTube principalmente) para desarrollar vídeo-lecciones interactivas con cuestionarios.

Se trata de una herramienta aplicable a diferentes niveles educativos y en cualquier asignatura, ya que su contenido depende del vídeo y no de la propia herramienta.

Es un recurso que se adapta al ritmo individual de aprendizaje y se enfoca en una atención más personalizada. (Educación 3.0, 2020; Vilchez Jiménez, 2021; Wikipedia, 2021).

La herramienta genera un informe de resultados a partir de las respuestas dadas por los estudiantes, de tal forma que el profesor puede revisar dichas estadísticas para comprobar quién ha visto el vídeo, así como el patrón de reproducción (número de veces, secciones más vistas, tiempo dedicado, etc.). En definitiva, se obtiene un feedback inmediato de la implicación del alumno en la asignatura y de su comprensión de los contenidos, sirviendo de evaluación para el profesor y autoevaluación para el alumno.

### 1.3. Estado del arte: docencia de la electricidad, b-learning y Edpuzzle

En primer lugar, se comentan algunos trabajos relacionados con la docencia de la electricidad en diferentes niveles educativos. Apriyani et ál. (2019) analizan las habilidades de estudiantes para resolver problemas de corriente continua dentro del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con enfoque STEM. Mediante esta metodología, la cual integra las ciencias con carácter multidisciplinar, pretende mejorar los resultados en la parte práctica de la materia. Como resultado de la investigación se afirma que hay una mejora en estas habilidades por parte de los estudiantes.

En esta línea, Ros Zatorre (2021) utiliza el Aprendizaje Basado en Problemas para eliminar el estigma que tiene la electricidad en la ESO. Por este motivo, se pretende mejorar la predisposición hacia la materia y la motivación, simplificando el uso de magnitudes físicas.

Burde et ál. (2021) también estudian el reto que supone la comprensión de circuitos eléctricos de corriente continua en educación secundaria, debido a la intangibilidad de las magnitudes y los conceptos eléctricos. Para solventar este problema, desarrollan un simulador gratuito con el objetivo de hacer más accesible la primera toma de contacto con la electricidad mediante analogías o modelos.

Por su parte, Mollel et ál. (2022) analizan la efectividad del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Ordenador (*Computer-Supported Collaborative Learning*, CSCL) para mejorar la comprensión de electricidad de estudiantes en educación secundaria. Otro trabajo (Popat, 2021) revisa los conceptos mal entendidos relacionados con la ley de Ohm. A partir de los resultados se puede afirmar que los estudiantes no comprenden estos conceptos de manera correcta si el profesor se limita a explicaciones con el libro y prácticas en el taller. De estos dos estudios se puede concluir que la utilización de enfoques pedagógicos digitales y la incorporación de las TIC mejora los resultados de aprendizaje, idea reforzada durante la realización de este trabajo.

La investigación de Blázquez-Merino et ál. (2018) presenta una metodología para enseñar electricidad basada en el aprendizaje significativo, el cual facilita la comprensión de conocimientos en niveles superiores. Como resultado se desarrolla un MOOC (*Massive Online Open Course*) para optimizar la asimilación de conceptos y magnitudes.

A continuación, se comentan algunos trabajos relacionados con Edpuzzle y *b-learning*. García y Vidal (2019) presentan los resultados de la aplicación de la metodología mencionada como apoyo al aprendizaje de inglés técnico en estudiantes de ingeniería. La propuesta utiliza plataformas virtuales (Helbling e-zone, YouTube y Edpuzzle) en las que se proponen actividades complementarias a las clases presenciales. Los resultados muestran mejoras en tres dimensiones: gramática y vocabulario, redacción y comunicación oral.

Otro estudio en la misma materia (Bedebayeva et ál., 2021) afirma que el aprendizaje mixto, con el apoyo de las TIC, aumenta la interacción entre los alumnos, ayuda a aprender los conceptos de manera más permanente y permite desarrollar actitudes positivas hacia el tema.

Mawaddah et ál. (2022) analizan las dificultades en pruebas de comprensión auditiva, especialmente para concentrarse. El estudio revela que a través de Edpuzzle aumentan las habilidades auditivas, ya que los alumnos están más motivados para escuchar porque les gusta la corrección y retroalimentación automática.

Un objetivo recurrente en estos proyectos está relacionado con la motivación. La investigación de Zhafirah et ál. (2020) observa el efecto del *b-learning* en la motivación de los estudiantes y un porcentaje elevado de alumnos afirma estar más motivado gracias al aprendizaje híbrido.

Otra parte importante de los trabajos se centran en la mejora del rendimiento a través de estas metodologías y herramientas. En un estudio, Sulak et ál. (2022) evalúan el impacto de Edpuzzle sobre esta variable. Un grupo de alumnos visualiza estos vídeos, mientras que otro grupo asiste a lecciones magistrales, realizando pruebas ambos grupos al principio y al final del curso. Los resultados indican que el grupo instruido a través de Edpuzzle incrementa su rendimiento académico.

Por último, se presentan dos trabajos (Ferriz-Valero et ál., 2022; Soriano-Pascual et ál., 2022) muy relacionados entre sí, ya que analizan la utilidad de Edpuzzle y de la *flipped classroom* en la asignatura de Educación Física, en concreto, para la enseñanza de voleibol. Teniendo en cuenta la importancia de la digitalización en la sociedad actual, la educación no se puede quedar atrás y, por ello, se estudian posibles enfoques pedagógicos para utilizar esas tecnologías de manera correcta con el objetivo de mejorar los resultados educativos. Los propósitos de los estudios mencionados son evaluar el aprendizaje conceptual y valorar cómo esta intervención afectó a la motivación del alumnado. En ambos casos, se encuentran resultados positivos relativos a la motivación autónoma y al aprendizaje cognitivo de los estudiantes que siguen una metodología *flipped classroom*.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es la mejora de los resultados del proceso de enseñanza aprendizaje en la unidad didáctica de electricidad en la asignatura de Tecnología de 3º ESO, empleando la metodología educativa *b-learning* a través de la herramienta Edpuzzle.

Otros objetivos que aparecen en segundo plano son:

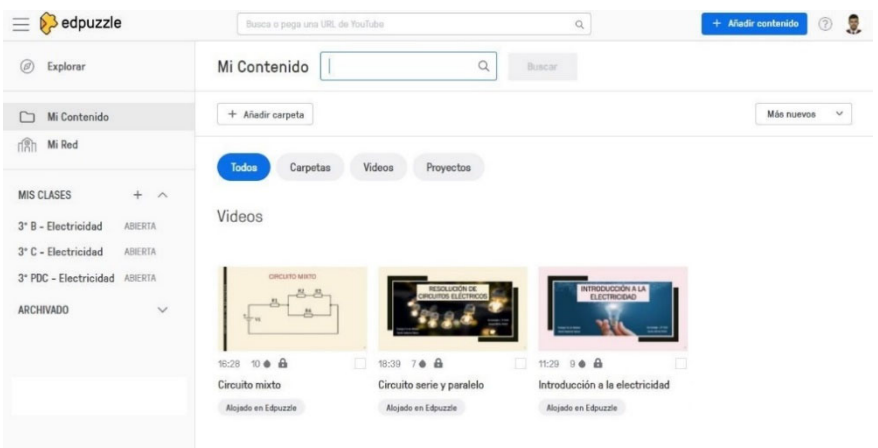
- Influir positivamente en la motivación del alumnado rompiendo el ritmo normal de las clases, gracias a unos vídeos en los que participan de manera activa.
- Facilitar el proceso de evaluación por parte del profesor y de autoevaluación por parte del alumno, gracias a Edpuzzle.
- Afrontar desde otra perspectiva la unidad didáctica utilizando una metodología innovadora e introduciendo las TIC.

## 3. METODOLOGÍA

Como se ha mencionado anteriormente, la propuesta de intervención didáctica consiste en la grabación y edición de tres vídeos con Edpuzzle en los que se combinan teoría, cuestionarios sobre ejercicios planteados y resolución de los mismos paso a paso.

Los tres vídeos (Figura 1) corresponden a la unidad didáctica de electricidad de la asignatura Tecnología de 3º ESO y tratan la siguiente temática respectivamente: Introducción a la electricidad, Circuito serie y paralelo y Circuito mixto.

***FIGURA 1.*** *Página principal de Edpuzzle con los tres vídeos realizados*




Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se pasa una encuesta sobre Edpuzzle y la metodología a los alumnos que participaron en la actividad, cuyas preguntas y resultados se incluyen en el apartado 5.1. Encuesta de satisfacción.

Esta propuesta se aplica en tres grupos diferentes de 3º ESO del IES Hermanos D'Elhuyar de Logroño, participando un total de 59 alumnos. En cada uno de los grupos se utiliza parte de una sesión de 50 minutos en aula de informática para explicar la actividad y reproducir el vídeo con la opción "Modo en vivo", mediante la cual se proyecta mientras los estudiantes responden en tiempo real en sus propios dispositivos.

El planteamiento de la actividad en cada grupo es el siguiente:

- Grupo 1 (20 alumnos): vídeo "Circuito serie y paralelo" a modo de repaso, ya que esa parte del tema había sido explicada mediante lección magistral.
- Grupo 2 (17 alumnos): vídeo "Circuito serie y paralelo" como primera explicación, es decir, una versión de la metodología *flipped classroom*, ya que era la primera vez que trabajaban esos contenidos.
- Se debe comentar que el grupo 2 participa en el denominado Programa de Desarrollo de Capacidades, una adaptación curricular de la cual forman parte alumnos con algún talento, trabajando un temario más amplio en algunas asignaturas.
- Grupo 3 (22 alumnos): vídeo "Circuito mixto", era un grupo que iba más adelantado en su temporalización, también lo afrontan como repaso.

No obstante, los tres grupos tienen disponibles los otros dos vídeos que no visualizaron en clase para poder trabajarlos de manera autónoma.

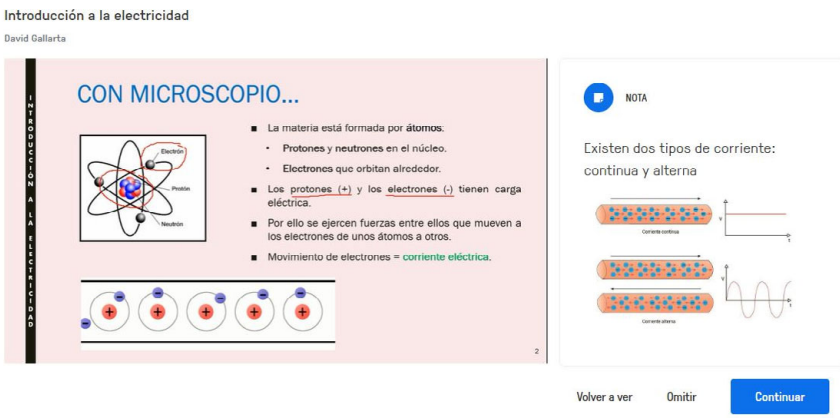
La estructura de los vídeos es la siguiente: en primer lugar, una explicación teórica apoyada en una presentación en PowerPoint convertida en vídeo mediante la opción "Grabar"; después se plantea una pregunta teórica o numérica y, posteriormente, se explica su respuesta.

Para grabar la resolución de los ejercicios se emplea una tablet y una aplicación de pizarra digital que refleja en tiempo real en su versión para ordenador lo que se está escribiendo de forma manual.

### 3.1. Vídeo I: Introducción a la electricidad

En el primer vídeo (https://bit.ly/3Tj6B8u) se trabajan los contenidos indicador a continuación: la materia al microscopio, materiales conductores y aislantes, el circuito eléctrico y sus elementos, simbología, magnitudes eléctricas y la ley de Ohm.

***FIGURA 2.*** *Conceptos teóricos del vídeo 1*




Fuente: elaboración propia

La parte teórica comienza con una explicación de la electricidad a nivel microscópico, información que se completa con una nota (Figura 2), la cual menciona la diferencia entre corriente continua y corriente alterna. Este tipo de anotaciones, una característica de edición de la herramienta, son útiles cuando se olvida comentar algo en la grabación.

Tras explicar las partes que forman un circuito eléctrico, se plantea una pregunta de cultura general (Figura 3), antes de explicar cada uno de los elementos y dar la solución a dicha pregunta.

En cuanto al *feedback* de las respuestas, al marcar una opción y enviarla aparece si está bien o no, indicando en este caso la respuesta correcta.

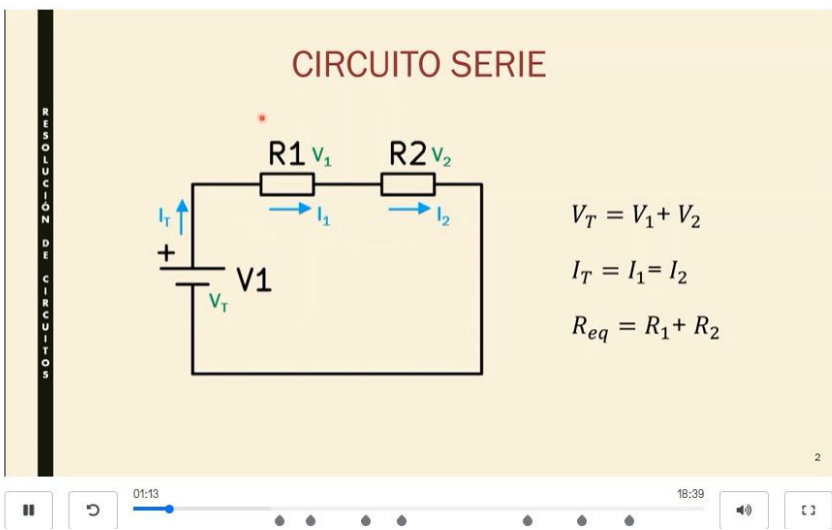
***FIGURA 3.*** *Pregunta planteada en el vídeo I*

Fuente: elaboración propia

## 3.2. Vídeo II: Circuito serie y paralelo

Este vídeo (https://bit.ly/3KvunKz) se enfoca, de manera práctica, en la resolución de circuitos serie (Figura 4) y paralelo. Para ello se explica su funcionamiento y fórmulas, la asociación de resistencias y el cálculo de magnitudes en cada resistencia.

***FIGURA 4.*** *Primera parte del vídeo II*

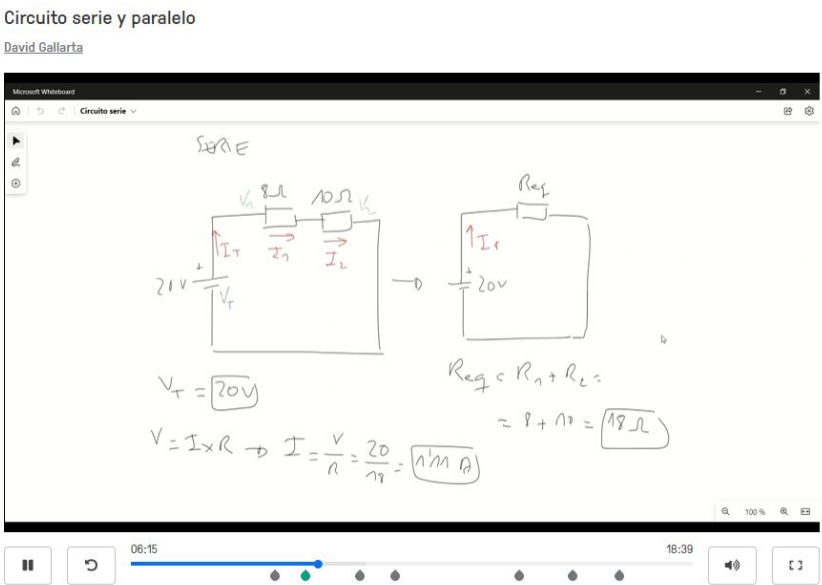



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se propone un ejercicio que se resuelve paso a paso (Figura 5). En los primeros días de trabajo con estos ejercicios es importante establecer un patrón para su resolución, de tal forma que los alumnos tengan las ideas claras y sepan progresar por su cuenta, con el objetivo de que no pierdan la motivación. A medida que se avanza en el temario pueden plantearse ejercicios más complejos, pero los pasos para su resolución son los mismos que en los ejemplos sencillos.

En la barra de reproducción, situada en la parte inferior de la pantalla, aparecen unos marcadores que indican en qué instante se plantean preguntas, para posteriormente proceder a su explicación.

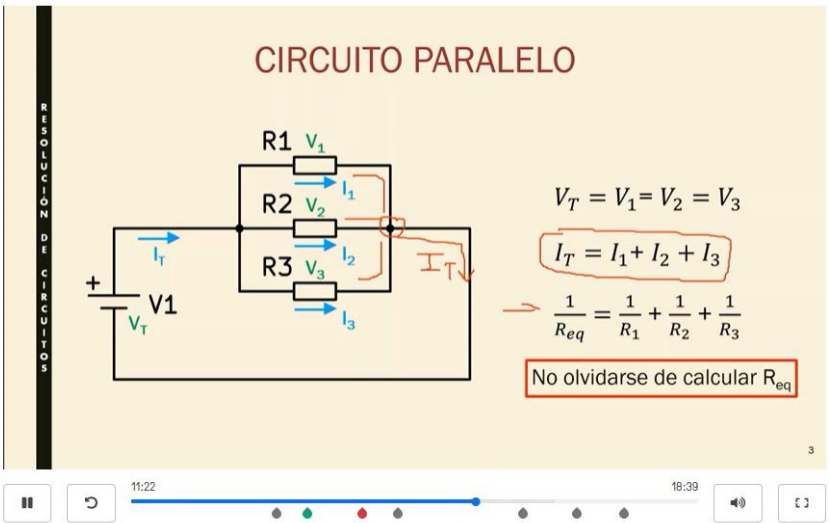
***FIGURA 5.*** *Resolución de circuito serie*




Fuente: elaboración propia

La segunda parte de este vídeo se dedica a la explicación y resolución de un circuito paralelo y, de nuevo, se empieza comentando sus características, funcionamiento y fórmulas (Figura 6).

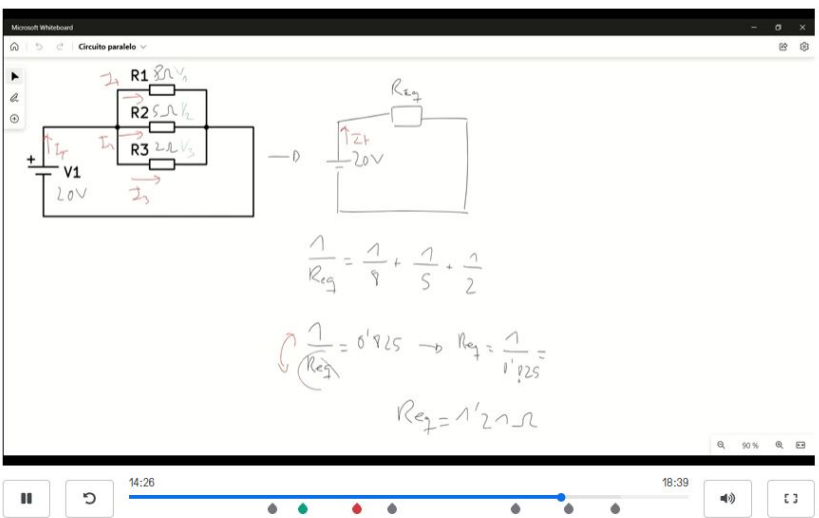
***FIGURA 6.*** *Segunda parte del vídeo II*




Fuente: elaboración propia

Una vez terminada la parte teórica, al igual que en el caso anterior, se plantea un ejercicio que se resuelve paso a paso (Figura 7).

***FIGURA 7.*** *Resolución de circuito paralelo*

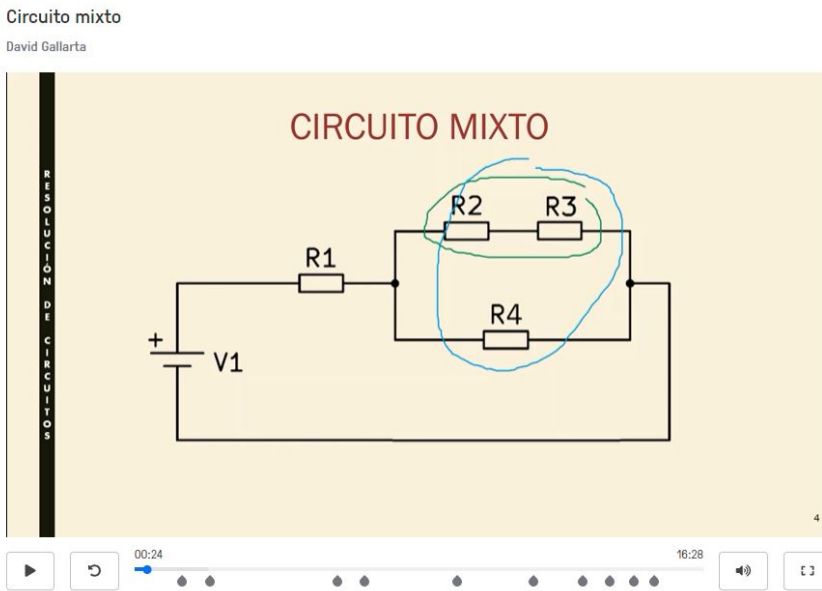



Fuente: elaboración propia

### 3.3. Vídeo III: Circuito mixto

El tercer vídeo (https://bit.ly/3AQqwVe) explica un circuito mixto, el cual tiene características tanto de un circuito serie como de uno paralelo (Figura 8). Por este motivo, todas las fórmulas a emplear son conocidas.

***FIGURA 8.*** *Portada del vídeo III*

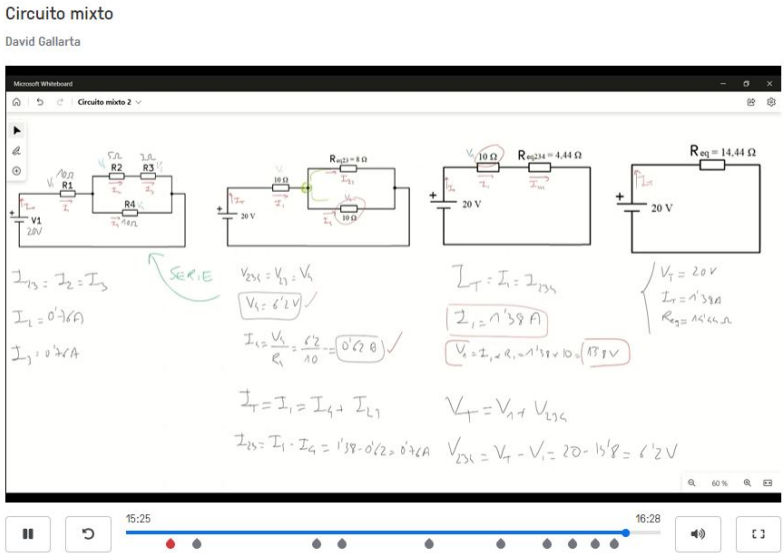



Fuente: elaboración propia

La clave para su resolución es simplificar las resistencias en el orden correcto y, una vez obtenida la resistencia equivalente total, deshacer dichas simplificaciones según partan de una asociación serie o paralelo, para calcular las magnitudes eléctricas en cada resistencia.

Avanzando en la reproducción del vídeo se explican las simplificaciones a seguir, en este ejemplo concreto, para ir resolviendo las preguntas que se plantean (Figura 9).

***FIGURA 9.*** *Resolución de circuito mixto*




Fuente: elaboración propia

## 4. RESULTADOS

En este apartado se presentan las puntuaciones obtenidas en las preguntas de los vídeos para estudiarlas en el siguiente apartado, valorar la utilidad de la actividad propuesta y reflexionar al respecto.

En los dos vídeos utilizados en el aula se plantearon 7 preguntas, todas ellas de respuesta múltiple, por tanto, la solución estaba bien o mal, sin posibilidades intermedias. Esto significa que las puntuaciones finales sobre 100, en función del número de respuestas acertadas, son las indicadas en la Tabla 1.

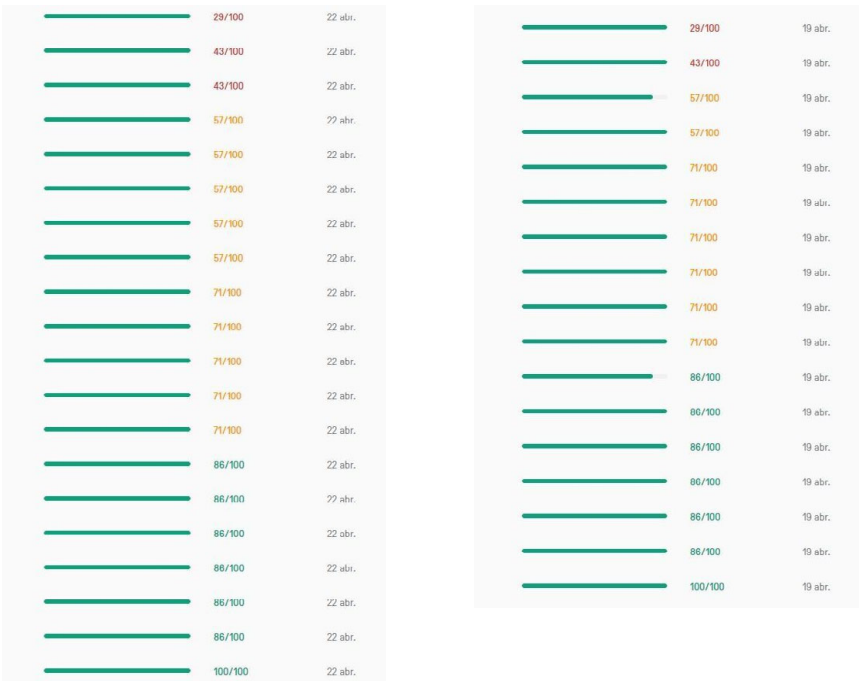
***TABLA 1.*** *Posibles puntuaciones con 7 preguntas*

| N.º respuestas correctas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puntuación | 0 | 14 | 29 | 43 | 57 | 71 | 86 | 100 |

Fuente: elaboración propia

En la Figura 10 se muestran las puntuaciones, en el centro de calificaciones de Edpuzzle, de los grupos 1 y 2. Estos dos grupos visualizaron el mismo vídeo II, “Circuito serie y paralelo”, pero afrontaban la actividad desde diferentes perspectivas: para el grupo 1 era un repaso, mientras que para el grupo 2 supuso la primera explicación sobre la resolución de estos ejercicios.

***FIGURA 10.*** *Puntuaciones obtenidas en los grupos 1 y 2*




Fuente: elaboración propia

Las siguientes puntuaciones (Figura 11) corresponden al grupo 3, cuyos alumnos trabajaron con el vídeo III “Circuito mixto”, afrontando la actividad como repaso.

***FIGURA 11.*** *Puntuaciones obtenidas en el grupo 3*

Fuente: elaboración propia

## 5. DISCUSIÓN

A continuación, se van a analizar las puntuaciones anteriores y, posteriormente, se van a comentar los resultados de la encuesta.

Un estudio detallado de las puntuaciones correspondientes a los grupos que trabajan el vídeo sobre los circuitos serie y paralelo arroja los datos mostrados en la Tabla 2.

***TABLA 2.*** *Posibles puntuaciones con 7 preguntas*

| | Zona roja (0 – 14 – 29 – 43) | Zona amarilla (57 – 71) | Zona verde (86 – 100) | Puntuación media |
|---|---|---|---|---|
| 3º B | 15 % | 50 % | 35 % | 68,55 |
| 3º PDC | 12 % | 47 % | 41 % | 72,24 |

Fuente: elaboración propia

Se puede afirmar que, a pesar de ser la primera vez que recibían docencia sobre resolución de este tipo de circuitos, las calificaciones obtenidas por el grupo 2 son ligeramente mejores, tanto en distribución de las notas por tramos como en nota media. Sin embargo, no se deben olvidar las particularidades a nivel psicopedagógico de este grupo.

Las siguientes puntuaciones (Tabla 3) corresponden al grupo 3 para el vídeo III "Circuito mixto", el cual también llevó a cabo la dinámica como repaso.

***TABLA 3****. Posibles puntuaciones con 7 preguntas*

| | Zona roja (0 – 14 – 29 – 43) | Zona amarilla (57 – 71) | Zona verde (86 – 100) | Puntuación media |
|---|---|---|---|---|
| 3º C | 14 % | 59 % | 27 % | 68,73 |

Fuente: elaboración propia

El vídeo III es de mayor complejidad que el vídeo II, cuyos resultados se han analizado previamente. Este puede ser el motivo por el que las notas se concentran en la zona amarilla, manteniendo porcentaje de suspensos, lo cual supone que no haya tantas notas buenas, solo un 27 %.

Por otro lado, la nota media es muy similar a la del grupo 1 en otro vídeo y esto indica que las clases estándar de 3º son homogéneas en lo que respecta al nivel de su alumnado. Ambos grupos, afrontan el ejercicio con Edpuzzle como repaso y aunque visualizan vídeos diferentes sus resultados son similares.

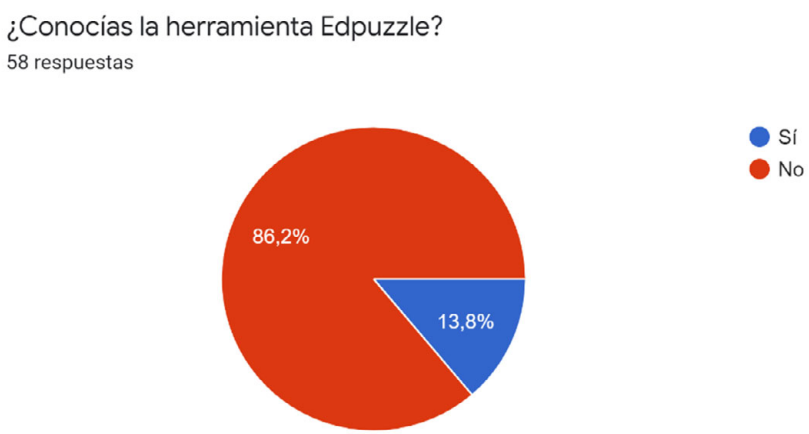
Estos resultados reafirman la idea de que Edpuzzle es una herramienta válida y efectiva para aplicar la metodología *b-learning* en educación secundaria.

### 5.1. Encuesta de satisfacción

En este apartado se presentan las preguntas planteadas a los alumnos en la encuesta que se pasó sobre la actividad, la herramienta utilizada y la metodología aplicada, así como los resultados obtenidos en la misma. La encuesta fue respondida por 58 alumnos, uno menos de los que visualizaron los vídeos.

Edpuzzle es una herramienta novedosa para los alumnos que participaron en la actividad, ya que un 86 % de ellos no la conocía (Figura 12).

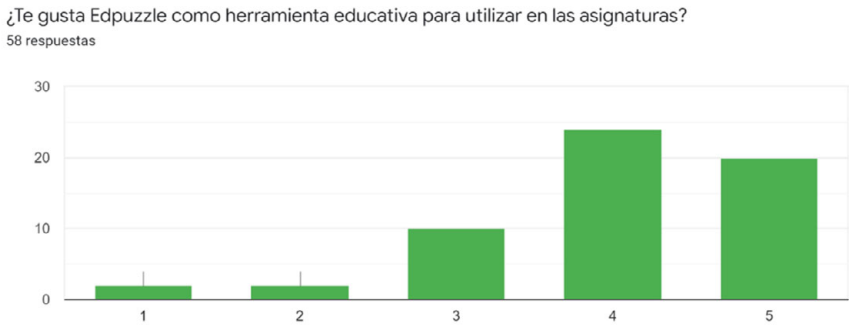
***FIGURA 12**. Pregunta 1 y resultados*




Fuente: elaboración propia

De la pregunta 2 (Figura 13) se puede concluir que, en general, es una actividad que ha gustado, ya que 44 de las 58 respuestas corresponden a los valores de 4 y 5 de la escala.

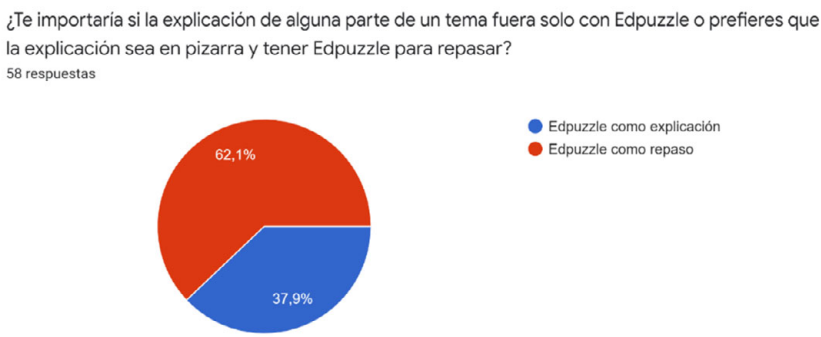
***FIGURA 13**. Pregunta 2 y resultados*




Fuente: elaboración propia

En cuanto a la utilización de Edpuzzle (Figura 14), es decir, en metodología *b-learning* (*flipped classroom*) o como repaso, los alumnos prefieren la segunda opción. Es entendible que adolescentes de 14-15 años prefieran dedicar su tiempo fuera del aula a otro tipo de tareas, actividades extraescolares u ocio.

***FIGURA 14.** Pregunta 3 y resultados*




Fuente: elaboración propia

La conclusión extraída de la cuestión anterior se confirma en la pregunta 4 (Figura 15), ya que un 90 % de los estudiantes consideran interesante o muy interesante la posibilidad de repasar contenidos de manera autónoma a través de un vídeo en Edpuzzle.

***FIGURA 15.*** *Pregunta 4 y resultados*

Fuente: elaboración propia

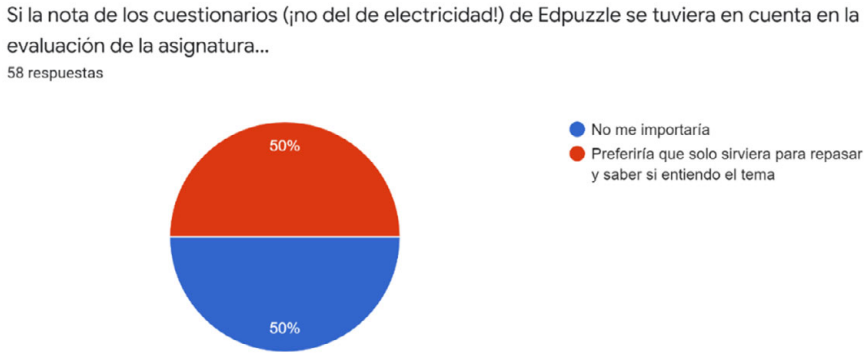
Sin embargo, 23 alumnos (casi el 40 %) no tiene claro como actuaría en caso de que los cuestionarios incluidos en los vídeos fueran voluntarios, aunque hay un mayor número de alumnos que optaría por verlos, mientras que 7 de ellos afirman que no (Figura 16).

***FIGURA 16****. Pregunta 5 y resultados*

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la consideración o no de la puntuación de Edpuzzle como parte de la evaluación final del tema (Figura 17), los datos extraídos no son concluyentes ya que la mitad de la clase ve positivo que su trabajo tenga un peso en la nota, mientras que la otra mitad prefiere realizar la actividad sin esa presión.

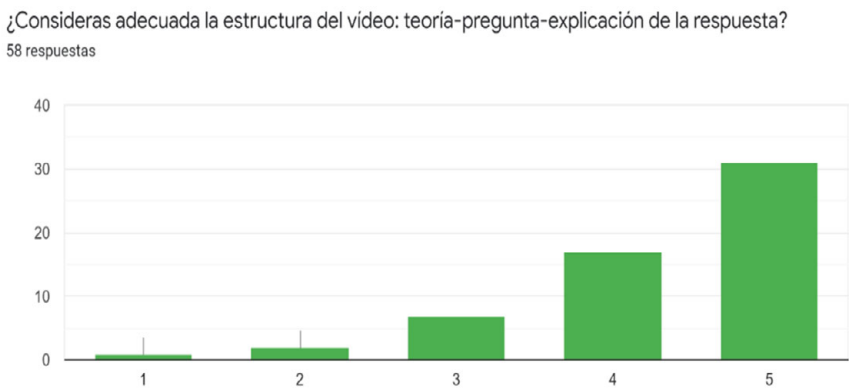
***FIGURA 17.*** *Pregunta 6 y resultados*




Fuente: elaboración propia

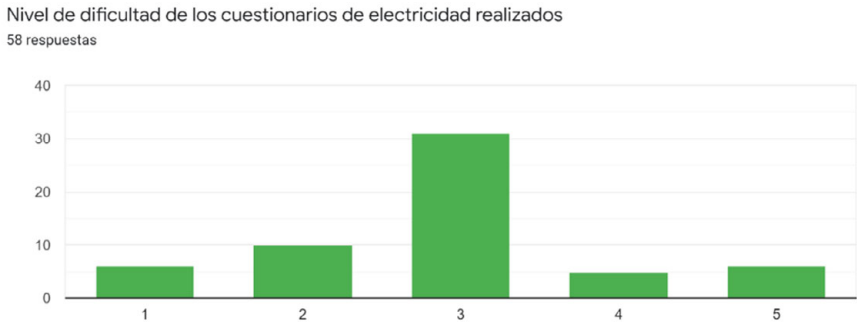
Las dos últimas preguntas (Figuras 18 y 19) aportan información útil para el profesor en cuanto al trabajo previo que ha realizado: planteamiento y dificultad del vídeo. Para la actividad desarrollada, el alumnado afirma estar satisfecho con la estructura del contenido y considera adecuado el grado de dificultad.

***FIGURA 18.*** *Pregunta 7 y resultados*




Fuente: elaboración propia

***FIGURA 19.*** *Pregunta 8 y resultados*




Fuente: elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES

Para finalizar este trabajo, se reflexiona sobre las circunstancias que rodean esta propuesta educativa, tanto de su realización como de su aplicación y de los resultados obtenidos.

En primer lugar, se debe comentar la necesidad de invertir las clases tradicionales, impartidas mediante lección magistral, ya que los alumnos, especialmente en educación secundaria, tiene poca capacidad de concentración y escuchar al profesor durante 50 minutos les aburre. Por este motivo, es necesario emplear metodologías que potencien el protagonismo del alumno en su proceso de enseñanza-aprendizaje, siempre guiados por el docente. Por ello, el profesor debe plantear unos objetivos y orientar a los alumnos para alcanzarlos, bien con su colaboración y ayuda o bien de forma autónoma.

Otro aspecto que, actualmente, tiene un peso importante en el proceso formativo son las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), las cuales los jóvenes deben utilizar de forma correcta, sabiendo que hay “vida” más allá de las redes sociales. Estas herramientas permiten aumentar las posibilidades dentro y fuera del aula y ofrecen múltiples ventajas tanto a profesores como a alumnos, algunas ya mencionadas a lo largo de este trabajo.

En relación con la labor docente, hoy en día, el acceso a cualquier información es sencillo gracias a las TIC y, por este motivo, el profesor tiene que enseñar cómo buscar y filtrar esa información. En definitiva, como docentes debemos estar en constante aprendizaje y actualización para conocer nuevas metodologías y herramientas de utilidad, la innovación debe estar presente en el aula para no caer en la rutina y mantener la motivación del alumnado.

Los motivos expuestos anteriormente, sentaron las bases para realizar un estudio más profundo de la metodología *b-learning*. Tras llevar a cabo la intervención didáctica se valora de forma satisfactoria sus características y los objetivos cumplidos, ya que la encuestas y el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de 3º ESO han arrojado resultados positivos.

En cuanto a la herramienta utilizada, Edpuzzle, se descubren sus principales características y se considera que se trata de una aplicación con mucho potencial y sencilla de utilizar, no exenta de trabajo previo, para incorporar en partes de cualquier asignatura, siguiendo la idea del *b-learning*, sin llegar a aplicar *flipped classroom*, especialmente en educación secundaria debido a la edad de los alumnos.

Respecto a su uso, gustó a los alumnos y se consiguió despertar en ellos un mayor interés y motivación por la electricidad, al haber roto el ritmo normal de sus clases gracias a la novedad de los vídeos.

Por último, se resalta una funcionalidad clave para obtener ese *feedback* tan interesante que permite al profesor individualizar la enseñanza, conocer las necesidades de cada alumno, identificar sus capacidades y poder atenderlas y desarrollarlas en consecuencia.

Esta opción de Edpuzzle es la posibilidad de revisar las respuestas de cada alumno a cada pregunta, información que permite al docente hacerse una idea de las partes más complejas del temario, aquellas que peor se han entendido o que peor explicadas están para insistir en ellas. En definitiva, este tipo de autoevaluaciones, junto con las encuestas, ayudan al profesor a ser crítico con uno mismo y le dicen en qué y cómo mejorar.

## 7. AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la ayuda prestada por la Universidad de La Rioja a través de las ayudas a la realización de tesis doctorales ATUR 2021 financiadas por Santander Universidades.

## 8. REFERENCIAS

Apriyani, R., Ramalis, T. R., Suwarma, I. R. (2019). Analyzing Student's Problem Solving Abilities of Direct Current Electricity in STEM-based Learning. Journal Science Learning, 2, 85–91. https://doi.org/10.17509/jsl.v2i3.17559

Bedebayeva, M., Kadirbayeva, R., Suleimenova, L., Zhetpisbayeva, G. O., Nurmukhanbetova, G. (2021). Methods of teaching school informatics in English based on blended learning technology. Cypriot Journal of Education Science, 16, 3305–3316. https://doi.org/10.18844/cjes.v16i6.6584

Blázquez-Merino, M., Macho-Aroca, A., Baizán-Álvarez, P., García-Loro, F., San Cristobal, E., Diez, G., Castro, M. (2018, 18 – 20 de abril). Structured MOOC designed to optimize Electricity learning at Secondary School [ponencia]. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España.

Burde, J. P., Weatherby, T. S., Kronenberger, A. (2021). An analogical simulation for teaching electric circuits: A rationale for use in lower secondary school. Physics Education, 56(5). https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac03fe

Edpuzzle Inc. (s. f.). edpuzzle. https://edpuzzle.com. Consultado 15 abril de 2022.

Educación 3.0 (2020). EDPuzzle, la herramienta que quiere revolucionar el mundo del vídeo en educación. https://bit.ly/3ARsMvh

Escuela Didáctica (2020). Qué es el B-Learning. https://bit.ly/3PWVyPE

Ferriz-Valero, A., Østerlie, O., García-Martínez, S., Baena-Morales, S. (2022). Flipped Classroom: A Good Way for Lower Secondary Physical Education Students to Learn Volleyball. Education Science, 12.

García, A., Vidal, E. (2019, 24 – 26 de julio). A b-Learning / m-Learning experience as support for improving the capabilities of the English area for Engineering students [ponencia]. 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. Montego Bay, Jamaica. https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.30

Mawaddah, N., Mustofa, M., Putra, I. S. (2022). Improving Students' Learning Ability using Edpuzzle Interactive Video. Journal of English Education and Applied Linguistics 11(1), 65–81.

Mollel, A. D., Minani, E., Munezero, V., Ngayinteranya, J. (2022). Computer-Supported Collaborative Learning and Students Electricity Concepts: A Case of Secondary Schools in Arusha, Tanzania. East African Journal of Education and Social Sciences, 3(2), 139–145.

Popat, Y. (2021). Ohm's Law: Misconceptions of the Students at Secondary and Senior Secondary Level. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 5(12), 88–91.

https://doi.org/10.33564/ijeast.2021.v05i12.014

Ros Zatorre, E. (2021). Aprendizaje Basado en problemas para la docencia de electricidad en Educación Secundaria Obligatoria [Trabajo Fin de Máster, Universidad de Zaragoza].

Santander Universidades (s. f.). B-learning: ¿Qué es y en qué consiste? https://bit.ly/3QPlOg1. Consultado el 3 de mayo de 2022.

Soriano-Pascual, M., Østerlie, O., Baena-Morales, S., García-Martínez, S., Ferriz-Valero, A. (2022). Flipped Classroom a través de Edpuzzle y el proceso de enseñanza-aprendizaje de deportes en alumnado de secundaria: Un estudio piloto. Retos, 45, 743–749.

Sulak, S., Akdogdu, E., Demir, M. C., Aksu-Dünya, B. (2022). Impact of EDpuzzle Use on the Assessment and Measurement Course Achievement. HAYEF Journal Education, 1–9. https://doi.org/10.5152/hayef.2021.21045

UNED (s. f.). blearning. https://www.blearning.es. Consultado 2 de mayo de 2022.

Vilchez Jiménez, B. (2021). Edpuzzle… y fuera fichas. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.

Wikipedia (s. f.). EDpuzzle. https://es.wikipedia.org/wiki/EDpuzzle. Consultado el 10 de abril de 2022.

Zhafirah, V., Wijaya, A., Winarno, N. (2019, 12 de octubre). Blended Learning on Students' Motivation: The Case of Teaching Solar System [ponencia]. Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar (MSCEIS). Bandung, Indonesia.

https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296412

# PREPARING FUTURE PRIMARY EDUCATION TEACHERS TO BE DESIGNERS OF TEACHING-LEARNING PROCESSES IN MAKERSPACES

AMAIA QUINTANA ORDORIKA
*EHU/UPV*

JAVIER PORTILLO BERASALUZE
*EHU/UPV*

URTZA GARAY RUIZ
*EHU/UPV*

## 1. INTRODUCTION

Makerspaces are global and technological learning spaces, where collaboration and new learning dynamics are used to carry out collective projects (Pettersen, et al. 2020). In the present case study, students of the trilingual (Basque, Spanish and English) degree in Primary Education have carried out several "class designs" based on constructivism: hands-on learning through building things. Those "Class designs" are innovative learning units that have been developed in the makerspace "innovative learning environment" of our faculty which is the pioneer in Spain.

The thorough planning of those teaching-learning processes, target primary education students and are based on promoting and fostering active learning (Talbert, Mor-Avi 2019). Pedagogically, they aim to achieve the best learning outcomes enabling students to acquire 21st century skills: student centred learning, solving real world challenges and problems, receiving accurate feedback and assessment and involving higher-order thinking skills, such as analysis, synthesis and evaluation (Mahat et al 2018).

Working in a makerspace scenario fosters the exploration of innovative ways of teaching and learning processes, and learners gain skills by

experimenting and playing with and through technology (Hughes and Morrison, 2020). Technology and active methodologies are the core elements of makerspaces, but having emotional synergy to overcome obstacles, and foster deep learning is essential too (Tesconi, 2017).

This case study provides an overview of different proposals, nurtured in the potentiality the Maker Culture has, by turning learning into something essential and stimulating. The main outline of the proposed educational projects has been based on the process of gathering all the participants, students and teachers, in a physical space that has been especially designed for the construction of artefacts; a makerspace. The collaborative experience of "class design" has been aimed towards a common goal: becoming an expert and sharing knowledge with the rest of the classmates. When working together on a shared task, individual and collective efficacy is strengthened (Pieters, et. al 2019).

Students have been divided in teams and each team had to take the role of a teacher and design a session focusing on one device, tool or gadget (matatalab, beebot, virtual reality glasses, 3D printer, makey-makey…) and present it as if they were experts in the field to their classmates at the unique makerspace. They had to consider the most suitable pedagogical approach (master class, flipped classroom, interactive activities, individual/group work, previous/during/after class activities, tutorials, assessment method...) and ICT according to the chosen topic.

## 1.1. FUTURE RESEARCH LINES

Thanks to the learning outcomes, they have experimented with the possibilities of the Maker philosophy, the resources that are available to develop tasks and the way in which they could be implemented in the near future in primary schools.

Consequently, learners felt potentially engaged thanks to the inspiration, motivation and empowerment that is felt when they realise that they have adopted a role of designers of the teaching-learning practice.

With this experience, we want to contribute to open new paths towards investigating the potentiality and relevance makerspaces have at university context (Halverson and Sheridan, 2014, Sheridan et al 2014). ICT

teaching training should not only be focused on the introduction and knowledge of new technological tools but it should also provide experimentation and development of learning styles (Smith, Iversen & Hjorth, 2015).

### 1.2. JUSTIFICATION

In the last decades the maker movement has not only changed and empowered society in general but it has also enriched and modified educational environments. This culture is seen as an opportunity to create collaboratively through experimentation and it encourages critical thinking and initiative above all. When designing artifacts with and through technology, an evolution is fostered. It is indeed in the design and creation of the artifacts when learning happens. Makerspaces are communities of practice (learning environments) where people are actively involved in projects and they share materials, resources and knowledge to create an artefact (Fleming, 2015; Roslund & Rogers 2014). The main aim is to work collaboratively, diversely, by using different materials, combining techniques and sharing expertise and not to learn certain specific skills (Cooper, 2013). This is why makerspaces can include elements from robotics, carpentry, computer science, robotics, workshops, kitchens, art/craft studios, etc. The main purpose would be to be aimed at sharing, collaborating and to creating rather than consuming already existing goods. These would be some of the central values of the "maker culture" (Hatch, 2014). Martin (2015, p.31) uses the following definition to highlight what the maker approach would be:

A class of activities focused on designing, building, modifying, and/or repurposing material objects, for playful or useful ends, oriented toward making a ''product'' of some sort that can be used, interacted with, or demonstrated. Making often involves traditional craft and hobby techniques (e.g., sewing, woodworking, etc.), and it often involves the use of digital technologies, either for manufacture (e.g., laser cutters, CNC machines, 3D printers) or within the design (e.g., microcontrollers, LEDs)

The roots of the maker culture in education follow the constructionist approach proposed by S. Papert in 1986, where he proposes that by

developing objects that are of the interest of the learner and through exploration and building, consequently knowledge happens.

In the last years there has been a considerably growing number of studies regarding the phenomenon of making-centered education or makerED, in which unquestionably there is evidence that these environments have a transformative potential for educational practices (Blikstein, 2013; Martinez & Stager, 2016; Peppler, Halverson & Kafai, 2016). Moreover, following the ideas of Blikstein & Worsley 2016, makerspaces give the students the chance to learn topics that are more relevant to them and when this is associated with suitable methodological approaches like constructivism, where students are creative and critical thinkers they become active problem solving agents (Martinez & Stager 2013; Halverson & Kimberly 2014; Kurti, Kurti & Flemming 2014).

It is widely accepted that the making has the power to change educational practices, but this will only be possible if the teaching practices are compatible with its philosophy and with a constructionist and constructivist approach (Tesconi, 2017). Blikstein (2013) mentioned that creating learning environments that are reflective, experience based, student centred, based on the creation and construction of meaningful artifacts… have to be complemented with a proper teacher training. He also underlines that the introduction of digital tools of open access and the maker practices are needed in these environments. Moreover, in our increasingly technological world, an intensifying demand for transversal skills and competencies that have practical value are required and making in the classroom and educational makerspaces are the most engaging and leading learning environments for this purpose (Koole, M. et al 2017).

In the case of higher education, the introduction of technology has caused a change in the way teaching and learning processes are carried out. Undoubtedly we have to rethink how we design those spaces and how we get advantage of the potentiality makerspaces have in making the learning practice as fruitful as possible. The training process of future Primary Education teachers should not only be focused on the introduction and knowledge of new technological tools but it should also provide experimentation and development of learning styles (Smith, Iversen & Hjorth, 2015).

When Primary Education pre-service teachers are working in activities that involve "tinkering and making support collaborative, interactive design methodology, where student-centred projects prepare students for real-world challenges in careers and college" (Martinez & Stager, 2014, p. 45), they start to think how they could bring these maker ideas into their own classroom. They also feel that there is plenty of room for curiosity and the maker mindset to develop. "what students want to learn and make always comes first, and they find the tools that support their interests" (Provenzano, 2016, p. 59). Teacher training is conceived as "an area of innovation", a space for experimentation and educational action, in which through research, improvement happens (Rodriguez, 2009).

In this case study it is highlighted how future Primary Education Teachers have been trained to be the designers of teaching and learning processes in a real makerspace. When designing these processes research shows that there is an unquestionably important connection between the physical and the internal, cognitive functions of students. This means that a suitably designed physical environment could positively influence hands-on activities and internal cognitive processes connected to learning (Stull et al. 2018).

Jaatinen and Lindfords (2019) have found that a makerspace, is a suitable space to guide and support learners in problem-solving, in fact, the space and the user's physical interaction within the space has a positive impact on cognition; in their study we can see that they mention the following:

The classroom area which was designed to include a basic workplace, various material technology workstations and wider workshops (e.g., digital fabrication, wood work, sewing, engineering and weaving), was considered a holistic makerspace with well-defined areas of working and paths for moving from one workstation to basic workplaces or other workstations. This approach facilitated pupils' multifaceted opportunities to design and fabricate solutions to important problems…

King, in 1993 said that an educator should go "from sage on the stage to guide on the side"; this means that the teacher should guide the learner, and be the designer of learning processes. When adopting this attitude, the teacher will not only be in charge of supporting the learning process

but will be equipped with all the necessary tools to identify the needs of the learners.

In this scenario, the teacher will provide students access to information and to knowledge and also will have to be ready to design, analize, synthesise, and build shared knowledge from the available resources, such as technology, cognitive and experimental ones. Gary Stager (2015) underpinned the idea that if we want students to apply their learning and create new knowledge and ideas, we need to ensure that they can practise the idea of "build it and they will learn" throughout the day and across all disciplines. There has to be a shift in the way we think and focus more on what learning can be, how students can be empowered, how learning environments can be transformed to meet these goals; rather than focusing on what it has been. Just by making small changes big differences can be done.

When teachers develop a disposition of designers, they are engaged in creating a collaborative culture that is based in interdisciplinary work and experiences (Kelly, 2020). Accordingly, building a culture of collaboration and trust does not happen in isolation, a high engagement of sharing disposition is needed among all the participants in the learning community (Barlet, S. 2021). Moreover, when adopting the role of design thinkers, a shift happens towards a wider scope than the four walls of the classroom.

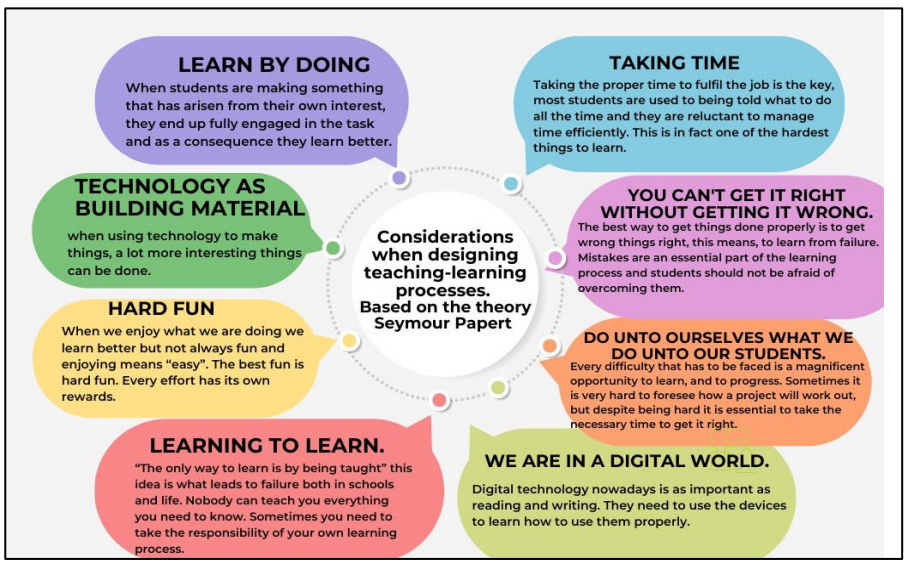
This disposition of design is named by Johnson (2017) as context adaptive teaching, and it englobes the idea that teachers should respond to the diversity of the group of students that interact with each other and to the place where the learning happens. Creative development, such as discipline, knowledge, collaboration and above all a shift of pedagogy is needed (a change of mindset).

This open mindset leads to plan lessons that are connected to the outcomes that are received by the students, and how the lesson will evolve will depend on the interaction the students have with the topic, their interests, the questions they formulate… Becoming a designer teacher is about embracing ambiguity, learning from failure, taking risks, having an optimistic intention, reflecting constantly on the dynamics, and above all understanding that the world is changing rapidly and that an answer should be given to different settings (Barlett, Quinn, Dalton & Clark, 2017).

All in all, Mahal et al. 2018 p.14 mentioned that when considering an effective learning environment we should have in mind the idea that it is one that "makes learning and engagement central; ensures learning is social and collaborative; is in tune with learners´motivation and emotions; is acutely sensitive to individual differences; is appropriately demanding for each learner; uses assessments that are consistent with its aims, with a strong focus on formative feedback; and promotes connectedness across activities and subjects in and out of school".

Several other research studies underline the importance of innovative learning spaces when it comes to personalization, collaboration, skills development, creativity and technological literacy (OECD 2006), but this should go together with changing the teaching practices.

The teaching-learning processes had to follow the implementation constructivism together with active methodologies when designing the processes. Seymour Papert, considered to be the father of educational technology, outiled 8 basic notions that have to do with understanding constructionism as a practical approach to create a suitable learning process.




Source: Authors´ own production based on the ideas outlined by Papert, Seymour (1986). *Constructionism: a new opportunity for elementary science education*

## 2. OBJECTIVES

Following the literature review this case study provides an overview of different proposals made by future Primary Education teachers, nurtured in the potentiality the Maker Culture has. Through the findings, some of the instructional methods and pedagogical techniques that are valuable for teachers are revealed, based on the design accountable to maker learning environments.

The collaborative experience of "*class design"* has been aimed towards a common goal: to adopt the role of teachers and become experts in a topic (table 2), consequently they had to teach their classmates as if they were students.

The core question that they had to have in mind when designing was: *"How can we design an innovative teaching and learning project through digital making techniques?"*. Their proposals had to be based on the process of gathering all the participants, students and teachers, in a physical space that has been especially designed for the construction of artifacts: a makerspace. The process of the call design and the presentation performance had to be in groups, where all collaborated towards a common goal: sharing the learning experience by creating together.

The pedagogical approach had to based on three principles:

1. Collaboration. By working in groups, the participants form part of a greater entity that allows them to overcome obstacles beyond their individual potentials.
2. Construction. By physically creating an artifact, the participants engage cognitive abilities that go beyond those used in the classroom with pencil and paper. The experience of the construction improves the individual knowledge of the participants in a way that is more profound and permanent in their memories.
3. Emotional synergy. The affective disposition of the participants created by the first two principles: working together and constructing an artifact, creates an emotional environment that acts as a catalyst to overcome obstacles, and fosters deep learning (Litts, 2015).

The proposed teaching and learning educational approaches, the "*class designs*", had to be developed according to the following guidelines:

- They had to choose and justify the layout of a suitable learning environment. Following the literature review the approach of innovative learning spaces have been named differently, such as *"Next-Generation Learning spaces (NGLS)"* (Radcliffe, 2008); *"Active Learning Classrooms (ALC)"* (Baepler et al. 2016); *"Innovative learning environments ILE"* (Mahat et al. 2018). When designing these environments they had to consider that they should promote and foster active learning (Talbert, Mor-Avi 2019), and enable students to acquire 21st century skills. Pedagogically with the aim of achieving the best learning outcomes (Mahat et al. 2018).

- The pedagogical approach had to be based on active methodologies. They had to consider the most suitable pedagogical approach (master class, flipped classroom, interactive activities, individual/group work, previous/during/after class activities, tutorials, assessment method...). It should at least follow:

-Student centred learning.

-Solving real world challenges and problems. The aim had to target a problem or issue that is of relevance to the audience.

- Design certain activities that involve higher-order thinking skills, such as, analysis, synthesis and evaluation. Consider the most suitable ICT tools, and applications according to the topic field and the established objectives.

- Feedback and assessment had to be done through rubrics, checklists, scales… Pre-service teachers were recommended to select some skills to focus on from the following "skills, characteristics and elements chart" (table 1) adapted from the Makerspace Assessment Framework by Lock et al. 2018.

***TABLE 1.*** *Key skills, elements and evidence proposals for the assessment.*

| The skills to assess in the design process | Important elements found in the skills | Possible evidences |
|---|---|---|
| Thinking innovatively | 1.-Inquiry | 1.-Prediction, questioning… |
| | 2.-Connections to real world problems | 2.-Relevance and authenticity |
| | 3.-Disruption | 3.-Experimenting, risking failure |
| | 4.-Entrepreneurship | 4.-Transforming, creating… |
| Problem solving | 1.-Knowledge | 1.-Applying knowledge |
| | | 2.-Using patterns, strategies… |
| | 2.-Skill application | 3.-Apply and document ideas, organize data. |
| | 3.-Work ethic | |
| | 4.-Mindset | 4.-Openness to change, persistence, grit… |
| | 5.-Argumentation | 5.-Reasoning, decision taking… |
| | 6.-Creativity | 6.-Collaboration, applying innovative solutions… |
| Collaboration | 1.-Building knowledge through sharing | 1.-Engage in co-creative activities, active involvement, commitment… |
| | | 2.-Verbal and non-verbal communication. |
| | 2.-Communication | |
| | 3.-Group liability | 3.-Contribute, support the ideas of the team… |
| | 4.-Achievable goals | 4.-Active engagement, sharing responsibilities, reaching agreements… |

## 3. METHODOLOGY AND PROCEDURE

Pre-service teachers were split into teams, the procedure of the division was made randomly. They had to design a teaching and learning process focusing on one category that is found in Table 2. The selection of the topics was done according to the materials, tools and gadgets that are

found in the makerspace of the Faculty of Education of the Basque Country and that are believed to be the most suitable ones for Primary Education:

***TABLE 2.*** *Categories of some of the gadgets, tools found in the makerspace of the UPV/EHU.*

| | | |
|---|---|---|
| 1. TABLETS<br>Tablet lenovo Yoga | 4. ROBOTS<br>Matatalab coding robots<br>Robot Albert bt school<br>robot bee bot<br>aiko robot<br>lego boost<br>lego mindstorms education ev3 | 7. VIRTUAL REALITY<br>vr next headset<br>vr heromask<br>vr splaks |
| 2. INTERACTIVE WHITEBOARD | 5. CODING<br>lego education wedoo 2.0<br>lego coding express<br>lego steam park | 8. DIY<br>portable stoves<br>drawing table<br>maxi planetas |
| 3. MANUFACTURING<br>Laser Cutter and Engraver<br>printer 3d up mini<br>dremel | 6. KITS FOR REAL WORLD INTERACTION<br>kits makey-makey<br>neuron inventor kit<br>kits arduino<br>touch board starter kit<br>bare conductive<br>electric paint | 9. WEARABLES<br>weareables Corzotech<br>kit lilypad |

Source: Authors´ own production

The competences they had to achieve when working on the designs were related to those established by the subject ICT for Primary Teachers:

- Use the theoretical and practical knowledge acquired, relate theory and practice to the current educational reality and generate new knowledge linked to the resolution of problems related to teaching and learning.
- Select, analyse and synthesise relevant information for the class design aimed at improving schooling processes.
- Show autonomy in reflection, argumentation, academic and professional judgements, decision-making and the resolution of educational problems.

The assessment criteria they had to follow was based on the principles that the ICT course establishes:

- Integration of the competences worked on in the subject
- Organised and coherent presentation and structure.
- Relevance and pertinence of the contents.
- Respect for scientific, ethical and deontological codes.
- Originality and innovative character.
- Reflective nature and quality of the argumentation.
- Appropriate academic language and quality of written and oral communication.
- Use of specialised bibliography.

A rubric was used to evaluate the performance of each team see *appendix* □.

## 4. RESULTS

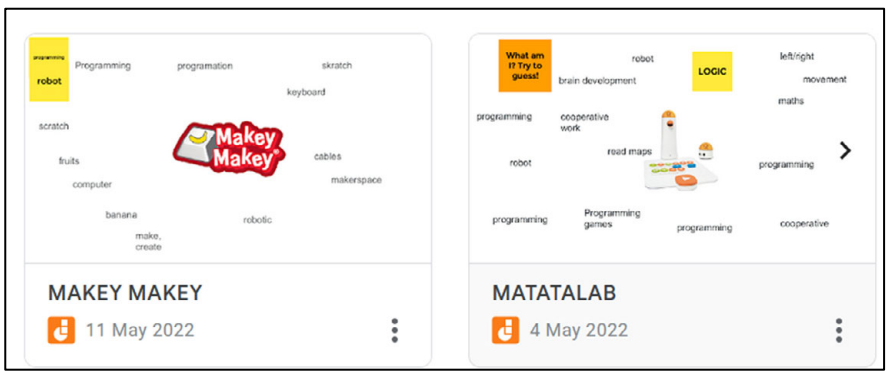
In the following lines some of the work samples made by the pre-service teachers are described.

They started their projects by trying to design a suitable draft of the project according to the core question about *h*ow they could design an innovative project through digital making techniques. In order to do so, a deep research about the topic that they were given from the chart above (Table 2) had to be done together with testing the gadgets (Fig. 1). After researching, general and specific objectives were set, a final goal or aim was chosen and relevant activities and tasks were designed to reach that aim. Finally, they had to consider the most suitable assessment method and once the final design was complete, they put it into practice in front of their classmates.

***FIGURA 1.*** *Students researching and testing the virtual reality glasses prior to the design*

The "performance" for their classmates happened in the makerspace and most of the teams decided to start with a *Jamboard* (Fig.2), a tool that offers the chance to brainstorm ideas and get familiarised with the new topic.

***FIGURA. 2*** *Some examples of the Jamboards*




A brief presentation (Fig. 2), about the topic was given by the expert teachers using *canva* or *slideshare*. Pre-service teachers adopted a suitable sitting arrangement (Fig. 3), to introduce the new topic the teachers were at the front of the makerspace and the students were seated next to each other in a semicircle.

***FIGURA 3.*** *Slideshare used by the pre-service teachers*

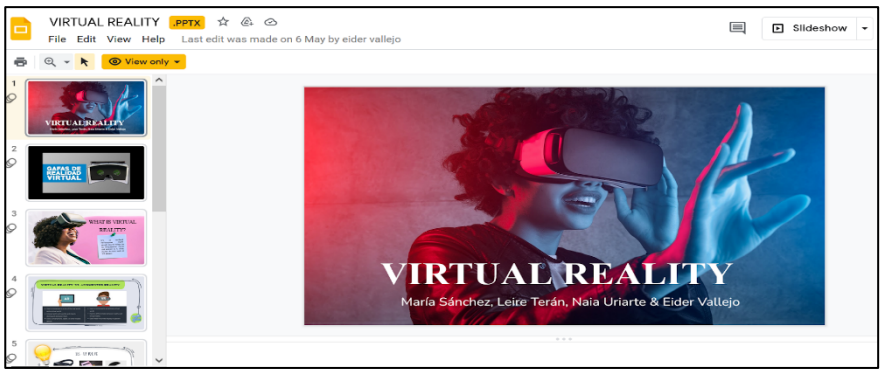



***FIGURA 4.*** *Pre-service teachers introducing the neuron artist-kit to their classmates*

Then by using *kahoot* or *mentimeter* or *socrative*, they checked that the general features about the topic had been interiorized and doubts were clarified.

Subsequently, several activities were carried out using a website such as *google sites* or *google classroom* (Fig. 4), where they organised all the activities in a coherent way to reach the objectives that they had previously set.

***FIGURA 5.*** *Participants use the 3D printer to develop the activities and design their prototype.*

In most of the activities the students gained control above the activities that they were developing and they tried to *build knowledge*, while teachers adopted the role of supervisors or guides. To carry out the main activities, a division of the classmates into groups was made. Small groups of no more than four students were chosen to make them put their heads together. Some of the innovative maker education activities included creating a cube using the *Up-Mini 3D printer* to teach geometric shapes (Fig. 5), designing a body-prototype using *makey-makey* to teach the parts of the body (Fig.6), building musical instruments using *neuron artist kit* (Fig. 7), learning to code with *matatalab* and using *bee-bot* robot to learn the numbers or feelings (Fig 8.), or the *wearable corzotech* were used to access a virtual museum and then create some pieces of art (Fig 9.)

***FIGURA 6.*** *Designing a body prototype using makey-makey.*

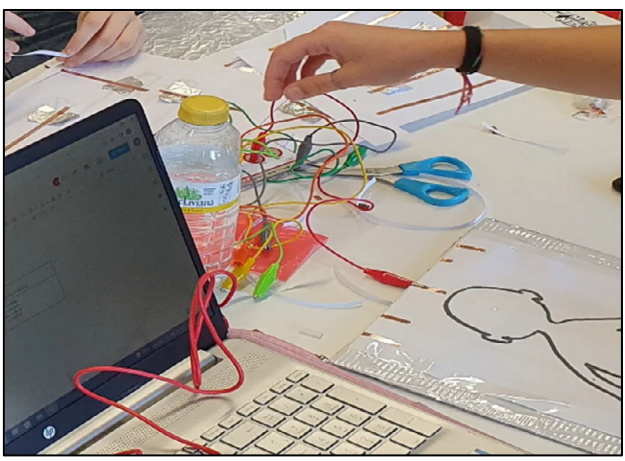


***FIGURA 7.*** *Designing a music instrument using neuron artist kit*

***FIGURA 8.*** *Coding a matatalab in groups and reviewing the numbers using bee bot.*

***FIGURA 9.*** *Using virtual reality glasses heromasks to access a museum and then create their own masterpiece.*

The engaging and original designs included more activities, such as games, quizzes, surveys… Pre-service teachers had to consider while implementing their proposals the a*ssessment for learning.* Providing feedback and communicating evidence using suitable language, contributed to a rich learning environment (William, 2010).

To assess their own performance and their classmates' one, and in order to engage them in authentic assessment, they designed suitable techniques according to the framework presented in table 1, observation rubrics, self-assessment questionnaires through google forms and peer assessment were also implemented. Some of the teams adopted the U-shape or double U-shape sitting layout to perform the final assessment of evaluation, which consisted of having each student sit next to each other and fill in a questionnaire through *google forms*, complete a *socrative*, answer orally some questions…

## 5. DISCUSION

Through this case study, it has been highlighted how makerspaces can promote transformative education based on the constructionist approach to learning: designing, inventing and building at the core rather than the transmission or consuption of knowledge (Koole et al., 2017). Learning evironments that are maker centered empower teachers and learners to create and build knowledge. Nevertheless, it is believed that the number of the literature about the design of learning units that target its implementation in makerspaces in Higher Educational context is very limited. Deeper scientific investigations towards the use and benefits of designing teaching units in makerspaces and the potentiality they have are needed.

## 6. CONCLUSIONS

Collectively, participants identified that the *class designs* they created, had been a brilliant opportunity for their growth and development as future professionals and underlined that digital making experiences foster peer interaction and engagement. They felt the empowerment to

design suitable educational practices, and above all they believed they had acquired some basic skills to be proactive.

According to neuroscientist Burns (2019) *teachers change kids´ brains*. They are also role models and can influence their students to develop *maker* mindsets. In this experience, future Primary Education teachers have had the chance to experiment, and to be actively engaged in a higher education makerspace. Through this case study it has been found that pre-service teachers are able to create and design teaching and learning practices aimed to be worked in innovative learning environments such as makerspaces.

If we take into account their beliefs we could say that in general they felt that their Digital Competence as educators had been improved, and that they have acquired the necessary competences and experience to launch this type of design projects in the near future. Above all, learners believe that the proposed designs in the near future may be implemented in schools and that an enhancement of teachers' professional development in the ICT fields will happen.

## 7. BIBLIOGRAPHY


Baepler, P., Walker, J., Brooks, D., Saichaie, K., Petersen, C. (2016). A guide to teaching in active learning classrooms: History, research, and practice. Stylus Publishing.

Bartlett, S., Quinn, E., Dalton, T., & Clark, S. (2017). Designing shifts to position teachers as designers of learning. In P. Preciado Babb, L. Yeworiew, & S. Sabbaghan (Eds.), Selected Proceedings of the IDEAS Conference: Leading Educational Change (pp. 17–27). Calgary, Canada: Werklund School of Education, University of Calgary.

Bartlett, S. (2021). Teacher as Designer of Learning: Possibilities and Praxis of Deep Design. In Teacher as Designer (pp. 55-68). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9789-3_5

Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and "making" in education: The democratization of invention. In FabLab (pp. 203-222). Transcript Verlag. DOI:10.14361/transcript.9783839423820.203.

Blikstein, P., & Worsley, M. (2016) Children are not Hackers: Building a culture of powerful ideas, deep learning, and equity in the Maker Movement. In Peppler K., Halverson E. & Kafai Y. (eds.) Makeology: Makerspaces as learning environments. (Vol. 1, pp. 64-79).

Burns, M. (2019, February 19). I'm a Neuroscientist. Here's how teachers change kids´ brains. EdSurge. https://www.edsurge.com/news/2019-02-19-i-m-a-neuroscientist-here-s-how-teachers-change-kids-brains

Cooper, J. (2013, September 13). Designing a school makerspace. Edutopia. Retrieved from: https://www.edutopia.org/blog/designing-a-schoolmakerspace-jennifer-cooper

Fleming, L. (2015). Worlds of making: Best practices for establishing a maker space at your school. Thousand Oaks, CA: Corwin.

Halverson, E.R., & Sheridan, K. (2014), "The maker movement in education". Harvard Educational Review, 84 (4), 495-504.

Hatch, M. (2014). The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkeres. McGraw-Hill Professional.

Hughes, J.M., & Morrison, L.J. (2020). Innovative learning spaces in the making. Frontiers in Education, 5. https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00089

Jaatinen, J., & Lindfors, E. (2019). Makerspaces for pedagogical innovation processes: how Finnish comprehensive schools create space for makers. Design and Technology Education: An International Journal. Available online at: https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2623/2810

Johnson, Z. (2017). Teachers as designers of context-adaptive learning experience. In S. Goldman & Z. Kabayadondo (Eds.), Taking design thinking to school: How the technology of design can transform teachers, learners, and classrooms (pp. 37–49). New York: Routledge.

Kelly, R. (2020). Collaborative creativity: Educating for creative development, innovation, and entrepreneurship. Brush Education.

King, A. (1993). From sage on the stage to guide on the side. College Teaching, 41 (1), 30-35. Education; College Teaching. King, A. (1993). From sage on the stage to guide on the side. College Teaching, 41(1), 30–35. https://doi.org/10.1080/87567555.1993.9926781

Koole, M., Dionne, J., McCoy, E., & Epp, J. (2007). Makerspaces: Materialising, digitalizing and transforming learning. In Keengwe, J. & Bill, P.H. (Ed.), Handbook of research on transformative digital content and learning technologies (pp.211-230). ICI Global.

Kurti, R. S; Kurti, D. L.; Fleming, L. (2014). The philosophy of educational makerspaces: Part 1 of making an educational makerspace. Teacher Librarian, Bowie, MD, 41(5), 5-11. Retrieved from: http://www.teacherlibrarian.com/2014/06/18/educational-makerspaces.

Litts, B. K. (2015). Making learning: Makerspaces as learning environments. (Unpublished doctoral disseeration). University of Wisconsin-Madison.

Lock, J., Becker, S., & Redmond, R. (2018). Makerspace assessment framework. Unpublished manuscript.

Mahat, M., Bradbeer, C., Byers, T., Imms, W. (2018). Innovative learning environments and teacher change: Defining key concepts. Melbourne: University of Melbourne, LEaRN. Retrieved from: http://www.iletc.com.au/publications/report

Martinez, S., & Stager, G. (2014). The maker movement: A learning revolution. Retrieved from https://www.iste.org/node/6653

Martinez, S. L., & Stager, G. (2016). Invent to Learn: Making. Tinkering, and Engineering in the Classroom. Torrance, EEAA: Constructing Modern Knowledge Press.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2006). Evaluating quality in educational facilities. Retrieved from http://www.oecd.org/education/innovation-education/evaluatingqualityineducationalfacilities.htm

Papert, S. (1986). Constructionism: a new opportunity for elementary science education. Proposta para a National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Cambridge MA.

Peppler, K. A., Halverson, E., & Kafai, Y. B. (2016). Makeology makers as learners. New York, EEUU: Routledge.

Pettersen, I.B., Kubberød, E., Vangsal, F., & Zeiner, A. (2019). From making gadgets to making talents: exploring a university makerspace. Education + Training, 62(2), 145-158. https://doi.org/10.1108/ET-04-2019-0090

Pieters, J., Voogt, J., & Pareja Roblin, N. (Eds.). (2019). Collaborative curriculum design for sustainable innovation and teacher learning. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20062-6

Provenzano, N. (2016). The nerdy teacher presents: Your starter guide to maker spaces. Middleton, DE: Blend.

Radcliffe, D., Wilson, H., Powell, D., & Tibbetts, B. (2008). Designing next generation places of learning: Collaboration at the pedagogy-space-technology nexus. The University of Queensland, pp. 1-20. Retrieved from https://ltr.edu.au/resources/grants_pp_projectreport_nextgeneration_uq_jan09.pdf

Roslund, S. & Rodgers, E. (2014). Makerspaces. Ann Arbor, MI: Cherry Lake Publishing.

Sheridan, K., Halverson, E.R., Litts, B., Brahms, L., Jacobs-Priebe, L., & Owens, T. (2014), "Learning in the making: a comparative case study of three makerspaces". Harvard Educational Review, 84 (4), 505-531.

Smith, R. C., Iversen, O. S., & Hjorth, M. (2015). Design thinking for digital fabrication in education. International Journal of Child-Computer Interaction, 5, 20-28. https://doi:10.1016/j.ijcci.2015.10.002

Talbert, R., Mor-Avi, A. (2019). A space for learning: An analysis of research on active learning spaces. Heliyon, 5(12). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e0296

Tesconi S. (2018). El docente como maker. La formación del profesorado en making educativo. Universitat Autónoma de Barcelona. https://www.tdx.cat/handle/10803/650281#page=1

William, D. (2010). "The role of formative assessment in effective learning environments". In H. Dumont, D. Istance, & F. Benavides, (Eds), The nature of learning: Using research to inspire practice (pp.135-159). OECD publishing. Paris. https://doi.org/10.1787/9789264086487-8-en

## APPENDIX 1

| | ASPECTS | 4 EXCELLENT | 3 GOOD | 2 NEED IMPROVEMENT | 1 LOW PERFORMANCE | WEIGHT |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Formal aspects of the contents | STRUCTURE | Students' introduction is correct, clear and catches the audience's interest. The main ideas are shown first, and then, the secondary ones. Connectors link ideas very clearly. Students include a concluding part to provoke the reader's reflection. | Students introduce the topic correctly. The main ideas are normally shown first, and then, the secondary ones. Students use connectors consistently to clarify relationships among ideas and include a concluding sentence or paragraph at the end of the text. | There is an introduction to the topic. There is no consistency in the use of a logical structure and students are sometimes unclear. They hardly use linking words to relate ideas and concepts.Students try to include a concluding part, but do not manage to do it properly. | There is no introduction to the topic. Students do not know how to organize ideas and information coherently. Students do not use linking words to clarify relationships among ideas and concepts or do not provide a concluding sentence or paragraph to sum up what they have written about. | 5% |
| | DEPTH, ACCURACY | Students present facts, definitions, details or examples related to the topic in an interesting way. The audience can follow it very easily. | Students develop ideas with relevant facts, definitions, details or examples that help the audience follow the class quite easily. | Students develop ideas with some facts, definitions, details or examples, but there is no consistency and their development is confusing. | Students do not develop their ideas at all. They need to include definitions, details or examples related to the topic. | 5% |
| | LANGUAGE: VOCABULARY & GRAMMAR | Key vocabulary is used precisely to engage and inform classmates. There is a great variety of sentence structure. | Students use key vocabulary consistently. There is variety in sentence structure. | Some key vocabulary is used, but not in a consistent way. Some sentences are not grammatically correct. | Students do not use key vocabulary and most of the sentences are very short or wrong. | 5% |
| | LINGUISTIC CONVENTIONS | Correct use of punctuation, spelling, and capitalization. If necessary, sudents cite sources accurately. | There are a few minor errors in punctuation, spelling, and/or capitalization. Students cite sources consistently. | The text contains several errors in punctuation, spelling, and/or capitalization. Students are not consistent when citing sources. | There are many errors in punctuation, spelling, and capitalization. Students do not cite information sources (if necessary) | 5% |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | USE OF FACTS AND CITATION | All the arguments are supported by several relevant facts, statistics, citations and/or examples. | Most of the arguments are supported by several relevant facts, statistics, citations and/or examples. | All the arguments are supported by several relevant facts, statistics, citations and/or examples but some of the facts are not relevant. | The arguments are not supported by facts. | 5% |
| | INFORMATION | All the information presented is clear and precise. | Most of the information presented is clear and precise. | Most of the information presented is not clear or precise. | The information has some mistakes and it is not always clear. | 5% |
| | WRITTEN TEXT IN PRESENTATION (slides,...) | It summarizes the essential information very clearly. | It summarizes the essential information well. | It summarizes the essential information enough. | It does not summarize the essential information. | 5% |
| | | | | | | |
| Explanations | FOCUS | Students demonstrate full understanding of the topic and develop the explanation in a way that rises the audience's interest. | Students address the topic appropriately and maintain a clear focus. Students show understanding of the topic. | Students address the topic in an appropriate way, but they sometimes wander off. Students demonstrate limited understanding of the topic. | There is not a clear focus because students do not understand the topic or the points to be followed. | 5% |
| Explanations | INTONATION AND BODY LANGUAGE | The team use continuously gestures, eye contact, tone of voice, level of enthusiasm and language in a way that they catch the audience attention. The students are continuously orientated to the audience. There are not any nerves expressions. | The team frequently use gestures, eye contact, tone of voice, level of enthusiasm and language in a way that they catch the audience attention. The students are not continuously orientated to the audience. There aren't any nerves expressions. | The team sometimes use gestures, eye contact, tone of voice, level of enthusiasm and language in a way that they catch the audience attention. There are some nerves expressions. | One or more of the members of the group use a presentation style and language which don't catch the audience attention. There are some nerves expressions. | 5% |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Interaction with classmates | ANSWERS TO QUESTIONS | Arguments are accurate, relevant and strong. | Most of the arguments are accurate, relevant and strong. | Some of the arguments are accurate, relevant and strong. | The arguments are not accurate or relevant. | 10% |
| | ACTIVITIES | All the activities are suitable for the content and allow students to acquire new knoledge and digital skills. They have been thoroughfully designed. | Some of the activities are useful for gaining new knowledge and digital skills. They have been specifically created/adapted to this context. | General activities, not really suited for this context. The added value of the activities to the explanations is not clear. | Poor activities, not properly linked to the contents | 10% |
| | EVALUATION | Evaluation is alligned to DigCompEdu competences and measures accurately the improvement of students | Evaluation is not fully alligned with competences or it is not accurate | No clear relation between evaluation and digital competences. Not the best suited learning evidences. | Poor evaluation | 15% |
| | | | | | | |
| Supporting resources | EXTERNAL RESOURCES | Throughout the presentation, there are some pictures, web addresses (3-4) and videos related to the topic (3) | Most of the presentation contains pictures, web addresses (2-1) and videos related to the topic (2) | There are some pictures, one web address and one video related to the topic. | It is a presentation with a few pictures and without any web address or video. If any, they do not have anything to do with the topic. | 10% |
| | USE OF ICT | They have used the most suitable ICT resource at every moment and for every purpose. | Most of the time they have used the most suitable ICT resource and for every purpose. | The use of ICT could have been better. | The use of ICT has been poor. | 10% |
| | | | | | | 100% |
| | The overall performance of each member of the group during the session will result in a factor (0,5; 0,7 or 1). The final grade obtained by each person will be: (group grade) * (individual factor) * (participation factor) | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | INDIVIDUAL FACTOR | 1: The student shows mastering the topic and the different issues involved in the session, answers questions proficiently | 0,7: The student seems to be lost in parts of the class or does not contribute equally to the rest of the group. He/she cannot answer some of the questions. | 0,5: Poor performance during the session | | |
| | PARTICIPATION FACTOR | 1: The student has participated actively in every project leaded by the other groups: good performance in every activity, good results in final evaluations | 0,7: The student has not participated actively in every other project but their performance was good when they got involved | 0,5: The student has not participated actively in several projects and their performance was low | | |
| | | | | | | |

# FORTALECIMIENTO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN ESTUDIANTES SORDOS A PARTIR DEL ENFOQUE STEM

EDUARDO ESTEBAN PÉREZ LEÓN[25]
*Instituto Técnico Guaimaral (Cúcuta, Colombia)*

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación, en la actualidad se enfrenta a cambios e innovaciones de gran importancia; tal es el caso que se debe tener muy en cuenta la transición que se ha vivido en el sistema educativo, el paso de una educación presencial a una educación mediada por tecnología y en la actualidad a una educación hibrida donde se conjuga lo tecnológico con lo presencial.

Es significativo señalar que la tecnología ha llegado para quedarse; es paradójico pensar y reflexionar que algunas instituciones dentro de su manual de convivencia prohibían el uso de dispositivos móviles y hoy en día más bien se busca que la gran mayoría de los estudiantes lo lleven para poder conectarse en el desarrollo de las clases. Es así que se observa como la innovación tecnológica se ha apoderado de los procesos en este caso educativo. Cabe mencionar que esta situación fue el resultado de la pandemia del COVID-19, lo que condujo al confinamiento total por más de año y medio.

Aunado a ello, es necesario indicar que en las instituciones educativas se presentan situaciones que en ocasiones son inimaginables, por ejemplo, cuando asisten a las aulas de clases estudiantes sordos o con discapacidad auditiva, si es diagnosticada severa, esto conlleva a que se busquen alternativas para lograr la comunicación con los estudiantes que

[25] Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Simón Bolívar de Cúcuta, Colombia. ORCID: 0000-0003-1925-816X. E-mail: eduardoesteban123@hotmail.com

presentan esa característica especial. Es de sumo cuidado atender dicha realidad con la intención que se logre proponer un prototipo STEM (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas) como práctica innovadora en el proceso de enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional. En el Instituto Técnico Guaimaral de la ciudad de Cúcuta – Norte de Santander.

Aspecto que surge a raíz de la necesidad de buscar e implementar estrategias educativas efectivas que permitan vincular al estudiante con el contexto tecnológico. En los próximos años la gran mayoría de la sociedad dispondrá de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida cotidiana, y de esta manera ayudar a resolver los problemas y necesidades básicas. De acuerdo a lo anterior, este tipo de conocimiento no solo beneficia el desarrollo social, también permite que las personas establezcan poder de reflexión y toma decisiones apropiadas en temas relacionados con la tecnología. Por esta razón, la alfabetización computacional es necesaria para contribuir a formar ciudadanos, y en su caso futuros científicos, matemáticos y tecnólogos que sepan desenvolverse en un mundo como el actual.

De hecho, se puede afirmar que países con alto índice de inclusión en el currículo de áreas como matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniera presentan un mayor porcentaje de desarrollo social y tecnológico. Por tal motivo, es imperativo fortalecer el enfoque STEM y el desarrollo del pensamiento computacional en la institución y su currículo. Teniendo en cuenta que el estudio piloto se centra en el Instituto Técnico Guaimaral. Teniendo presente que la situación problemática se enmarca en la formulación del problema que enfatiza en la siguiente interrogante: ¿Cómo, se puede coadyuvar a la práctica innovadora en el proceso de enseñanza/aprendizaje desde el pensamiento computacional en estudiantes sordos? Sin duda alguna, las respuestas son múltiples, de allí que surgen como objetivos específicos: 1. Desarrollar un laboratorio de robótica mediado por el enfoque STEM para la enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional; 2. Implementar recursos audiovisuales que potencien la enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional y 3. Analizar los resultados de la implementación a través de un instrumento para el fortalecimiento del pensamiento computacional.

Ahora bien, para alcanzar un desarrollo y análisis significativo de lo que se viene planteando se presenta una breve introducción donde se enmarca el planteamiento del problema; así mismo, a ello se une la fundamentación teórico – epistemológica; acompañado de los materiales y métodos que hace énfasis en la ruta metodológica; seguidamente se plantean los argumentos del prototipo STEM y se adiciona la operatividad de la propuesta; luego se plantea las conclusiones que se enmarcan en el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y del objetivo general, culminando con un cuerpo de referencias.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO – EPISTEMOLÓGICA

En el presente apartado conviene señalar que se hace énfasis en dos vertientes fundamentales como lo es en primer lugar los antecedentes y/o experiencias que se han realizado a nivel del mundo y en Colombia. Seguidamente, se muestra lo concerniente a la parte epistemológica y gnoseológica que responde a los elementos conceptuales y a los componentes teóricos que permiten dar a entender y comprender lo que es un modo de enseñanza para estudiantes sordos desde la implementación del pensamiento computacional, tal como se aprecia en los siguientes párrafos:

### 2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES Y NACIONALES

Es importante señalar que se presenta el trabajo realizado por: Bujanda Carasusán, (2020) titulado: Proyectos STEM En El Bachillerato Internacional: Propuestas Desde La Fricción En El Deporte. Realizado en Universidad de la Navarra – España. Mencionado trabajo tiene como objetivo central: acercar la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés) al Bachillerato Internacional a través del desarrollo de dos proyectos dirigidos a estudiantes de 16 a 19 años del Programa del Diplomado. El trabajo se realizó bajo una metodología cualitativa enfocado en un análisis de los contenidos relacionado con las practicas que se consolidan en función de alcanzar un buen nivel cognitivo. Ante dichos elementos es importante indicar que Bujanda Carasusán (2020), manifiesta que el STEM:

> Promueve el aprendizaje colaborativo y permite desarrollar habilidades sociales, lo cual es percibido por los propios alumnos (Benjumeda & Romero, 2017; Coello Pisco et al., 2018). Y permite entender conocimientos de naturaleza abstracta, fomentando un aprendizaje contextualizado de las ciencias y las matemáticas y generando interconexiones entre disciplinas STEM (Martín-Páez et al., 2019; Sanders, 2009). Esto, además es percibido por los propios alumnos (Coello Pisco et al., 2018). (p.24).

En la afirmación antes señalada se logra evidenciar que la educación STEM es una metodología que conjuga diversidad de elementos enmarcados con el fin de proporcionar fundamentos, para que los estudiantes apuesten a nuevos conocimientos desde lo que es el desarrollo del método científico y adicional a ello, se consoliden los pasos a seguir en el desarrollo e implementación del prototipo del GOL –STEM que coadyuve a que los alumnos con características especiales como lo es la sordera puedan desde sus intereses perfilar lo que desean para ser incluidos en el desarrollo y progreso de la sociedad y por supuesto en la búsqueda de un bienestar social acorde a las exigencias sociales actuales.

Revisados los trabajos internacionales, se da paso a los trabajos nacionales que se enmarcan en el desarrollado por: Ochoa Duarte, León Rojas y Reina Rozo, (2020); los cuales titularon la investigación: STEM, sociedad y extensión universitaria en Colombia: Una propuesta preliminar desde el Buen Vivir. Realizado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El objetivo general se enmarco en: analizar de manera descriptiva tres proyectos de extensión universitaria en el área STEM a la luz de los objetivos del buen vivir. De hecho, Ochoa Duarte, León Rojas y Reina Rozo, (2020); señalan:

> El proceso de formación de las ciencias básicas y aplicadas, o mejor de la tecnociencia, ha tenido dos elementos transversales en la universidad moderna, siendo estos críticos a la fragmentación del conocimiento y sus implicaciones sociales, culturales y ambientales. Estos son: a) el positivismo como marco epistemológico, según el cual el investigador debe alejarse del objeto investigado para poder estudiarlo sin prejuicios y sin modificarlo en el proceso; y b) el desarrollo tecnológico construido a partir de las necesidades de la guerra y el mercado, con un enfoque evolucionista, basado en el complejo bélico-industrial y mediado por el

> mito del desarrollo con fines de la satisfacción de las necesidades del mercado. (p.56).

En efecto, la investigación se convirtió en un apoyo significativo sobre la investigación que se viene mostrando, pues se logran establecer las bases teóricas para que desde los aspectos antes tratados se logre el fortalecimiento del pensamiento computacional en estudiantes sordos a partir del enfoque STEM; mediante la implementación del prototipo GOL – STEM que busca afianzar el método científico desde la percepción de los informantes claves y de los argumentos teóricos que dejan visualizar según Ochoa Duarte, León Rojas y Reina Rozo (2020), quienes señalan que:

> En Colombia, la extensión universitaria contemporánea se encuentra dispuesta en varios modelos de manera simultánea, algunos de los cuales se oponen y coexisten en un mismo escenario, como es el caso del economicista y el de concienciación, en una relación dialéctica en la cual, mientras obedecen a visiones de sociedad distinta, una orientada al mercado y otra a las comunidades, el segundo es dependiente del primero en cuanto a los recursos económicos que requiere para su funcionamiento.

La afirmación antes descrita muestra la forma y manera de implementar el enfoque STEM, que en todo momento apuntan a buenos resultados, debido a que se concluye que: "el programa STEM se creó con una intención direccionada a la educación K-12, fortaleciendo capacidades de niños, niñas y jóvenes". (p. 73). (Ochoa Duarte, León Rojas y Reina Rozo, 2020). Aspectos que se convierten en fuente de argumentación para el desarrollo de la investigación que se muestra.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

En relación con las bases teóricas, es oportuno tener en cuenta cuatro categorías que reflejan la aplicabilidad del presente trabajo; de hecho, allí se muestra el proceso de enseñanza y aprendizaje mediado por tecnología, seguido de las teorías de la enseñanza, junto con las metodologías activas y la educación STEM.

Partiendo de dichos aspectos es conveniente que se canalicen acciones que permitan visualizar la implementación del prototipo STEM, que se encuentra definido mediante un proyecto interactivo que asemeja un

estadio de futbol y en él se establecen dispositivos que permiten que los estudiantes sordos puedan entender, comprender y convertirse en jugadores diestros que alcancen a desarrollar una buena capacidad cognitiva, contribuyendo con ello a la formación y capacitación académica acorde con las necesidades de la sociedad.

### 2.2.1. Proceso de Enseñanza y Aprendizaje Mediado por Tecnología

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, se han convertido en aliados para que los maestros puedan llevar los conocimientos a sus estudiantes y más en este caso que se trata de una población de estudiantes sordos; razón que conlleva a que se implementen acciones pedagógicas signadas por las TIC, con la intención que los estudiantes logren adaptarse a eso modo de enseñanza, más cuando se revisa que el prototipo STEM se convierte en una herramienta para que los maestros logren mejores resultados. En tal sentido, es significativo tener en cuenta lo que plantea Hernández R.M. (2017), quien precisa:

> La necesidad del hombre por explicar y comprender su entorno ha generado en la sociedad, la búsqueda del conocimiento, aquel componente necesario que lo ayude a comprender su realidad individual y social. Chaparro (2001) la posición del hombre dentro de la sociedad se vislumbra como aquella, donde el individuo será capaz de adquirir y generar conocimiento que le permita adaptarse a una realidad dinámica y en constante cambio. (p. 327).

Gracias a esos aspectos es conveniente tener claro que las TIC se han apoderado en gran medida de la educación, es por ello que se deben actualizar los conocimientos de los maestros para que se conviertan en entes proactivos y creativos, siendo capaces de crear sus propios recursos de acuerdo a las facilidades que ofrecen las TIC. Puesto que, se cuenta con un sin número de software y aplicaciones gratuitas que se pueden emplear para fortalecer el conocimiento y por ende el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sobre el particular, se plantean actividades en función de un aprendizaje constante enmarcado en las líneas de acción tecnológicas, razón que deja visualizar todo el espacio que las tecnologías han ganado con relación a los modos de enseñanza.

Es evidente que el proceso de enseñanza y aprendizaje se encuentra signado por las tecnologías después de las transiciones que vivió el sistema

educativo de los presencial a lo virtual o como se maneja en la actualidad, un modo de enseñanza hibrido donde combina lo presencial y lo virtual. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que las TIC se convierten en las herramientas pedagógicas de actualidad, donde el maestro según su proactividad se puede convertir en el precursor de la enseñanza y en orientador de los aprendizajes que tienen a su mano las virtudes que pueden ofrecer la tecnología, pues solo en lo que respecta se observa cómo se desplaza el conocimiento a lugares desconocidos y a grandes velocidades, ofreciendo conocimientos reales en tiempo y espacio. En la práctica, las tecnologías han permeado todo el escenario educativo a fin de institucionalizar modelos pilotos.

### 2.2.2. Teorías de la enseñanza

Las teorías de la enseñanza en el desarrollo del prototipo STEM se enmarca en el denominado GOL–STEM, una experiencia significativa que tiene como objetivo la creación de un recurso educativo con enfoque STEM, el cual consiste en un modelo de estadio de fútbol que sirve como herramienta didáctica para el fortalecimiento de la enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional, la programación y la robótica.

El estadio es un diseño arquitectónico de un metro y medio de ancho, dos metros de largo y 30 centímetros de altura, el cual contiene los siguientes dispositivos para la formación: Arduino, Internet de las Cosas, Micro: bit y Sphero Mini. Al respecto, estos prototipos conducen a la didáctica y teorías del aprendizaje, que según Huachaca Cuéllar (2018), indica:

> La didáctica como ciencia tiene la capacidad de transmitir el marco teórico y conceptual para el proceso de enseñanza aprendizaje, a este proceso se debe adaptarse la tecnología educativa. También a la didáctica se llama como un conjunto de principios, reglas, recursos e instrucciones que todo docente debe poner a la práctica para brindar la orientación a los educandos durante el proceso de aprendizaje. Todo aprendizaje debe orientarse o adecuarse a la realidad de los estudiantes. (p.9).

Por otra parte, es apreciable resaltar que la experiencia significativa GOL–STEM ha logrado la gestión de recursos económicos, la consecución de alianzas estratégicas, la promoción en medios televisivos a nivel

nacional y la producción de un software y videos de enseñanzas en programación con más de 20000 visitas en YouTube. Cabe mencionar que se enfatiza en diversos aspectos vinculados con la teoría general de sistemas (Bertalanffy), lo cual deja visualizar la entrada (conocimientos) el proceso (desarrollo de actividades) y el producto (rendimiento estudiantil). Es importante tener presente que, a la teoría general de sistemas, también se une la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel) que se encarga de guiar los modos de enseñanza en relación con lo que más le gusta aprender a los estudiantes.

Adicionalmente, se presenta la teoría del aprendizaje por descubrimiento (Jerome Brunner), la cual se presenta cuando los estudiantes de acuerdo a sus posibilidades van buscando por sus propios medios lo que se desprende del prototipo implementado, de esa manera es pertinente tener en cuenta que a ello también se une el aprendizaje constructivista (Vygosky), donde se logra evidenciar en estudiantes sordos los conocimientos previos y experiencias; lo que conlleva a que se canalicen aprendizajes nuevos según lo que se tenga en la memoria como lo es el caso del futbol.

De igual manera, se hace énfasis en la estimulación de las inteligencias múltiples (Howard Gardner); puesto que, con el uso del pensamiento computacional se logra que los estudiantes puedan adquirir nuevos conocimientos, habilidades y destrezas que conlleven a que se nutran los aspectos cognitivos y se logre correlacionar con las características especiales en la discapacidad auditiva.

### 2.2.3. Metodologías activas

Las metodologías activas se han ido apoderando del hecho pedagógico. En este sentido, es pertinente tener claro que, para alcanzar objetivos de alto nivel cognitivo, aprendizaje autónomo o pensamiento crítico, las metodologías basadas en el protagonismo del alumno obtienen mejores resultados (Prégent, 1990). Por lo tanto, se puede afirmar que las metodologías basadas en el protagonismo del alumno, donde la responsabilidad del aprendizaje reside en el estudiante, en su actividad, dedicación y compromiso, tienen un mayor carácter formativo, generan aprendizajes significativos y facilitan la relación entre múltiples contextos (Fernández, 2006).

De hecho, las metodologías activas convergen en la innovación que se presenta en las aulas de clase en función de la estimulación del pensamiento computacional y eso se logra a través de la implementación del prototipo GOL–STEM, que es una herramienta pedagógica que tienen los maestros para la enseñanza de diversos conocimientos, teniendo en cuenta la limitante que presentan los estudiantes sordos; por lo tanto, se requiere que se sumen esfuerzos para que el hecho pedagógico logre ser concretado en función del rendimiento escolar de cada uno de los estudiantes; teniendo presente que Ramírez, Leonardo J., & Fernández, Washington, & Rodríguez, Arturo B. (2017) señalan:

> En la actualidad se utiliza la robótica como elemento motivador y no se tiene antecedente de una utilización como elemento educativo transversalizando con otras asignaturas. Por lo general, su utilización está circunscrita a la tecnología en sí misma, tales como levantar, desplazar objetos, baile robótico, etc. Sin embargo, las nuevas generaciones de estudiantes mantienen una relación "simbiótica" con la tecnología y todo aquello que no la involucre sencillamente es considerado "aburrido" (Austin et al.; 2016; Austin et al.; 2015. Lazzari, 2104). La dispersión en las clases que no utilizan tecnología en su composición áulica es mayor en las que si lo hacen. La situación actual de las asignaturas que involucran la enseñanza de las redes de datos es la utilización de metodologías muy semejantes a las prácticas de la psicología conductista, basada en el proceso repetitivo hasta lograr su anclaje mejorando el proceso en cada repetición, dejando de lado el importante "comprender" a cambio de la urgencia del "hacer". (p. 80).

Desde esa perspectiva, las metodologías activas dentro del hecho pedagógico son fundamentales hoy en día, sobre todo cuando se apunta a la innovación para garantizar aprendizajes significativos; ya que, se pretende con ello que el maestro logre inculcar conocimientos acordes con las características especiales que presentan los estudiantes, siendo importante tener claro que a través del GOL-STEM se logran manejar un cumulo de conocimientos de diferentes áreas que conllevan a despertar el aprendizaje por descubrimiento de acuerdo a las necesidades, expectativas e intereses de cada uno de los estudiantes.

### 2.2.4. Educación STEM

La educación STEM converge en aprendizajes que se desprenden de la ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas; pues de esa manera, se logra ver que el proyecto ha adoptado enseñanzas de la educación STEM,

cuya esencia es la integración de contenidos multidisciplinares. Para ello, se vale de los puntos en común de cuatro disciplinas académicas: ciencia, tecnología, ingeniería, y matemáticas. Conjuntamente, en la actualidad se ha adicionado a la artística como un componente que refuerza estos aspectos.

Entre las metodologías activas, las más adecuadas para el desarrollo de las competencias STEM esos aspectos que condicionan el trabajo por proyectos y aquellas que derivan del construccionismo. Así mismo, Arabit García y Prendes Espinosa, (2020) precisan:

> La Tecnología no se estudia como asignatura en Educación Primaria, como sí ocurre en Secundaria, el currículo oficial de la etapa Primaria establece que los alumnos deben desarrollar la competencia digital y la competencia tecnológica de forma transversal en todas las áreas de conocimiento. Esta transversalidad se pone de manifiesto en el tratamiento de la competencia digital en las asignaturas STEM. El área de Matemáticas contribuye a la adquisición de la competencia digital en varios sentidos: proporciona destrezas asociadas al uso de los números y el cálculo, contribuye a la utilización de los lenguajes gráfico y estadístico y, por último, también el uso de herramientas tecnológicas facilita la comprensión de contenidos matemáticos. En cuanto al área de Ciencias de la Naturaleza, se desarrolla la competencia digital por un lado mediante contenidos directamente relacionados con el manejo de las TIC y, por otro lado, a través del tratamiento de la información en diferentes códigos, formatos y lenguajes, que aparece como elemento imprescindible de una buena parte de los contenidos de la asignatura. (p.111).

Como se puede apreciar el desarrollo de las competencias STEM dejan ver que desde ese posicionamiento se logra la estimulación del pensamiento creativo fortaleciendo las habilidades y destrezas para el manejo de pensamiento computacional en estudiantes con características especiales como lo son estudiantes sordos. Por consiguiente, se busca que desde las competencias STEM se canalicen acciones que permitan que la didáctica amalgame las herramientas necesarias para una enseñanza efectiva, generando con ello cambios enmarcados en la innovación para que se concreten acciones en función de aprendizajes significativos.

## 3. METODOLOGÍA

En cuanto a los materiales y métodos es importante señalar que se enmarco en una investigación cuantitativa enfocada en un método descriptivo – explicativo, apoyado en el paradigma positivista. Además, es importante señalar que se trabajó con un instrumento que se utilizó para evaluar la satisfacción de los estudiantes con el prototipo diseñando. Tal es el caso que desde ese posicionamiento metodológico se logró determinar el impacto en la población objeto de estudio del Instituto Técnico Guaimaral de la ciudad de Cúcuta – Norte de Santander. Es decir, de la población de la institución se generó una muestra que se encierra en sesenta estudiantes con la característica especial en común, la discapacidad auditiva.

En esta perspectiva, Aguilar-Ávila, Jorge & Salinas-Cruz, Eileen & de la Cruz-Morales, Francisca del Rosario & Sangerman-Jarquín, Dora Ma. & Rendón-Medel, Roberto, & Cadena-Iñiguez, Pedro (2017) señalan: "los métodos cuantitativos son más fuertes en validez externa ya que con una muestra representativa de la población hacen inferencia de dicha población a partir de una muestra con una seguridad y precisión definidas". (p. 1609).

Es importante señalar que la investigación ha brindado aportes de marcada relevancia; debido a que, el acercamiento al objeto de estudio deja ver que dentro de la ruta metodológica se cumplió con las diversas fases investigativas como lo es: la fase diagnóstica, la fase de planeación, la fase de ejecución y la fase control y seguimiento que definen el camino a seguir para alcanzar los objetivos previstos.

Dentro de dichos aspectos, es pertinente tener en cuenta que las variables a considerar se tienen: pensamiento computacional, estudiantes sordos y enfoque STEM. Variables que van a permitir concretar a través de los indicadores el impacto obtenido con el prototipo GOL–STEM. Al respecto, Aguilar-Ávila, Jorge & Salinas-Cruz, Eileen & de la Cruz-Morales, Francisca del Rosario & Sangerman-Jarquín, Dora Ma. & Rendón-Medel, Roberto, & Cadena-Iñiguez, Pedro (2017) plantean que: "El modelo cuantitativo generaliza y presupone, para alcanzar mayor validez, un conocimiento cualitativo y teórico bien desarrollado, condición que muchas veces queda fuera de consideración en la práctica de la investigación cuantitativa". (p. 1611).

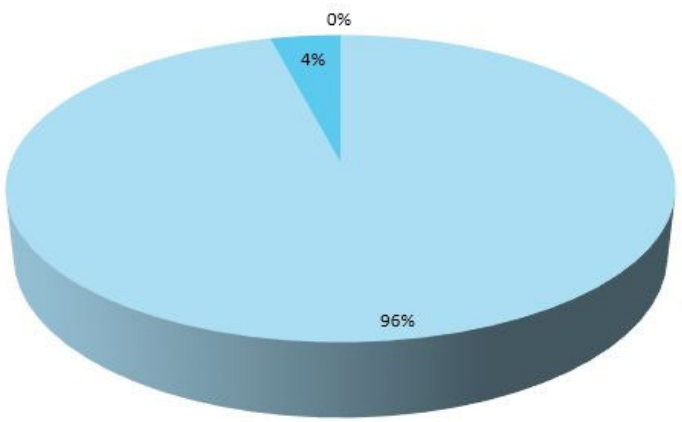
## 4. RESULTADOS

En relación a los resultados encontrados es significativo mencionar que el prototipo es considerado una innovación que radica en la construcción de un prototipo de estadio, el cual incluye una serie de dispositivos (Arduino, Micro:bit y Sphero Mini) que permiten al estudiante hacer derroche de su creatividad, lo cual se logra evidenciar en cada una de las variables asumidas para llegar a establecer una apreciación estadística con respecto a los indicadores y desde esa percepción se muestre una explicación al respecto; lo cual converge en:

### 4.1. PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

En relación al pensamiento computacional es importante señalar que los resultados obtenidos reflejan la satisfacción de la población objeto de estudio con la implementación del prototipo GOL–STEM, que muestra un cúmulo de conocimientos que se conjugan entre sí para que los estudiantes en este caso sordos puedan familiarizarse con diversos contenidos de aprendizaje y de esa manera adquirir las habilidades y destrezas necesarias para que se logren desenvolverse en su entorno, es así que se puede visualizar el siguiente gráfico:

***FIGURA 1.*** *Satisfacción de los estudiantes*




Fuente: Elaboración propia, 2022.

Para la pregunta: ¿Considera que las actividades desarrolladas en el proyecto favorecen su capacidad en el ámbito tecnológico y de la robótica? Se obtuvieron los siguientes resultados Siempre=96% Casi siempre=4% Nunca= 0%. Mencionados resultados han permitido seguir incorporando dispositivos que complementen la enseñanza de los estudiantes; trayendo consigo un conjunto de aspectos significativos para la formación de los estudiantes.

## 4.2. ESTUDIANTES SORDOS

En relación con la variable estudiantes sordos se realizó un análisis de la población con la intención de lograr tener un diagnóstico sobre la población objeto de estudio teniendo presente que se consoliden aspectos relacionados con la obtención del conocimiento y con la forma de actuar y desenvolverse en la sociedad.

En este panorama, la intención recae en buscar alternativas y oportunidades para que sean incorporados a la línea productiva del país y de esa manera se consoliden un modelo que sin temor a equivocación no solo viene a estimular el pensamiento computacional sino que también trae consigo aprendizajes en otras áreas y una formación y capacitación del pensamiento creativo; dado que, los dispositivos tienen como norte específico apuntalar frente a la innovación y al cambio y ajustar a la realidad y exigencias de la sociedad, logrando de esa manera cambios en el modo de enseñar.

## 4.3. ENFOQUE STEM

El enfoque STEM dentro de la enseñanza formal en las instituciones educativas trae consigo un cumulo de aristas que dejan ver, el cómo se debe enseñar, las capacidades que se logran adquirir y sin duda alguna los conocimientos enmarcados en las tendencias que se presentan en la actualidad en la educación, más cuando se tiene claro que se ha unido a ello las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, que tienen bajo su accionar capacitar a los estudiantes para que logren conocimientos ajustados a lo que se requieren actualmente. A este respecto, Toma y Greca, (2020) manifiestan que: “Dentro de ellas, se encuentran las que encajan en el amplio espectro STEM (Science, Technology,

Engineering & Mathematics) que propone la concepción de las diversas disciplinas como una entidad cohesionada cuya enseñanza sea integrada y coordinada, tal y como se utilizan en la resolución de problemas del mundo real". (p.1).

## 5. PROTOTIPO GOL - STEM

En cuanto al prototipo GOL–STEM, es significativo mencionar que el mismo consiste en un modelo de estadio de fútbol que sirve como herramienta didáctica para el fortalecimiento de la enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional, la programación y la robótica. El estadio es un diseño arquitectónico de un metro y medio de ancho, dos metros de largo y 30 centímetros de altura, el cual contiene los siguientes dispositivos para el formación: Arduino, Internet de las Cosas, Micro:bit y Sphero Mini. Es así como: Toma y Greca, (2020) señalan:

> STEM es el acrónimo que se utiliza para aludir al estudio y la práctica profesional en diversas áreas de la ciencia, tecnología, ingeniería, y matemáticas. Fruto del escaso número de estudiantes que adquieren las competencias pertinentes a las disciplinas científicas, estas siglas están siendo adoptadas actualmente como foco central de los programas que pretenden revertir este fracaso generalizado. No obstante, las concepciones sobre lo que implica STEM a menudo varían entre los autores. Así, mientras que la mayoría de las propuestas defienden una educación STEM de cada disciplina por separado, otros defienden un enfoque multidisciplinar. (p. 2).

La experiencia significativa ha logrado la gestión de recursos económicos, la consecución de alianzas estratégicas, la promoción en medios televisivos a nivel nacional y la producción de un software y videos de enseñanzas en programación con más de 20000 visitas en YouTube. Sin duda alguna, se ha convertido en un recurso pedagógico de mucha ayuda para los maestros y más para aquellos que en sus aulas de clase tienen a estudiantes sordos.

Mediante estos modelos de enseñanza innovadora se logra concretar elementos de marcada relevancia que apuntan a resultados exitosos, que se enmarcan primeramente en que es un recurso relativamente nuevo y que cuida los detalles para que el aprendizaje sea fortalecido. De hecho, entre las figuras más usadas de difusión se tiene:

***FIGURA 2.*** *Imagen promocional*

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Actualmente la experiencia ha sido promocionada por el periódico La opinión y el noticiero del Canal Caracol a nivel nacional. Conjuntamente, el proyecto tiene una página web: https://golstemitg.wixsite.com/my-site que permite conocer más acerca del proyecto. Asimismo, se han elaborado videos explicativos de programación en bloques para la comunidad educativa en general, dejando un aporte significativo para la sociedad y para los estudiantes en condición de discapacidad auditiva; lo que hace necesario estar en constante revisión para garantizar bienestar social y progreso a aquellos estudiantes que poseen dicha característica.

## 6. CONCLUSIONES

En cuanto a las conclusiones es importante señalar que la población objeto de estudio y beneficiarios lograron satisfacer, los diversos elementos que se buscan en función de proponer un prototipo STEM (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas) como práctica innovadora en el proceso de enseñanza/aprendizaje del pensamiento computacional, en el Instituto Técnico Guaimaral de la ciudad de Cúcuta – Norte de Santander.

Teniendo presente que la iniciativa GOL–STEM, se convierte en un prototipo que garantiza un aprendizaje efectivo, activo y creativo en los

estudiantes con características especiales como lo son los estudiantes sordos que presentan ciertas debilidades en el momento de asumir algún tipo de aprendizaje; por tal razón, a través del prototipo se alcanzan un cumulo de conocimientos interdisciplinarios aplicables a diferentes áreas del conocimiento.

En relación a los conocimientos, habilidades y destrezas que alcanzan los estudiantes sordos, se logra estimular la implementación del pensamiento computacional con la firme intención que se encaucen acciones que permitan un modo de enseñar detallado, minucioso y por ende sustancioso, que contribuya a que los maestros logren formar de una amanera adecuada a los niños que presentan discapacidad auditiva; en efecto, esos elementos convergen en aprendizaje significativos que permiten difundir la experiencia manejada mediante el enfoque STEM, que sin duda alguna, se convierte en una herramienta que coadyuva a una enseñanza efectiva.

Ahora bien, a través del prototipo implementado se logra colocar a prueba diversos aspectos de las inteligencias múltiples; toda vez que, se puede llegar a la integración de lo cognitivo con lo emocional, lo visual, las habilidades física y motoras entre otras, permitiendo tener claro que, por la deficiencia de uno de los sentidos de los estudiantes, estos logran desarrollar otros.

Finalmente, se disponen de acciones en busca de nuevos modos de enseñanza, que traen como consecuencia un mejor rendimiento académico que se refleja también en la vida estudiantil de los estudiantes sordos; trayendo consigo innovación, por parte de los maestros, en los procesos de enseñanza y aprendizaje inmersos en las diferentes áreas.

## 7. AGRADECIMIENTOS Y/O APOYOS

Al Instituto Técnico Guaimaral en general y a sus estudiantes que presentan discapacidad auditiva. Es importante precisar que sus aportes, experiencias, anécdotas, comentarios y por supuesto la participación en esta experiencia significativa sirvió para conseguir los objetivos de la investigación. A la Universidad Simón Bolívar (Cúcuta, Colombia) por formar maestros investigadores en la región.

## 8. REFERENCIAS


Aguilar-Ávila, Jorge & Salinas-Cruz, Eileen & de la Cruz-Morales, Francisca del Rosario & Sangerman-Jarquín, Dora Ma. & Rendón-Medel, Roberto, & Cadena-Iñiguez, Pedro (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento a las ciencias sociales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8 (7),1603-1617 SSN: 2007-0934. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153520009

Arabit García y Prendes Espinosa, (2020) Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. Grupo de Investigación en Tecnología Educativa, Universidad de Murcia, España. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación - Páginas: 107-128. DOI: https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04

Bujanda Carasusán, (2020) Proyectos Stem En El Bachillerato Internacional: Propuestas Desde La Fricción En El Deporte. Universidad de la Navarra – España. https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/59541/3/Javier%20Martinez-Bujanda.pdf

Fernández, N (2006) Estrategias de Enseñanza para favorecer el aprendizaje significativo. Revista Cognición, 1(6), 12-28

Hernández, R.M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. Propósitos y Representaciones, 5(1), 325 - 347 http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149

Huachaca Cuéllar, (2018) Fundamentos Teóricos de la Informática Educativa, impacto de la Informática en el ámbito educativo, Fundamento epistemológico, el software como recurso didáctico-pedagógico en la enseñanza. Universidad Nacional De Educación Enrique Guzmán y Valle Alma Mater de Magisterio Nacional. Facultad De Ciencias Escuela Profesional de Matemática e Informática.

Ochoa Duarte, León Rojas y Reina Rozo, (2020). STEM, sociedad y extensión universitaria en Colombia: Una propuesta preliminar desde el Buen Vivir. Sociología Y Tecnociencia, 11 Extra_1 (2021): 55-82 ISSN: 1989-8487.

Prégent, R. (1990) La préparation d'uncours. Polytechnique.

Ramírez, Leonardo J., & Fernández, Washington, & Rodríguez, Arturo B. (2017). Metodologías Activas para Alcanzar el Comprender. Formación Universitaria, 10 (1),79-88. ISSN: Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373549876009

Toma y Greca, (2020) Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria. Universidad de Burgos. https://core.ac.uk/download/pdf/132575393.pdf

# LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO PERSONALIZADO COMO PRÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTADÍSTICA EN EL GRADO EN GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA UV

J. JAVIER SERRANO LARA
*Departament de Geografia, Universitat de València*

## 1. LA ESTADÍSTICA EN LA SOCIEDAD Y EN LA UNIVERSIDAD: UNA NECESIDAD CRECIENTE

La estadística está cada vez más presente en el día a día de las personas. Estamos inmersos en un auge del uso de datos y tecnología, donde la capacidad de interpretarlos es necesaria y fundamental. Este hecho ha provocado que la estadística cobre una importancia creciente en la sociedad y también en la enseñanza universitaria. La adaptación de los títulos universitarios al RD 1393/2007, ha provocado que el número de grados universitarios donde la materia de Estadística se incluye como formación básica se haya incrementado de forma exponencial.

### 1.1. LA ESTADÍSTICA EN LOS GRADOS UNIVERSITARIOS ESPAÑOLES

Actualmente la sociedad está expuesta a una gran presencia de volúmenes de datos, de naturaleza variada y generados a gran velocidad, es decir, *big data* o datos masivos (Blanco, 2018). Esta abundante información ha implicado la necesidad de desarrollar competencias estadísticas en los estudiantes de todos los niveles educativos, y sobre todo en la Universidad (Ramos, 2019). La estadística es una disciplina que está presente en un gran número de grados, independientemente de la rama de estudios en la que se localiza.

Esta formación estadística comienza en los niveles educativos preuniversitarios, aunque se amplía y profundiza en las universidades. El objetivo

es que los/as futuros/as ciudadanos/as sean capaces de interpretar y comprender el espacio en el que se desarrollan (Ramos, 2019). La presencia de la estadística en la formación básica universitaria es, en gran medida, una pieza clave en el método científico al servicio de la investigación científica. Además, comprende gran importancia en el desarrollo profesional, como explica Ramos:

> "La estadística no es solo una herramienta para el procesamiento de datos, sino […] que propicia la toma de decisiones basadas en la evidencia y la resolución de problema de la vida cotidiana en beneficio individual, como social" (2019: 79).

Esta idea también es recogida por Acosta y Mejía:

> "La relación entre el desarrollo de un país y el grado en que su sistema estadístico produce estadística completas y fiables es clara, porque esta información es necesaria para la toma de decisiones acertadas de tipo económico, social y político" (2017: 3).

Sin embargo, a pesar de la importancia de la estadística tanto para el desarrollo profesional, científico y/o personal, esta asignatura es percibida de una forma aversiva por el estudiantado (Ramos, 2019; Blanco, 2018; Valentín y Vergoy, 2017). Distintas investigaciones coinciden que el alumnado de la asignatura de estadística, especialmente en las ramas de ciencias sociales y jurídicas, muestran niveles altos de ansiedad, actitudes negativas a la asignatura, falta de motivación, etc. que puede ocasionar una frustración de algunos docentes por no ver resultados a sus esfuerzos (Ramos, 2019). Como recoge Ramos:

> "Las asignaturas de estadística se han considerado como los cursos más temidos y hasta podría ser, el curso que genera mayor ansiedad en el estudiantado universitario y de post-grado, especialmente en carreras relacionadas a las ciencias sociales" (2019: 69).

Se han llegado a acuñar términos en la literatura científica como: ansiedad estadística o *Statisticophobia* (Dillón, 1982). Todo ello, a pesar de que los propios estudiantes son conscientes de la importancia de la estadística. En una investigación realizada por unos docentes de la Universitat Jaume I de Castellón, estos han vinculado el rechazo o la dificultad que la asignatura de Estadística produce en el estudiantado con la falta de preparación de estos en enseñanzas de estudios inferiores,

especialmente en la ESO y Bachiller. La carencia de conocimientos básicos de estadística del alumnado cuando este pasa a la universidad se debe a la situación real del sistema docente en matemáticas y repercute en la enseñanza estadística universitaria, como explican los autores:

> "En las enseñanzas universitarias de los grados, se inicia la estadística desde sus inicios, sin tener en cuenta todo lo aprendido en educación secundaria, lo que hace que el programa se tenga que ver más rápido y no se pueda incidir en la parte final, que es la más interesante" (Valentín y Vergoy, 2017: 109).

### 1.2. El aprendizaje de la estadística entre el estudiantado ¿tienen la preparación previa óptima?

La investigación sobre la educación estadística se ha centrado, desde hace dos décadas, en tres términos: la alfabetización estadística, el razonamiento y el pensamiento estadístico (Sánchez y Berenguer, 2014; Ramos, 2019). Estos tres conceptos se consideran competencias necesarias para le educación estadística, las cuales son importantes cuando se desea formular objetivos de aprendizaje. Estos tres términos deben dirigir la asignatura a través del diseño de las actividades y la evaluación. Los tres conceptos se han vinculado a niveles cognitivos en el aprendizaje de la estadística, los cuales son jerárquicos y, por tanto, dentro de cada uno de ellos hay un conocimiento específico que se va ampliando y especificando a medida que evoluciona la asignatura (Figura 1).

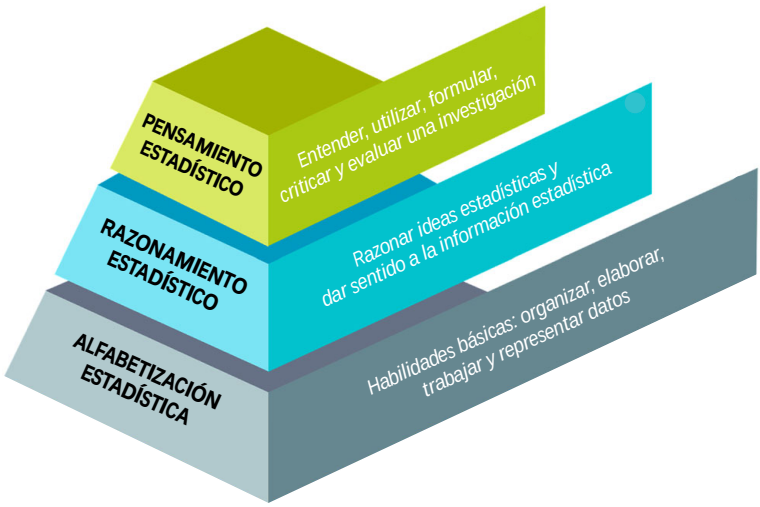
No obstante, para los autores Ben-Zvi and Garfield (2004), hay veces que estos conceptos se han superpuestos entre sí y, en consecuencia, ha dado lugar a un mal uso. Estos autores proponen definir específicamente cada nivel cognitivo para identificar y diferenciar de forma clara cada nivel:

- **Alfabetización estadística:** comprende las habilidades básicas (organizar datos, elaborar tablas y trabajar con diferentes representaciones de datos) empleadas para entender información estadística o los resultados de una investigación.

- **Razonamiento estadístico:** definido como la manera en que la persona razona con ideas estadística y le da sentido a la información estadística.

– **Pensamiento estadístico:** implica la comprensión del porqué y cómo se conducen las investigaciones estadísticas y las ideas que subyacen a estas investigaciones, como: el concepto de la variabilidad, utilizar métodos adecuados acorde a los datos, presentación visual, muestreo, los modelos estadísticos. El pensamiento estadístico se refiere a entender y utilizar el contexto de un problema para formular una investigación y ser capaz de criticar y evaluar los resultados de otras investigaciones.

***FIGURA 1.*** *Niveles cognitivos en el aprendizaje de la estadística.*




Fuente: Elaboración propia a partir de Benz-Zvi and Garfield (2004).

Cómo se puede observar tanto en la definición como en la Figura 1, la alfabetización estadística se encuentra en el nivel más inferior, que como recoge Ramos (2019) sería el que cabría esperar que el alumnado que cursa la asignatura de Estadística en la Universidad ya habría obtenido durante la etapa escolar. Le seguiría el razonamiento estadístico que se desarrollaría a partir de los conocimientos obtenidos en la alfabetización estadística, pero cuando se le da un sentido a la información estadística. Por último, el pensamiento estadístico estaría en la cúspide de los niveles cognitivos desarrollados durante el aprendizaje de la estadística, siendo este el mayor objetivo de la educación estadística. Sin embargo,

Ramos lanza una reflexión muy interesante sobre este último nivel cognitivo en la enseñanza estadística universitaria:

> "Cabe señalar y cuestionarse si es que los estudiantes universitarios realmente han conseguido alcanzar el primer nivel (alfabetización estadística) o en todo caso, sería necesario tomar las medidas adecuadas (desde la alfabetización hacia el pensamiento estadístico) para alcanzar el nivel cognitivo superior" (2019: 72).

En definitiva, el aprendizaje de la estadística en el ámbito universitario se dirige a que el estudiantado adquiera las tres competencias y/o niveles cognitivos en el aprendizaje de la Estadística. Para ello, se reforzará el primer nivel (alfabetización), se introducirá en el segundo (Razonamiento) y se acabará con el último (Pensamiento), tanto desde el punto de vista teórico como práctico donde el estudiantado trabajará a través del Modelo y/o Planteamiento didáctico de Enseñar Investigando. Además, numerosos estudios reconocen que el aprendizaje basado en el uso de datos empíricos reales y donde el alumnado sea parte de ese proceso (aprendizaje activo) aumenta considerablemente las posibilidades de éxito y, en definitiva, de enfatizar la alfabetización estadística y desarrollar el pensamiento estadístico (Moore, 1997).

### 1.3. El método científico ¿cómo solución a los problemas de aprendizaje?

En uno de los últimos informes publicados por la Asociación Americana de Estadística (ASA) señala la necesidad de que algunos de los temas que se imparten en la asignatura de estadística en las universidades se podrían omitir, por ejemplo, la teoría de la probabilidad, construcción de gráficos, estadística descriptiva básica o construcción de tablas de contingencia (Asociación Americana de Estadística [ASA], 2016). La ASA entiende que esos contenidos son redundantes con la formación que el estudiantado ha recibido en los niveles educativos previos a la entrada en la Universidad, aunque como hemos recogido previamente cuando estos estudiantes inician la asignatura de estadística es necesario volver sobre esos contenidos básicos si se pretende un correcto desarrollo de los contenidos estadísticos como la inferencia estadística.

Por esta razón diversos estudios creen necesario implementar un conjunto de estrategias para el buen funcionamiento de la asignatura y orientar las actitudes de los estudiantes. Por un lado, es la realización de evaluaciones a priori de las actitudes y conocimientos previos de los estudiantes hacia la asignatura, ya que de esta forma el docente puede conocer el nivel y adaptar o profundizar en el aprendizaje. Además, puede orientar las actitudes para así conseguir que el estudiante aumente las posibilidades de lograr un aprendizaje alejado de miedos y ansiedades. Por otro lado, el aprendizaje de la estadística debe estar enfocado a la realidad y al desarrollo de la práctica profesional, es decir, desarrollar las competencias requeridas a partir de la utilización de ejemplos y datos empíricos reales para ilustrar conceptos metodológicos y la resolución de problemas actuales (Ramos, 2019). A ello, cabe añadir aspectos esenciales en la educación universitaria actual, las metodologías activas y colaborativas, el uso de las nuevas tecnologías, el trabajo en grupo e incluso el aprendizaje gamificado.

En el informe del ASA (2016) realiza seis recomendaciones para el correcto aprendizaje de la estadística en la universidad y, en definitiva, para centrar la enseñanza en el pensamiento estadístico:

- Enseñar la Estadística como un proceso investigador de resolución de problemas y toma de decisiones.
- Enfatizar la comprensión conceptual.
- Integrar datos reales con un contexto y propósito.
- Promover el aprendizaje activo.
- Usar la tecnología para explicar conceptos y analizar datos.
- Usar la evaluación para mejorar y valorar el aprendizaje.

El método didáctico de enseñar investigando (el método científico) lo desarrolló el filósofo y pedagogo J. Dewey a comienzos del Siglo XX en EEUU con la idea de unir la escuela con la vida (Moreno, 1995). En la actualidad es un método que goza de un enorme prestigio asociado al espíritu de la renovación pedagógica. Este método tiene numerosos beneficios, tales como: fomentar y mantener el interés en el alumnado, es un método de aprendizaje activo, contribuye a involucrar las diversas materias del currículum, se trabajan situaciones y problemas reales, etc.

Además, con él se consiguen un conjunto de metas como, por ejemplo, desarrollar capacidad de identificar y definir un tema relevante, facilita una oportunidad práctica de "aprender a aprender", posibilita a los alumnos la satisfacción de trabajar en una labor compleja, promueve la cooperación entre alumnado y profesorado y da la oportunidad de practicar numerosas destrezas y, en particular, las de comunicación.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación es mostrar como la aplicación del método científico a una temática pactada con el estudiantado ha mejorado la forma de concebir la materia y presenta buenos resultados académicos y valorativos por parte del estudiantado. Para ello, se eligió un tema vinculado con la Geografía y el Medio Ambiente con el estudiantado y se ha aplicado el método científico desde la búsqueda de información, hipótesis, muestra, muestreo, trabajo de campo, etc. hasta la realización de un informe final con la presentación de los resultados.

## 3. METODOLOGÍA

En primer lugar, para identificar si existía entre el estudiantado alguna idea de fobia hacia la estadística, se elaboró una nube de palabra en la primera y última clase. Para la creación de las nubes de palabras es necesario que el profesor o la profesora proponga una pregunta a la cual el alumnado debe responder en unas cuantas palabras (el número de palabras las marca el profesor) puede variar entre 1 y 10. En el caso que aquí se trabaja, se decidió que el estudiantado intentara responder a la pregunta planteada (¿Qué es para ti la estadística?) con 4 palabras. Estas nubes de palabras virtuales y colaborativas se han creado a través de la aplicación MENTIMETER. Es un programa de acceso gratuito y que permite representar y recoger datos de forma ágil, sencilla, directa y, sobre todo, interactiva, ya que se observa en la pantalla como las palabras más repetidas van variando y la nube crece a medida que los alumnos contestan.

En segundo lugar, para reconducir la fobia y que el alumnado viera la aplicabilidad real y práctica de la estadística vinculada a la geografía y

medio ambiente se ha aplicado la metodología de enseñar investigando, es decir, la aplicación del método científico. La novedad realizada durante el curso 2022/23 es que el profesor y el estudiantado pactaron el tema a investigar. Se realizó una lluvia de ideas de diferentes temáticas y se votó, la temática elegida fue: "Conocimiento y cultura geográfica entre los/as jóvenes universitarios/as". Este tema ha sido el punto de partida de todo el proceso de investigación, el cual ha estado guiado y supervisado el profesor responsable de la asignatura.

Por último, para evaluar todo el proceso formativo y conocer la opinión del estudiantado, se realizó una encuesta de tres preguntas que contestaron un total de 55 de los 65 alumnos/as matriculados, siendo unos resultados estadísticamente significativos. El cuestionario estaba pensado como una valoración de los tres aspectos llevados a cabo durante el periodo de aprendizaje: las nubes de palabras, el método científico y su actitud frente a la materia. Con ello, se evaluó el progreso en la formación estadística, así como la opinión del alumnado frente al proceso formativo, sus actitudes y la nueva aproximación basada en el método científico. En la Figura 2, se puede observar el cálculo de la muestra que se ha realizado partiendo de la base de una población finita, ya que no supera los 100.000 individuos. El resto de los elementos que delimitan la fórmula del cálculo de muestra son: un nivel de confianza del 95 %, una Z de 1,96, un error muestral del 5 % y una p y q de 50 % y 50 % respectivamente.

***FIGURA 2.*** *Cálculo y significación de la muestra de alumnos/as de la asignatura de estadística.*

| Total de estudiantes matriculados (N) | 65 |
|---|---|
| p | 50% |
| q | 50% |
| Z | 1,96 |
| e | 0,05 |

| Encuestados | Total muestra |
|---|---|
| **Total** | 55 |

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + Z^2 * p * q}$$

Fuente: Elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

Tal y como se ha presentado en el apartado teórico de esta investigación, diversos estudios (Ramos, 2019) consideran necesarios implementar un conjunto de estratégica para el buen funcionamiento de las asignaturas y orientar las actitudes del alumnado. Es por ello, que el punto de partida es la detección a priori de las actitudes y conocimientos previos de los estudiantes de la asignatura, ya que de esta forma el/la docente puede conocer la línea base y adaptar o profundizar el aprendizaje. Además, a partir de este diagnóstico se pueden orientar las actitudes para así conseguir que el estudiante aumente las posibilidades de lograr un aprendizaje alejado de miedos y ansiedades. Por otro lado, el aprendizaje de la estadística debe estar enfocado a la realidad y al desarrollo de la práctica profesional, es decir, desarrollar las competencias requeridas a partir de la utilización de ejemplos y datos empíricos reales para ilustrar conceptos metodológicos y la resolución de problemas actuales.

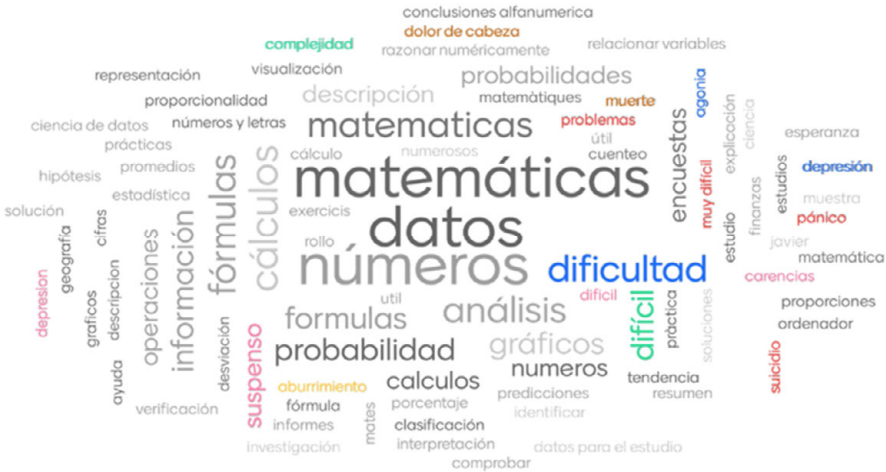
El punto de partida de esta investigación era conseguir un diagnóstico tanto del nivel de los estudiantes como de sus actitudes ante la asignatura de estadística. Para ello, el primer día de la asignatura y una vez presentado el contenido, temario y evaluación (primera toma de contacto), se inició una dinámica de trabajo activo con el estudiantado, a partir de una pregunta clara ¿Qué es la estadística? cada alumno/a debía intentar definir que es para él/ella la estadística en 4 palabras. El objetivo era conseguir una nube para recoger las primeras ideas de los estudiantes sobre esta materia. En la Figura 3, se puede observar la nube de palabras realizada por los estudiantes de la asignatura de estadística del curso 2021/22. La mayor parte del estudiantado define/caracteriza la estadística de forma correcta, aunque se observa una clara vinculación con los números, matemáticas, cálculo, etc. Hay conceptos muy interesantes que plantean como: números, probabilidades, gráficos o fórmulas. La nube de palabras, expuesta en el aula, ayuda a mantener un debate y cambio de ideas e impresiones entre el alumnado y el profesor sobre las palabras utilizadas para caracterizar la estadística. Se intentar fomentar un debate libre entre los alumnos, siempre bajo la supervisión del profesor que, en ocasiones, realiza alguna pregunta a la clase para fomentar la participación y el razonamiento.

Sin embargo, en la Figura 4 se puede observar esta misma nube de palabras, pero donde se destaca como algunos de los estudiantes ya muestran conceptos que se alejan del objetivo de la actividad, que es intentar caracterizar con palabras la Estadística, y aparecen resultados como: dificultad, suspenso, pánico, etc., lo cual nos remite a la idea, que ya se ha recogido previamente, de Ramos (2019) en la que explicaba los altos niveles de ansiedad y/o la actitud negativa hacia esta asignatura.

***FIGURA 3.*** *Cálculo y significación de la muestra de alumnos/as de la asignatura de estadística.*

Fuente: Elaboración propia.

***FIGURA 4.*** *Nube de palabras ¿Qué es la estadística? Fuente: elaboración propia a partir Mentimeter*




Fuente: Elaboración propia.

En esta primera aproximación se puedo observar y diagnosticar que una parte del alumnado presentaba, de partida, actitudes negativas frente a la asignatura. Este hecho es fundamental para corregir y, en la media de lo posible, cambiar las actitudes y que descubran tanto la utilidad de la asignatura como su practicidad. De esta forma, tal y como explica Ramos: "*tendrá mayores posibilidades de que el estudiante logre el aprendizaje"* (2019: 70).

Para mejorar el aprendizaje y reducir entre los estudiantes situaciones de estrés y ansiedad durante la asignatura se establecieron dos herramientas que reforzaran el conocimiento. Por ello, se decidió que las prácticas realizadas durante todo el semestre en la asignatura se basaran en la aplicación del método científico (enseñar investigando) y con el tema pactado: "Conocimiento y cultura geográfica entre los/as jóvenes universitarios/as".

Los principios básicos de actuación que fundamentan este programa se especifican en diversos aspectos. Como elemento clave, la propuesta pasa por favorecer la actividad del estudiantado, concretada en la (re)construcción del conocimiento a través del estudio teórico/conceptual y práctico. De este modo, el aula se convierte en un espacio para la

interacción: para la resolución de dudas, la discusión, el debate y el intercambio. Esto se materializa en una propuesta de planteamiento didáctico conocida como: "Enseñar investigando: el modelo de proyectos de investigación", la cual se materializa en la asignatura tanto en la enseñanza en papel como en ordenador.

Este método tiene numerosos beneficios. Es útil para fomentar y mantener el interés en el alumnado, es un método de aprendizaje activo, contribuye a involucrar las diversas materias del currículum, se trabajan situaciones y problemas reales, etc. Además, con él se consiguen un conjunto de metas como, por ejemplo, desarrollar la capacidad de identificar y definir un tema relevante, facilita una oportunidad práctica de "aprender a aprender", posibilita a los alumnos la satisfacción de trabajar en una labor compleja, promueve la cooperación entre alumnado y profesorado y da la oportunidad de practicar numerosas destrezas y, en particular, las de la comunicación.

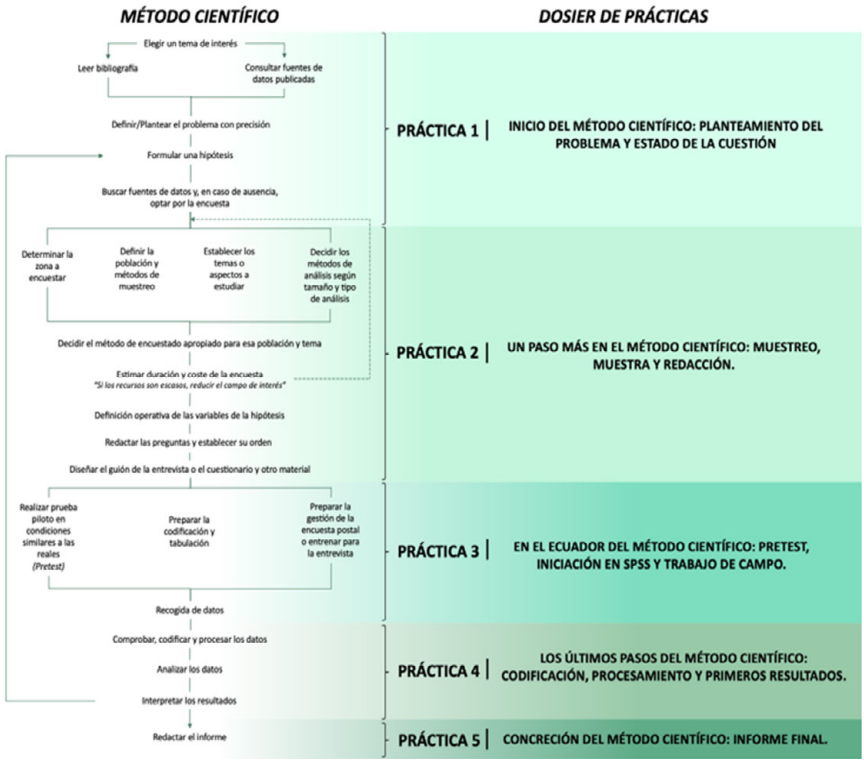
El dosier consta de cinco prácticas todas ellas relacionadas con algún punto de la secuencia del método científico. En la figura 5 se puede observar la secuencia de operación de cualquier método científico o, lo que es lo mismo, un modelo de proceso de investigación con el que enseñar al estudiantado. Cada año el dosier se renueva con una temática diferentes. Es por ello, que en las primeras semanas de clase el docente y el estudiantado eligen un tema de interés (relacionado con la Geografía) que quieran trabajar.

En la práctica 1, una vez elegido el tema, se trataba de profundizar sobre este y para ello tenían que realizar una búsqueda bibliográfica sobre el tema, buscar metodología y métodos utilizados y las conclusiones más relevantes. Además, también se les invitaba a plantear una hipótesis a investigar en todo este proceso y contrastarlas. Por último, se les hacía realizar una búsqueda de datos y si esta no era de calidad o no existía se debía solucionar a través de la práctica 2.

En la práctica 2, se avanzaba un paso más en el método científico, donde con ayuda del profesor, se concretaba la realización de una encuesta, determinar una zona, una muestra, realizar un cálculo de muestra, redactar las preguntas e introducirla en Google Cuestionario.

En la práctica 3, a partir de ese cuestionario se realizaba un pretest para ver posibles errores u omisiones, identificarlos y solventarlos. Además, de preparar la codificación de las preguntas y variables utilizadas en el programa SPSS. Por último, una vez introducidos los cambios y con un único documento de Google Cuestionario para todo el alumnado se realizó trabajo de campo donde se recogieron los datos.

***FIGURA 5.*** *El método científico y su aplicación práctica en la asignatura*




Fuente: Elaboración propia.

Antes de la finalización de la asignatura, para evaluar todas los métodos y actividades utilizadas se realizó una última encuesta al alumnado. En ambos casos participaron un total de 55 alumnos de 65 matriculados, por lo que estos resultados son estadísticamente significativos. Las tres preguntas y respuestas que se realizaron fueron:

Respecto a la práctica 4, una vez realizado el trabajo de campo, se realizó una depuración de algunas encuestas incompletas o que no cumplían los parámetros establecidos y se pasó a codificar los datos y procesarlos. A

partir de un conjunto de preguntas del profesorado se comenzaron a analizar los datos en el programa SPSS.

Por último, la práctica 5 era un informe final donde se recogiera todo el proceso realizado durante el método científico, así como identificar limitaciones de la investigación. Además, de volver sobre las hipótesis de partida y aceptar o rechazarlas y llegar a conclusiones sobre el tema de investigación.

- ¿Te ha resultado útil las nubes de palabras para el aprendizaje de la asignatura? En la que un 87,5 % responde que sí a la pregunta.
- ¿Crees que realizar prácticas a través del método científico ha sido positivo y útil en tu formación? Un 93,2 % cree que ha sí.
- ¿Ha mejorado tu perspectiva y actitud hacia la asignatura si se compara con el inicio? Un 72,3 % cree que sí.

## 5. CONCLUSIONES

La formación estadística se constituye como un elemento fundamental, tal es su relevancia que su estudio se ha extendido a todos los niveles educativos, incluido el universitario. La mayor parte de grados de las universidades tienen una o varias asignaturas de estadística, independientemente de su rama de estudio.

A pesar de esa importancia creciente tanto en el desarrollo personal y profesional de los estudiantes, la estadística no goza en las carreras de ciencias sociales y jurídicas con una buena actitud del estudiantado. Tanto es el rechazo y los problemas que están vinculados a esta asignatura que se ha llegado a acuñar el término de estadisticofobia. Esto tienen un doble perjuicio para el estudiantado que presenta altos niveles de rechazo y ansiedad frente a la asignatura como para el profesorado que no ve lograr sus objetivos y se puede llegar a sentir desmotivado.

Con este trabajo se ha podido comprobar como sí es cierto que los alumnos presentan estos niveles de rechazo y poca predisposición a la asignatura, antes incluso de empezar con la materia. Este hecho de

identificación es esencial si se quiere que el estudiantado y el profesorado logren desarrollar con éxito tanto la formación como la enseñanza de la asignatura. Aquí se ha presentado un ejemplo a través de la metodología de enseñar investigando donde a través de un tema de forma conjunta entre estudiantado y profesorado, el alumnado ha podido poco a poco descubrir y estudiar la aplicabilidad y practicidad que tienen la asignatura de estadística. La enseñanza paso a paso del método científico ha supuesto una reducción de los niveles de fobia y rechazo a la estadística, ya que han podido comprobar un ejemplo de formación práctica y supervisada que les aproxima a su formación y encamina a su desarrollo profesional.

Todo ello ha ayudado a reducir los niveles de fobia y ansiedad entre el estudiantado de la asignatura. Ellos están de acuerdo en que la asignatura, aunque complicada y técnica, ha sido muy aplicada a la realidad y donde la estadística y la geografía se ha trabajado de forma vinculada, integradora y con una gran legibilidad. En definitiva, se ha reducido su visión negativa de la estadística a favor de su utilidad y practicidad.

## 7. REFERENCIAS


Acosta, J. A. y Mejía, T. (2017). Actitudes hacia la estadística de los estudiantes de pregrado de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Revista Científica Institucional Tzhoecoen, 9(3), 1-14.

American Statistical Association (2016). Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE). College Report. https://www.amstat.org/asa/files/pdfs/GAISE/GaiseCollege_Full.pdf

Ben-Zvi, D. and Garfield, J. (2004). Statistival literacy, reasoning, and thinking: Goals, definitions, and challenges. En D. Ben-Zvi and J. Garfield (Ed.), The chanllenge of developing statistival literacy, reasoning and thinking. Springer, pp. 3-15.

Blanco, A. (2018). Directrices y recursos para la innovación en la enseñanza de la Estadística en la universidad: una revisión documental. REDU Revista de Docencia Universitaria, 16 (1), 251-267.

Dillón, K. M. (1982). Statiscophobia. Teaching of Psychology, 9(2), 117-117. https://doi.org/10.1207/s15328023top0902_23

Gea, M., Batanero, C., Fernandes, J. A. y Arteaga, P. (2016). Interpretation of Summaries on Statistics Addressed to Prospective Teachers in Middle School. REDIMTAT-Revista de investigación en didáctiva de las matemáticas, 5(2), 135-157.

Higueras, A. (2003). Teoría y métodos de la Geografía. Introducción al análisis geográfico regional. Colección de Textos Sociales.

Moore, D. (1997). New pedagogy and new content: the case of statistics. International Statistical Review, 65(2), 123-165.

Moreno, A. (1995). Enseñar investigando: el modelo de proyectos de investigación. En: A. Moreno y Mª J. Marrón (Ed.), Enseñar Geografía de la teoría a la práctica. Síntesis, pp. 121-138.

Paechter, M., Macher, D., Martskvishvili, K., Wimmer, S. and Papousek, I. (2017). Mathematics anxiety and statistics anxiety. Shared but also unshared components and antagonistic contributions to performance in statistics. Frontier in Psychology, 8, 1196. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01196

Ramos, L. (2019). La educación estadística en el nivel universitario: retos y oportunidades. RIDU Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 13(2), 67-82. https://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.1081

Sanchez, A. y Berenguer, I. (2014). Un sistema de procedimientos didácticos para potenciar la formación del pensamiento estadístico en el nivel universitario. Revista Orbita Pedagógica, 1(3), 41-54.

Serrano, J.J. (2021). La Estadística aplicada a la Geografía y Medio Ambiente: un recorrido teórico. Tirant Lo Blanch.

Valentín, L. y Verdoy, P. (2017). La estadística en educación secundaria y grados de ciencias sociales (Relaciones Laborales y recursos Humanos y Gestión y Administración Pública). Necesidades, perfiles y realidades. REDU Revista de Docencia Universitaria, 15(1), 105-125. https://doi.org/10.4995/redu.2017.5988

# APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO MEDIANTE EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS: DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL EN EDIFICIOS.

IGNACIO JAVIER ACOSTA GARCÍA
*Universidad de Sevilla*

JÉSICA FERNÁNDEZ- AGÜERA ESCUDERO
*Universidad de Sevilla*

PEDRO BUSTAMANTE ROJAS
*Universidad de Sevilla*

SAMUEL DOMÍNGUEZ AMARILLO
*Universidad de Sevilla*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como muchos docentes saben la asimilación de conceptos con altos contenidos teóricos –como puede ser la aplicación de los procesos de cálculo– suelen requerir un esfuerzo adicional en los estudiantes y en consecuencia estas asignaturas con alto contenido teórico y de cálculo requerirán de herramientas adicionales que sirvan para potenciar el asentamiento de dichos procesos en los estudiantes.

Debida a esta dificultad, la tasa de éxito en asignaturas con alto contenido en cálculo es menor que en aquellas con contenido meramente teórico o práctico. Exigiendo a los estudiantes cierto grado de abstracción difícil de alcanzar con clases tradicionales. En la Figura 1 se muestran las notas medidas de las asignaturas del grado en arquitectura, comparando las asignaturas teóricas y prácticas que requieren procesos de cálculo.

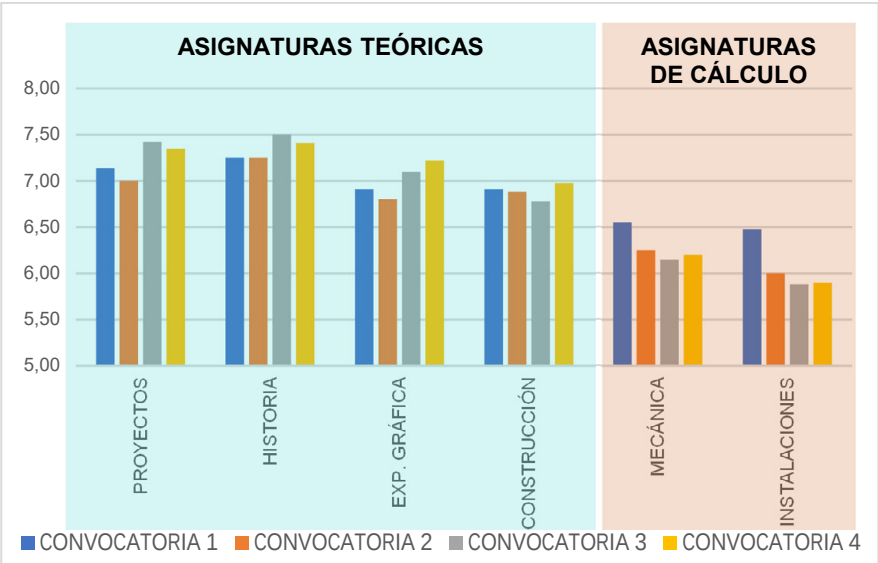
La asignatura sobre la que se aplica esta innovación docente requiere de una alta especialización técnica, con un enfoque práctico enfocado al ejercicio profesional de arquitecto, lo que a menudo provoca trabas en el aprendizaje de los estudiantes.

En las asignaturas técnicas del Grado en Arquitectura, no ocurre igual que en otras carreras técnicas donde los procesos de industrialización han avanzado muy rápido y los procesos de aprendizaje deben adaptarse a estas metodologías cambiantes, sino que se siguen utilizando prácticamente los mismos métodos a excepción de la introducción del diseño mediante los modelos BIM (Building Information Modelling), que poco a poco comienza a introducirse en la enseñanza por las oportunidades que pueden generar en caso de que pueda ser llevado a la práctica en el desarrollo profesional, cosa que actualmente no pasa con la industria de la construcción en España.

Estos modelos aspiran a la consecución de una industrialización efectiva donde se mejore la productividad y la calidad de la arquitectura. Utilizándose este tipo de programas, igual que otros programas informáticos, para el visionado de elementos en 3D, pero que incluyen y conectan otro tipo de elementos como la estructura o las instalaciones. Pero antes de ser introducidos en estas herramientas, deben ser pensadas y entendido su funcionamiento.

De ahí la importancia de la enseñanza técnicas dentro de la arquitectura, sin las cuales el edificio no funcionaría con las prestaciones que demandamos en la actualidad. Por tanto, el introducir a los alumnos mediante el uso de pequeños programas informáticos para la mejor comprensión de las instalaciones, en realidad supone un concepto de “proceso” que subvierte muchas rutinas hoy habituales en el desarrollo de las instalaciones en edificios. La inclusión y desarrollo de datos ligados al proyecto, conlleva la oportunidad de sumergir al estudiante en otra realidad dinámica y actualizable, que posibilita su ensayo y optimización en todos sus aspectos del aprendizaje. Dando un paso más en el aprendizaje significativo el estudiante.

***FIGURA 1.*** *Calificaciones promedio en asignaturas de Máster en Arquitectura según convocatoria.*




## 2. OBJETIVO

El propósito de este estudio es evaluar la aplicación del *Tool-learning*, del aprendizaje mediante el desarrollo de herramientas informáticas en las asignaturas de acondicionamiento e instalaciones de arquitectura. En pocas palabras, que los estudiantes asienten sus conocimientos mediante el uso de herramientas de cálculo desarrolladas por ellos mismos de forma que le sirvan para su mejor comprensión sobre dichos procedimientos.

De nuestra experiencia docente sabemos que los estudiantes utilizan con agilidad procesadores de texto, controlan la información en la web y manejan con soltura y habitualmente distintas herramientas de comunicación, sin embargo, salvo contadas excepciones se desentienden del uso de herramientas como las hojas de cálculo o plataformas de programación y cálculo numérico.

Con la metodología desarrollada conseguimos varios beneficios de gran interés:

– Se fomenta la creatividad de los estudiantes ya que tienen que desarrollar hojas de cálculo o herramientas de programación de cálculo que le ayuden a consolidad esos conocimientos teóricos.

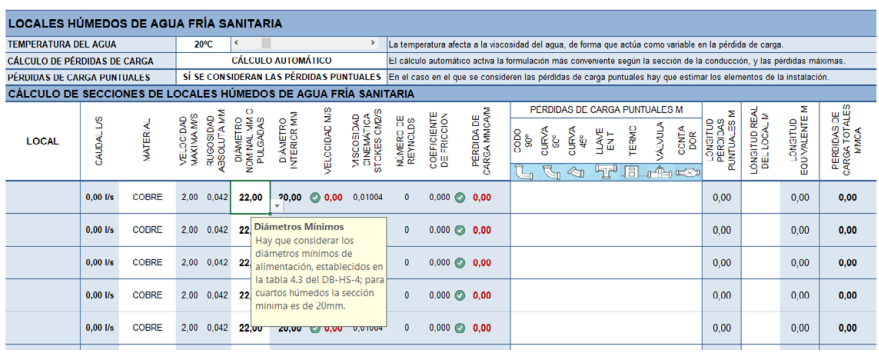
– Se les ayuda a adquirir una mayor autosuficiencia en la resolución de los problemas dado que son ellos mismos son los que desarrollan esos procedimientos de cálculo.

– Se fomenta en trabajo en equipo, mejorando la productividad con el fin de obtener un objetivo colectivo.

– Finalmente se logra asentar esos conocimientos mediante la inclusión de los protocolos de los procedimientos aprendidos en las clases teóricas en sus hojas de cálculo.

Adicionalmente, las herramientas informáticas de cálculo desarrolladas por los estudiantes (hojas de cálculo, scripts, código…) les servirán no solo para el futuro desarrollo de su Proyecto Final de Máster sino también en su práctica profesional, normalmente como arquitectos. Estas herramientas quedan depositadas en el repositorio de la asignatura, permitiendo a cualquier estudiante matriculado hacer libre uso de ellas, para servirse e incluso modificarlas según sus necesidades (Figura 2 y 3).

***FIGURA 2:*** *Hoja de cálculo para el diseño de instalaciones de agua fría*



| LOCALES HÚMEDOS DE AGUA FRÍA SANITARIA | | |
|---|---|---|
| TEMPERATURA DEL AGUA | 20ºC | La temperatura afecta a la viscosidad del agua, de forma que actúa como variable en la pérdida de carga. |
| CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA | CÁLCULO AUTOMÁTICO | El cálculo automático activa la formulación más conveniente según la sección de la conducción, y las pérdidas máximas. |
| PÉRDIDAS DE CARGA PUNTUALES | SÍ SE CONSIDERAN LAS PÉRDIDAS PUNTUALES | En el caso en el que se consideren las pérdidas de carga puntuales hay que estimar los elementos de la instalación. |

CÁLCULO DE SECCIONES DE LOCALES HÚMEDOS DE AGUA FRÍA SANITARIA

| LOCAL | CAUDAL L/S | MATERIAL | VELOCIDAD MAXIMA M/S | RUGOSIDAD ABSOLUTA MM | DIAMETRO NOMINAL MM O PULGADAS | DIAMETRO INTERIOR MM | VELOCIDAD M/S | VISCOSIDAD CINEMATICA STOKES CM2/S | NUMERO DE REYNOLDS | COEFICIENTE DE FRICCION | PERDIDA DE CARGA MM/CM | PÉRDIDAS DE CARGA PUNTUALES M: CODO 90º | CURVA 90º | CURVA 45º | LLAVE EN T | TERMO | VALVULA | CONTADOR | LONGITUD REAL PUNTUALES M | LONGITUD REAL DEL LOCAL M | LONGITUD EQUIVALENTE M | PERDIDAS DE CARGA TOTALES MCA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,00 l/s | COBRE | 2,00 | 0,042 | 22,00 | 20,00 | 0,00 | 0,01004 | 0 | 0,000 | 0,00 | | | | | | | | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 l/s | COBRE | 2,00 | 0,042 | 22 | | | | 0 | 0,000 | 0,00 | | | | | | | | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 l/s | COBRE | 2,00 | 0,042 | 22 | | | | 0 | 0,000 | 0,00 | | | | | | | | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 l/s | COBRE | 2,00 | 0,042 | 22 | | | | 0 | 0,000 | 0,00 | | | | | | | | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |
| | 0,00 l/s | COBRE | 2,00 | 0,042 | 22,00 | 20,00 | 0,00 | 0,01004 | 0 | 0,000 | 0,00 | | | | | | | | 0,00 | | 0,00 | 0,00 |

**Diámetros Mínimos**
Hay que considerar los diámetros mínimos de alimentación, establecidos en la tabla 4.3 del DB-HS-4; para cuartos húmedos la sección mínima es de 20mm.

***FIGURA 3:*** Ejemplos de hojas de cálculo diseñadas para distintos tipos de instalaciones

# 3. MÉTODO

## 3.1. Protocolo de trabajo

El procedimiento que seguir por la metodología propuesta, partiendo de una definición muy clara del protocolo de trabajo.

### 3.1.1 Formación de equipos

Dentro de un grupo de una clase se solicita a los alumnos que formen subgrupos de 4 estudiantes, para que posteriormente cada subgrupo elija un procedimiento de cálculo ligado a la asignatura que, como veremos posteriormente en los resultados de este estudio, se aplica concretamente en las asignaturas de instalaciones en arquitectura.

En la tabla 1 podemos ver distintos grupos y a priori la asignación del procedimiento de calculo que le correspondería desarrollar a cada uno.

***TABLA 1:*** *Asignación de tareas a los grupos.*

| | REDES DE TUBERÍAS | CAPTADORES SOLARES | ACUMULACIÓN DE AGUA | VASOS DE EXPANSIÓN |
|---|---|---|---|---|
| GRUPO 1 | | x | | |
| GRUPO 2 | x | | | |
| GRUPO 3 | | | x | |
| GRUPO 4 | | | | x |

Se ha optado por trabajos en grupo pues:

- Mejora las habilidades individuales de resolución de problemas. El hecho de compartir objetivos refuerza el trabajo en grupo y ayuda a la consecución de resultados satisfactorios.
- Fomenta la confianza del estudiante al existir un sentido de pertenencia dentro del grupo. Esta confianza no solo es individual, también se desarrolla una confianza una confianza de grupo que ayuda a la hora de la mejora de ideas y proyectos.
- El trabajo en equipo permite desarrollar fortalezas individuales a partir de la colaboración entre los distintos miembros que comparten los conocimientos adquiridos en las clases teórico-prácticas. En este punto son importantes las tutorías individualizadas o en grupo, que permiten aclarar a los estudiantes conceptos previamente adquiridos.
- Fomenta la comunicación eficaz a fin de lograr un objetivo común planteado a partir de la sinergia de grupo llegando a resolver problemas que serían complejos de solucionar individualmente. Para fomentar esta comunicación, se les insiste a los estudiantes que utilicen la plataforma digital de la Universidad de Sevilla, creando foros en el que puede intervenir también el profesor en caso necesario.
- Permite usar *brainstormings* (lluvias de ideas) para llegar a soluciones originales. El profesor será el encargado de controlar

esta técnica para que los equipos no se dirijan a callejones sin salida que produjesen una merma en el rendimiento del equipo.

- La eficiencia del trabajo en equipo es uno de los beneficios más importantes de este tipo de herramienta docente. Al ser eficientes, los equipos que usan los recursos de manera más efectiva generan resultados innovadores y llegan a sus objetivos más rápido.

- Al realizar la elección de una solución óptima entre diferentes opciones planteadas o formas posibles para resolver problemas por uno mismo o el resto del equipo, permite mejorar las habilidades de toma de decisiones y responsabilidad individual. La toma de decisiones consiste, básicamente, en elegir una opción entre las disponibles, a los efectos de resolver un problema actual o futuro. La habilidad para la toma de decisión engloba tanto la resolución de problemas como la toma de decisiones pues para alcanzar el nivel óptimo en la toma de decisiones, el estudiante necesita un cierto nivel de confianza que le permita optar por las mejores soluciones y de forma rápida entre las posibles según el conocimiento adquirido en el trabajo en grupo, las opiniones del resto de miembros del equipo y las clases teórico-prácticas. En este punto cabe incidir en la importancia que adquiere la autonomía de funcionamiento de los equipos.

- Por último, y no menos importante, el trabajo en equipo estará presente durante la vida profesional de los estudiantes egresados en arquitectura y titulaciones similares, siendo en muchos casos participes de grupos multidisplinares en los que deberán desempeñar roles de líderes o especialistas en distintas materias.

Manejar las estrategias del trabajo en equipo es una meta que debemos trazar como profesores para todos y cada uno de los componentes de los grupos, ya que es un aspecto realmente importante que si dominan, generará una transformación para bien, en sus inteligencias sociales incrementando las capacidades de los estudiantes para comunicarse y

relacionarse con otros mediante conexiones en forma empática, asertiva, sana y productiva.

### 3.1.2. Selección de los modelos a procesar

Como se ha dicho en el capítulo de introducción, los modelos sobre los que deben actuar los grupos de estudiantes están extraídos de los procedimientos de cálculo utilizados para el diseño, dimensionado e integración de las distintas instalaciones de acondicionamiento ambiental que conforman las infraestructuras de un edificio.

Las asignaturas que imparten enseñanza sobre estas infraestructuras abarcan un temario de instalaciones muy variadas necesitando de herramientas de cálculo las siguientes:

- Protección contra incendios (bocas de incendio equipadas, extinción automática, abastecimiento de agua).
- Hidrosanitarias (agua fría, agua caliente, saneamiento, aprovechamiento y depuración de aguas).
- Electricidad (generación, instalaciones de enlace, instalaciones interiores en viviendas, instalaciones interiores en edificios terciarios, puesta a tierra, protección frente al rayo).
- Iluminación eléctrica (interior y exterior).
- Ventilación (viviendas, garajes y edificios terciarios).
- Climatización (refrigeración y calefacción).
- Telecomunicaciones (viviendas e instalaciones de cableado estructurado).
- Gases combustibles (individuales, comunitarias, determinación de atmósferas explosivas).
- Transporte (ascensores y montacoches).

Al ser un ámbito de trabajo tan amplio, es tarea del profesor poner los límites a este ámbito, acotando las partes del temario teórico-práctico a desarrollar en cada curso. Dentro de estos paquetes acotados de

modelos, cada equipo de alumnos elegirá para su desarrollo un modelo determinado, siendo así mismo tarea del profesor asignar modelos de cálculo a aquellos equipos que no se decidan por ninguno.

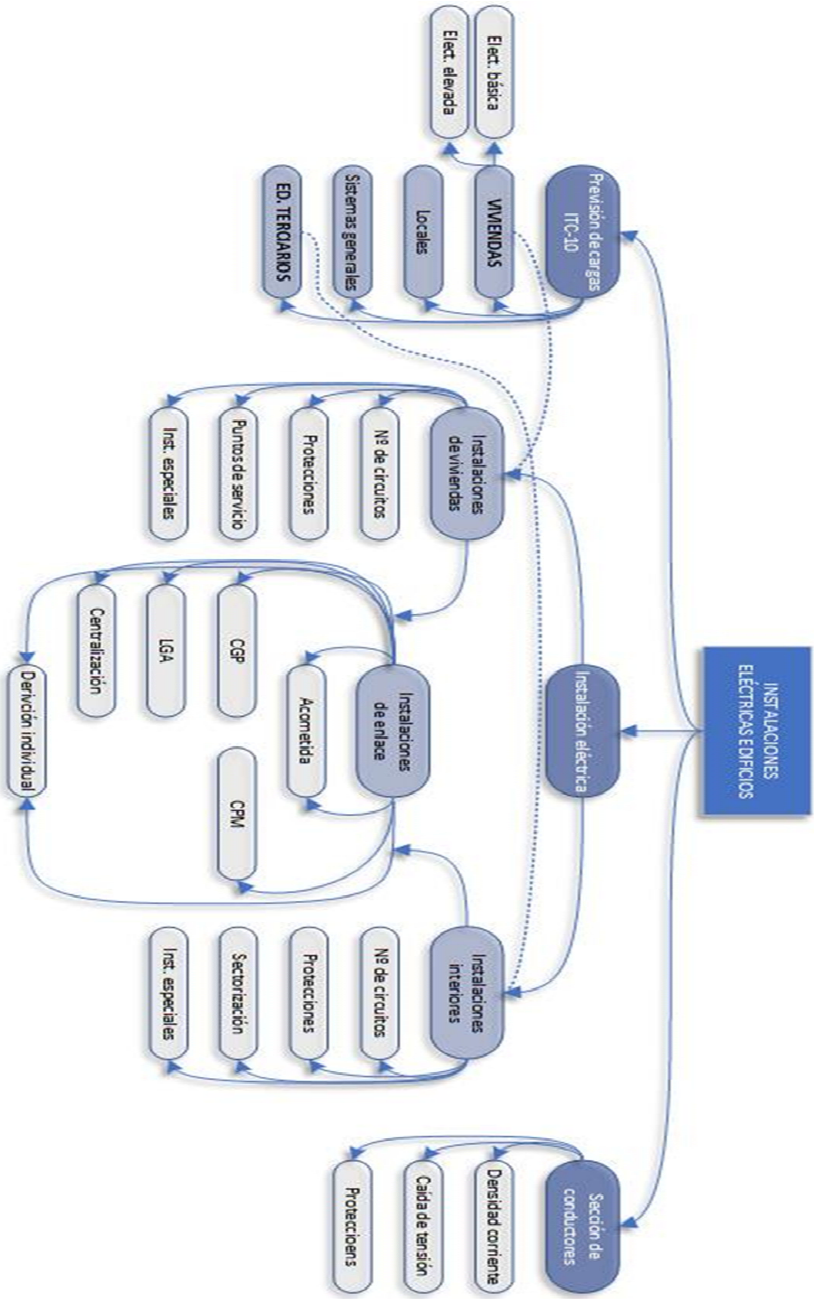
### 3.1.3. Procedimientos de cálculo

Este procedimiento de mejora educativa pretende que el alumno sea capaz de identificar, caracterizar, dimensionar y desarrollar con mayor razonamiento crítico y responsable cualquier elemento integrado en los sistemas de instalaciones de acondicionamiento activo. Para ello, se pretende aumentar el grado de atención durante las sesiones, mostrando la utilidad de los contenidos y las herramientas, y desarrollar esta actividad que permitirá al alumno lograr un mayor razonamiento crítico.

Tras la selección del modelo, y previa a la selección de la plataforma de cálculo, se les pide a los estudiantes que planteen un primer esquema conceptual de los procesos a tener en cuenta en el desarrollo de la herramienta de cálculo. En este primer esquema deberán tener en cuenta:

- Datos de partida (apuntes, bibliografía y normativa).
- Datos edificio (localización, tipología, dimensionado).
- Esquema de principio (tipología, incompatibilidades).
- Elementos de la instalación.
- Predimensionado (demandas, necesidades).
- Datos (en formato de tablas o datos).
- Cálculo.
- Dimensionado (prontuarios, catálogos).
- Interfaz (de entrada, de salida).

***FIGURA 4:*** *Esquema conceptual*



Para la realización de este primer acercamiento al problema, se les ofrece la posibilidad de realizar los esquemas mediante croquis (son alumnos a los que se les supone cierto nivel en dibujo) o herramientas específicamente creadas para realizar mapas conceptuales (Microsoft Visio, CmapTools, Inspirations, Bubbl, Gliffy, Lucidchart…). La figura 4 muestra un realizado por alumnos para el cálculo de instalaciones eléctricas en edificios, realizado mediante Microsoft Visio.

### 3.1.4. Selección de la herramienta de cálculo

Los subgrupos desarrollaran el procedimiento de cálculo asignado mediante diferentes soluciones como hojas de cálculo (Excel, Calc, Sheets…), plataformas de programación y cálculo numérico u otros programas o procedimientos que automaticen los resultados (Matlab, Python, GNU Octave, Julia, Scilab…), incidiendo en alternativas gratuitas o con licencias gratuitas a través de la Universidad de Sevilla. El uso de un amplio abanico de herramientas obliga al profesorado a adquirir cierto nivel de conocimiento y destreza en las mimas, ayudando a los alumnos en aquellos problemas de manejo que siempre se les presentan y dirigiéndolos hacia el manejo de las más idóneas según sus necesidades. Para ello, nuestra Universidad, a través de su Centro de Formación Permanente, pone a disposición del profesorado y estudiantes distintos cursos gratuitos que permiten obtener estos conocimientos.

La experiencia adquirida durante cursos pasados nos enseña que los estudiantes, salvo contadas excepciones, suelen elegir herramientas con las que se encuentran más cómodos o conocen mejor, rechazando otras con mayores posibilidades y potencia de cálculo. Así suelen trabajar con hojas de cálculo antes de usar herramientas específicas como las anteriormente nombradas por lo que en el resto del capítulo nos centraremos en este tipo de herramientas.

Entre las hojas de cálculo, los estudiantes se suelen decantar por Microsoft Excel perteneciente a la suite Microsoft Office. La principal ventaja que encuentran los estudiantes con el uso de este programa es que ya están familiarizados con la interfaz de la suite y conocen la mayor parte de sus procedimientos. No obstante, el profesorado debe insistir en el cuidado de la sintaxis, cuestión esencial cuando se calcula con hojas de

cálculo. La mayor dificultad que encuentran en el manejo de Excel no es la integración de las ecuaciones y fórmulas de cálculo, sino la integración de estas con los datos tabulados y la elaboración de una plataforma de introducción de datos y lectura de resultados amigable.

Aclarar que en ningún caso se les va a exigir a los alumnos un conocimiento avanzado en el manejo de hojas de cálculo, ofreciéndoles soluciones que no implique por ejemplo el uso de fórmulas avanzadas, Visual Basic, tablas dinámicas o uso de gráficas complejas.

### 3.2 Procedimiento

Una vez comenzada la mecánica de trabajo, cada semana se reservan 30 minutos al final de la clase para evaluar el contenido y procedimiento de cálculo propuesto por cada grupo. Obligando a los grupos a realizar entregas parciales semanales que no serán calificadas, entendiendo que se trata de un proceso en el que en fases iniciales se pueden cometer fallos, aunque si se tendrá en cuenta la evolución de éstas.

Tras la exposición pública, los grupos deberán mejoran las hojas de cálculo con las recomendaciones de sus compañeros y del profesor para la siguiente semana. Estas exposiciones públicas permiten comprobar el desarrollo y evolución de los trabajos, así como evaluar individualmente la participación de los distintos miembros de los grupos.

De este modo cada subgrupo mejora su hoja de cálculo o las tareas que hayan desarrollado con las recomendaciones de sus compañeros y de los docentes, así además desarrollaran las hojas de cálculo que están también ligadas a los contenidos teórico-prácticos de la asignatura y de este modo podemos evaluar el efecto que el progreso de las herramientas produce en el desarrollo de las competencias de los estudiantes concretamente en las calificaciones individuales de los ejercicios de cálculo de la prueba práctica final.

Como se ha dicho anteriormente, este procedimiento los acostumbra a explicar su proceso de pensamiento frente a otros miembros del curso e impulsa el trabajo en equipo a través de la comunicación. Los propios alumnos explican al resto de compañeros cual es el proceso de resolución de los problemas y justifican su toma de decisiones. No todos los

grupos responden con la misma agilidad, siendo función del profesor establecer un ritmo más o menos dinámico dependiendo de la complejidad y la comprensión por parte de los estudiantes.

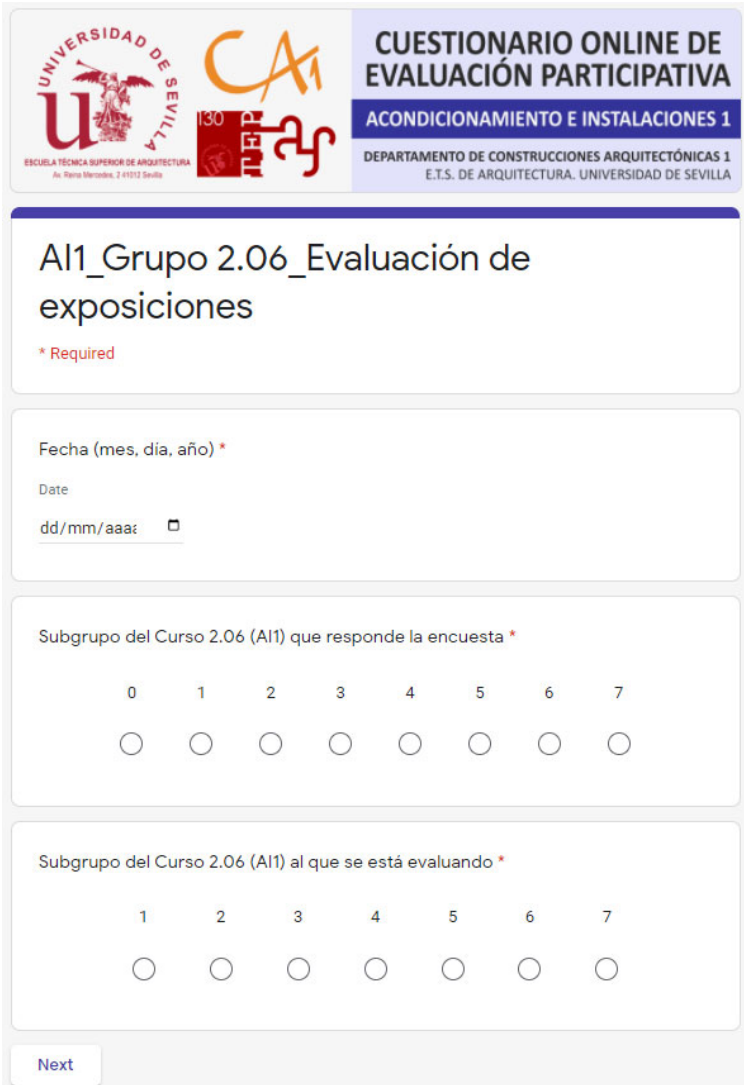
En la presentación que se hace del procedimiento en la primera clase del curso, se les indica a los alumnos que las hojas de cálculo deben ser evaluadas por el resto de los grupos, según:

- Utilidad.
- Facilidad de uso.
- Fiabilidad.
- Precisión de cálculo.

Durante ese periodo de exposición en clase cada subgrupo utiliza un formato de evaluación y cada estudiante evalúa a sus compañeros y compañeras. En los procesos de evaluación de los estudiantes a sus compañeros se calificarán aspectos como la utilidad, facilidad de uso, fiabilidad y precisión de cálculo. Dicha autoevaluación se ha venido resolviendo mediante encuestas anónimas vía online (Google Forms, Wooclap…), como podemos observar en la imagen adyacente o en menor medida mediante encuestas en papel. Los resultados de estas encuestas no son calificables, aunque sí son una herramienta muy útil en la docencia pues nos da a los profesores una idea inmediata de la marcha del curso y la opinión los alumnos, y para los propios alumnos este método les es un aliciente para la mejora de su trabajo ( Figura 5).

Como curiosidad indicar que normalmente las calificaciones otorgadas por los propios alumnos a otros grupos suelen ser inferiores a las obtenidas por parte del profesorado y además no suele haber demasiada desviación entre ellas. Estudiaremos estas cuestiones en el apartado siguiente de resultados.

***FIGURA 5:*** *Cuestionario online mediante Google Forms.*

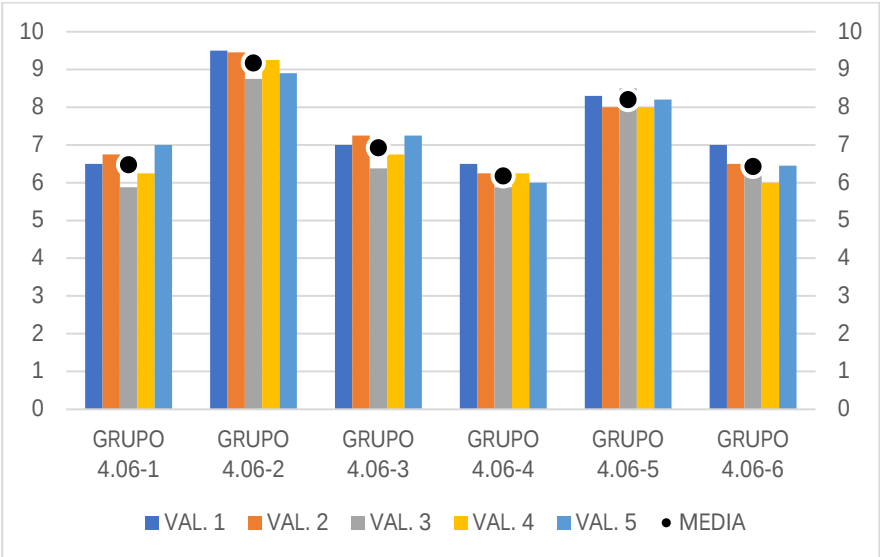



## 4. RESULTADOS

El caso de estudio analiza la aplicación de esta metodología docente en el aula del grupo 4.06 de la asignatura Acondicionamiento e Instalaciones 3 del Grado en Fundamentos de Arquitectura, asignatura con una

alta carga de contenido práctico. El curso consta de 6 subgrupos de entre 4 y 5 componentes.

***FIGURA 6:*** *Valoración de las hojas de cálculo.*

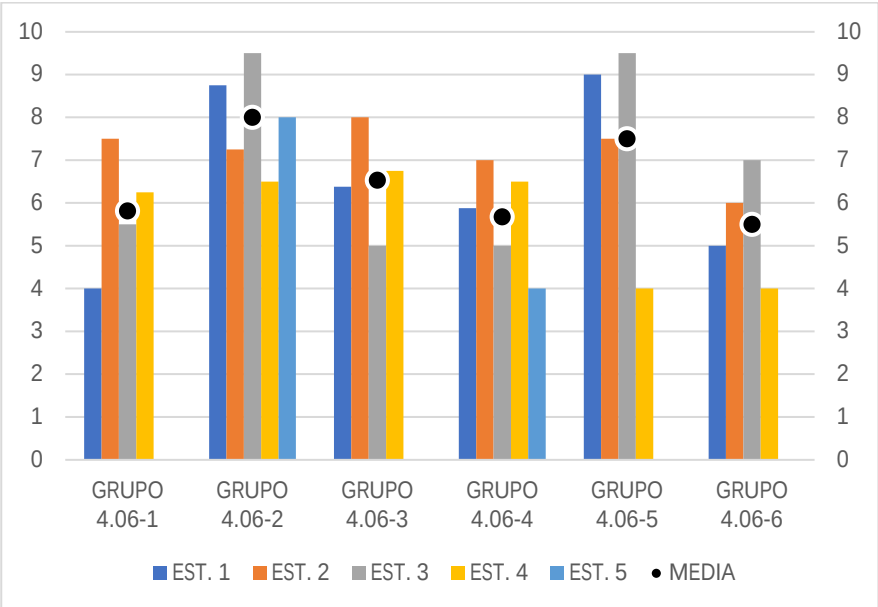



En la figura 6 aparecen promediadas las valoraciones de las herramientas de cálculo desarrolladas por los estudiantes y otorgadas por los compañeros de otros grupos. Para cada grupo, distinguimos el promedio de las valoraciones concedidas por cada uno de los otros cinco grupos a lo largo del curso. Como se puede observar hay 6 grupos, de los cuales dos de ellos destacan en las calificaciones con respecto al resto del curso. Los grupos 2 y 5. Los otros cuatro grupos obtienen una evaluación promediada por encima de 6 puntos sobre 10. No suele ser habitual que los estudiantes de puntúen entre sí con calificaciones por debajo de 5 puntos sobre 10.

Una vez terminado todo el procedimiento docente que se lleva a cabo en 15 semanas, un cuatrimestre, donde se han desarrollado ocho sesiones de correcciones públicas de las herramientas de cálculo, con un total de veintiún exposiciones evaluadas, se lleva a cabo un examen que contine una parte teórica y otra práctica. Las puntuaciones de los estudiantes en los ejercicios de cálculo de examen servirán para valorar la correlación

con el desarrollo de las herramientas de cálculo. Evidentemente en el problema que deben resolver en la parte práctica del examen no utilizarán las herramientas desarrolladas por lo que se puede comprobar la evolución de los conocimientos aprendidos durante el proceso.

***FIGURA 7:*** *Puntuación de los ejercicios de cálculo*




En la Figura 7 podemos observar las puntuaciones individuales en los ejercicios de cálculo de los exámenes y cómo podemos advertir, las evaluaciones tienen una cierta correlación con las evaluaciones observadas en las herramientas de cálculo. De hecho, nuevamente los grupos 2 y 5 obtienen mejores calificaciones que sus compañeros.

## 5. DISCUSIÓN

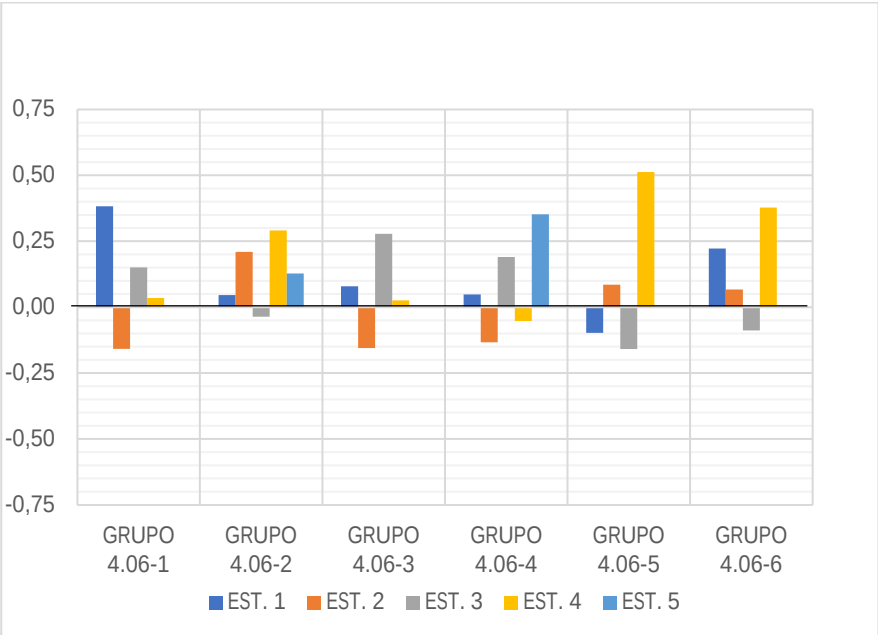
La discusión la realizaremos mediante el análisis de resultados en función de las valoraciones de las herramientas de cálculo otorgadas por los compañeros, los resultados obtenidos en los ejercicios de cálculo del

examen y también compararemos las puntuaciones obtenidas en los exámenes prácticos en cursos anteriores.

### 5.1. Análisis de respuestas

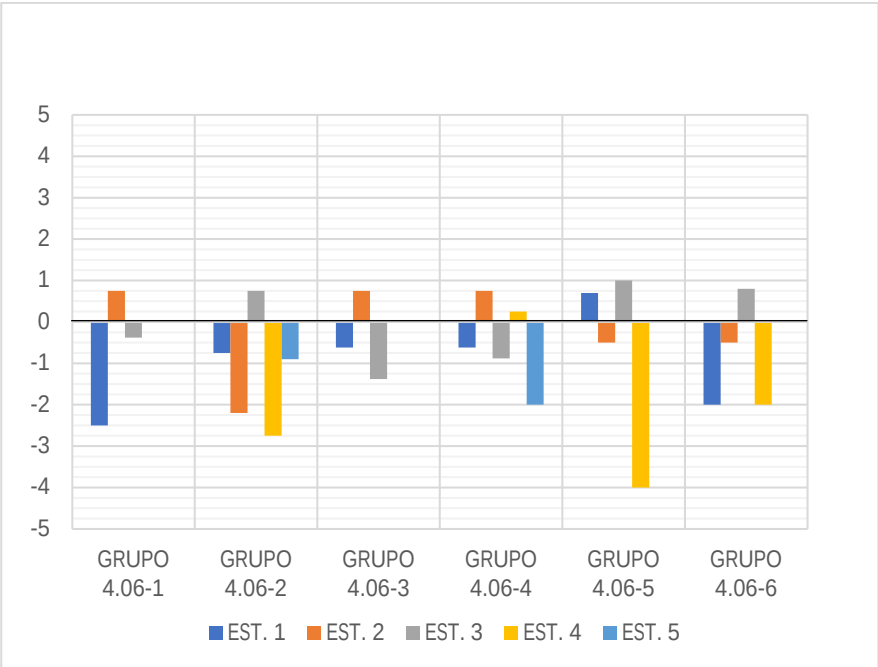
En primer lugar, se analiza la desviación relativa de las puntuaciones de los estudiantes en los ejercicios de cálculo con respecto a la valoración de las herramientas de cálculo. Como podemos observar, ésta es inferior a 0,50 puntos en todo caso, arrojando un promedio de 0,13 puntos ( Figura 8).

***FIGURA 8:*** *Desviación relativa del ejercicio de cálculo sobre la valoración de herramienta. Evaluación individual por estudiante*




Esto quiere decir que la variación de la nota obtenida en el examen con respecto a la puntuación de las herramientas de cálculo no excede de un 13 %. Tenemos por tanto una convergencia muy notable entre los resultados del examen y el esfuerzo dedicado a los procedimientos de cálculo.

***FIGURA 9:*** *Desviación absoluta del ejercicio de cálculo sobre la valoración de herramienta. Evaluación individual por estudiante*



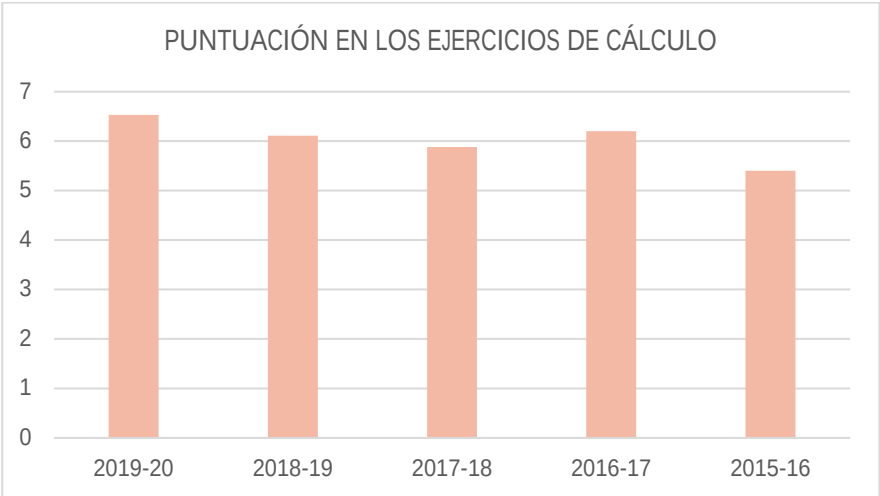

Analizando en segundo lugar la desviación absoluta de los promedios es de -0,70 puntos, aunque aparecen una serie de casos excepcionales como se puede observar en el gráfico. Las puntuaciones de los ejercicios de cálculo son en general más bajas que las valoraciones de las herramientas, debido a su mayor dificultad y al hándicap de ser ejercicios individuales y no contar con el apoyo del trabajo en grupo ( Figura 9).

### 5.2. Comparativa de calificaciones

Finalmente, el último punto de discusión es el análisis de la puntuación promedio absoluta comparándola con los resultados de años anteriores en la misma asignatura en la que no se desarrolló este procedimiento de aprendizaje que conocemos como *tool learning*. Como podemos observar en el curso 2019-2020, curso en el cual se llevó a cabo la aplicación de esta experiencia, la puntuación promedio ascendió a 6,53, la más alta

en los últimos cinco cursos de la misma asignatura, un 11% superior al promedio de dichos cursos. Además no se aprecia una tendencia ascendente en estos cursos anteriores que pudiese justificar dicho incremento ( Figura 10).

***FIGURA 10:*** *Puntuación en los ejercicios de cálculo. Promedio de todos los estudiantes presentados por curso*




## 6. CONCLUSIONES

El desarrollo de las herramientas de cálculo en grupos de estudiantes ha demostrado una correlación entre la utilidad de las herramientas desarrolladas y las puntuaciones en los ejercicios de cálculo. Como advertimos anteriormente en la discusión con una divergencia relativa no superior al 13%.

Los grupos con mejores resultados en las evaluaciones de las herramientas han obtenido también mejores resultados en las pruebas prácticas de cálculo de los exámenes, habiéndose comprobado una relación directa entre ambos ítems.

Cabe apuntar que en comparación con cursos anteriores, las puntuaciones de los ejercicios de cálculo han ascendido un 11% sobre el promedios de los últimos cuatro años.

Con este procedimiento se alcanzan las competencias suficientes para que los estudiantes alcancen la aptitud de aplicar las técnicas aplicadas en su labor profesional, mediante la resolución de problemas, la capacidad de interpretar datos para obtener información utilizable y útil y la capacidad de analizar y evaluar la consistencia de los razonamientos.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Dado que esta experiencia es una actividad de innovación docente, es indispensable en este ámbito agradecer la buena disposición del alumnado con el que se ha realizado la experiencia.

A la entidad de recursos audiovisuales y nuevas tecnologías de la Universidad de Sevilla, por actuar como plataforma de divulgación de los recursos educativos abiertos generados para la realización de esta experiencia.

También a la financiación del IV Plan Propio de Docencia de la Universidad de Sevilla Modalidad A Convocatoria de Apoyo a la Coordinación e Innovación Docente–2022/2023 y al Contrato de Acceso del VI Plan Propio de Investigación de la Universidad de Sevilla.

# 8. REFERENCIAS


Aguilar, M.J., Idáñez, M.J.A., Ander-Egg, E. (1997) *El trabajo en equipo*. Colección Hvmanitas 2000. Serie Intervención social. Lumen-Humanitas.

Bain, K. (2004). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicacions de la Universitat de València.

Cacheiro, M.L. (2011). *Recursos educativos TIC de información, colaboración y aprendizaje*. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 39, 69-81.

Finkel, D.L. (2000) *Teaching with Your Mouth Shut*. Boynton/Cook Publishers.

Goleman, D. (2008) *Inteligencia social: La nueva ciencia de las relaciones humanas*. Colección Ensayo nº1. Kairós.

Márquez, C. (2018). *La metodología de «Aprendizaje basado en problemas» para la enseñanza de la asignatura «Economía mundial»: el mito del Desarrollo y el Crecimiento Económico Infinito*. Jornadas de Formación e Innovación Docente del Profesorado. Editorial de la Universidad de Sevilla.

Martín del Pozo, R. Pineda, J.A. y Duarte, O. (2017). *La formación docente del profesorado universitario*. *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 23- 31). Morata.

Morata.Mascort-Albea, E.J. (2014). *Estrategias para incentivar la participación del alumnado en asignaturas técnicas universitarias mediante el uso de TIC*. En I Jornadas de Docencia Universitaria (221-232), Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias de la Educación.

Mora, F. (2013). *Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza.

Rivero, A. y Porlán R. (2017). *La evaluación en la enseñanza universitaria*. *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (pp. 73- 91). Morata.

Quindt, N. (2018) *La Genialidad Se Aprende: Pensamiento Creativo e Innovación*. Independently Published.

Sevillano M. L., Vázquez E. (2021) *Gamificación en el aula*. McGraw-Hill/Interamericana de España.

# LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO EN HISTORIA, A TRAVÉS DE MODELOS ESPACIALES

PEDRO TRAPERO FERNÁNDEZ
*Universidad de Cádiz*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las distintas ciencias tienen metodologías creadas por y para la demostración de hipótesis y la comprobación empírica de resultados. Esto es cierto para las denominadas como ciencias puras, pero no tanto para otras como las que derivan de las Humanidades. En la rama de Historia, es muy difícil demostrar las hipótesis empíricamente, ya que no podemos hacer un test en el pasado, sino que tenemos que tener un umbral de incertidumbre siempre más alto. En este capítulo queremos debatir sobre el uso que se hace de modelos espaciales, transferidos desde otras disciplinas científicas como es la geografía, pero también los estudios ambientales, ingeniería civil, y otra serie de ciencias donde se usan Sistemas de Información Geográfica (SIG). Si observamos detenidamente la deriva que toma la ciencia histórica, cada vez hay más "prestamos" de metodologías de otras ciencias, bien de forma auxiliar como pueden ser las analíticas de todo tipo, o integradas en el propio proceso histórico de resolución de problemáticas, como son los espaciales.

Los SIG son herramientas muy importantes en los estudios actuales. Se trata no solo de un motor desde donde poder realizar cartografía, sino análisis espaciales. Ahora bien, a nivel educativo todavía estamos lejos de lograr que estén bien integradas en los planes de estudio. A su vez, suelen tener gran potencial de transferencia a otros ámbitos fuera del académico, especialmente en la divulgación y gestión de cuestiones patrimoniales.

Ahora bien, hablamos de modelos espaciales, pero ¿qué entendemos por modelo? Un modelo es una aproximación teórica que explica una

realidad, siendo especialmente útil para la Historia, ya que no podemos crear modelos empíricos que muestren como era el pasado, ¿o sí podemos? El modelado SIG espacial nos permite aproximarnos a todo un mundo de herramientas desconocidas para muchos Historiadores, pero con potencial para investigar, transferir y enseñar.

Por tanto, en este capítulo vamos a plantear el paradigma actual en estos modelos, partiendo de los que son aplicados, para detenernos en cómo funcionan los históricos, poner ejemplos de su uso a través de casos propios y debatir la importancia que tiene conceptualmente trabajar con herramientas espaciales para responder preguntas históricas, que, de otra forma, difícilmente podríamos llegar a plantear.

Nos centraremos en un caso de estudio como son los análisis de movilidad, que permiten predecir los tiempos y esfuerzos que una determinada sociedad dedicaba para transportar objetos y personas.

## 2. OBJETIVOS

El principal objetivo es analizar la aplicación de modelos espaciales en Historia, para ver cómo se están realizando, los posibles usos que tiene y especialmente debatir sobre su correcta utilización. Para ello se analiza la transferencia de contenidos desde otras ciencias y disciplinas, los distintos modelos históricos que se están realizando, mediante casos de estudio propios y finalmente se debate sobre la implementación y potencial de modelos teóricos espaciales en el futuro de la investigación y docencia.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Modelos históricos

Un modelo teórico es una representación de la realidad que hacemos para poder entender cuestiones complejas o que no son fácilmente visibles. Estos pueden ser comprobados o no, en cuyo caso dejan de ser simples modelos para establecerse como una visión aceptada en la investigación. Por ejemplo, la tectónica de placas no ha podido ser empíricamente comprobada de manera directa, visualizando como se es el movimiento del magma. Sin embargo, se parte de un modelo teórico que

nos permite comprender una realidad y a la que, en base a muchos casos prácticos donde se hacen comprobaciones empíricas, refuerzan el modelo.

La Historia se complementa con toda una serie de ciencias auxiliares, que no son más que disciplinas en las que se puede analizar cuestiones concretas que sirven como fuentes de información. El historiador es el que analiza los datos de todas estas fuentes, pero no tiene, en un principio, que conocer la metodología específica para poder entender todas ellas. Es por ello por lo que existen especialistas de cada una de estas líneas, como pueden ser la etnografía, antropología, geografía, arqueología, paleografía, numismática, diplomática, iconografía, etc.

Para Historia, los modelos no pueden ser realmente comprobados directamente, pues son contadas las veces que podemos tener certeza absoluta de alguna cuestión. En relación con otras ciencias, el método no es menos riguroso en las herramientas y cautelas pertinentes, simplemente el umbral de incertidumbre es mayor. Generalmente partimos de modelos que podríamos decir como tradicionales, consistentes fundamentalmente en un análisis exhaustivo de las fuentes primarias o secundarias, como son las literarias o arqueológicas. Por tanto, el investigador tiene que conocer perfectamente el dato que está estudiando. Estas cuestiones se tornan difícil de demostrar, ya que la información puede ser interpretada y las herramientas para hacerlo generalmente son las propias de otras fuentes con la misma dificultad. Por ejemplo, podemos aceptar un modelo en el que la economía romana funciona fundamentalmente en forma de mercado, oferta y demanda, frente a una visión administrada desde el Estado. Esta idea se sustenta en una serie de fuentes, fundamentalmente literarias, que depende mucho de la interpretación, siendo difícil dilucidar realmente cuál es la visión correcta. Las posibles comprobaciones empíricas son muy escasas y generalmente secundarias. Por tanto, en este tipo de modelo tradicional, se trata de visiones teóricas que acaban siendo parte de la historiografía y es el devenir del tiempo con los nuevos datos que permiten mantener o desechar estos preceptos. Hay que hacer notar que a veces se han y se construyen visiones en base al prestigio o renombre del investigador, dado que el criterio de autoridad sigue teniendo mucho peso.

Otro tipo de modelos históricos que podemos encontrar, suelen ser los que podemos denominar como temáticos, es decir que siguen líneas de interés en un momento dado como puede ser actualmente la visión del paisaje, minorías, genero, economía, etc. Los modelos que vienen desde estas nuevas aproximaciones cambian el foco o centro de la investigación, permitiendo que el análisis de unos resultados muy interesantes. Ahora bien, es verdad que se tratan de visiones muy cambiantes, ya que suelen estar asociadas de determinadas condiciones, como son las necesidades del momento o incluso las políticas e intereses económicos. En general, estos modelos pueden tener una visión como los tradicionales, siendo más interesantes para ver cuestiones que antes quedaban ocultas. Sin embargo, pueden ser visiones compartimentadas, que entiende la realidad histórica desde una óptica, por lo que se puede incurrir en errores al no ver el conjunto.

En tercer lugar, podríamos tenerlos modelos históricos tecnificados. Estos son el aparente futuro de los análisis históricos, pues nos permiten conocer datos reales empíricos mediante los cuales tenemos la certeza de algo, sin cuestión de opinión. En general, podrían ser todos los modelos históricos en los que utilizamos como base los datos analíticos realizados con cualquier herramienta. En el punto positivo se trata de un avance muy importante, como puede ser el conocer la cronología específica de las cosas. Sin embargo, suele primar más el uso de la herramienta frente al análisis histórico. Es decir, en un modelo tecnificado, muchas veces la pregunta histórica que nos planteamos está supeditada a las cuestiones técnicas o de capacidad de la herramienta o análisis realizado, a veces siendo un fin en sí misma y no un proceso empírico para comprobar un modelo teórico.

Es en este tercer grupo donde podemos englobar a los SIG, dado que son herramientas espaciales que nos permiten generar modelos históricos. Ahora bien, no podemos utilizarlos como un fin en sí mismos. No es raro ver artículos científicos donde hay mapas muy bonitos, con una serie de análisis espaciales realizados, que si los analizamos en detalle no aportan o concluyen nada significativo para la hipótesis que se trabaja. Esta aparente demagogia hay que tenerla en cuenta e intentar huir de

ella, entendiendo que el SIG es una ventana donde hacer comprobaciones empíricas de un modelo histórico.

Por tanto, el proceso ideal para realizar un modelo histórico espacial partiría de definir una pregunta. Existen publicaciones especializadas sobre estas buenas prácticas (Grau, 2006; Sarris, 2015; Mayoral et al., 2016). Normalmente partimos de ver si tenemos datos para la pregunta que queremos contestar, si no tenemos los datos, pero podemos conseguirlos o, si esos datos no están disponibles. En los dos primeros casos pasamos a una segunda fase donde pensamos que elementos de los que queremos analizar pueden ser representados en el espacio y es aquí donde entra el conocimiento técnico de la herramienta, que me permitirá o no realizar el cálculo en cuestión. El proceso que hacen las personas que empiezan con esto es, al contrario, encuentran una herramienta que se pueden aplicar a Historia y ven que resultados les puede dar para plantear preguntas históricas.

### 3.2. Uso de modelos espaciales de movilidad

Desde el punto de vista metodológico la aplicación de un modelo espacial histórico trata de realizar la correspondencia entre el espacio y el cambio que queremos investigar. Por ejemplo, un modelo espacial podríamos verlo en la gestión urbana como puede ser de temas de residuos, abastecimiento, transporte, etc. Con los SIG generamos una aproximación teórica a cómo va a ser la práctica que nos permita simular el cambio.

Para la Historia tenemos que partir de una precaución ya que el espacio en el pasado pudo haber sido distinto al actual. Es por esto que muchas veces estos modelos son vistos como aproximaciones poco fiables a la realidad. Ante ello, usamos condicionantes que consideramos como parámetros de nuestro estudio y que analizamos si son iguales o distintos. Además, tenemos la propia percepción del ser humano, algo difícil de mensurar cuantitativamente, complicando todavía más el proceso. Por tanto, condicionantes y mentalidad es la base para poder tener cualquier análisis espacial para Historia.

De un lado requerimos conocer el espacio sea el estudio que sea. Generalmente el cambio en el tiempo para un análisis histórico depende del lapso que haya pasado y del nivel de información que tengamos. Por ejemplo, la topografía general, no ha cambiado mucho salvo contadas excepciones para época histórica. Sin embargo, cuestiones como el uso del suelo o las áreas de bosques son muy difíciles de determinar, ya que se han producido importantes cambios antrópicos de deforestación. Igualmente, determinados eventos naturales, como son los terremotos y temporales han podido modificar de manera difícilmente previsible el espacio. Identificar cuales factores son relevantes para nuestro estudio y el nivel de fiabilidad de los mismos, es la base para poder realizar cualquier análisis fiable.

Por otro lado, la mentalidad, requiere del conocimiento histórico del momento en concreto. Generalmente podemos acceder a ella gracias a las fuentes escritas, que nos dan parte de la visión de la época que sea. Por supuesto hay que entrar en todo un plano de interpretación, pero esto genera la información básica que podemos aplicar a nuestro modelo histórico.

Todo esto resulta muy teórico, por lo que aplicaremos un caso de estudio a la práctica que permita al lector comprender como funcionan estos modelos teóricos tecnificados con SIG.

Consiste en casos que hemos venido desarrollando en varios artículos (Trapero, 2021a) donde tratamos estas cuestiones de los modelos teóricos aplicados a la historia para la cuestión de la movilidad. Esto consiste en analizar cómo se desplazan objetos, animales o personas por el espacio, lo cual nos permite conocer datos de interés para nuestros análisis.

En general, este tipo de aproximaciones utilizan herramientas de cálculo de coste integradas en los SIG como Arcgis o Qgis. Generalmente se basan en crear una capa de datos con limitadores de la movilidad, generalmente la pendiente del terreno y al que se aplica un algoritmo que transforma esta limitación en un valor de interés, como puede ser el tiempo o energía de desplazamiento (Tobler, 1993). Analizamos en el apartado de resultados la aplicación de la movilidad como modelo espacial, a modo de ejemplo de cómo se realizan este tipo de estudios.

## 4. RESULTADOS

Como caso de estudio analizamos los modelos de movilidad utilizados en Historia y especialmente Arqueología. No tiene sentido entrar en los pormenores técnicos, así como la propia metodología de investigación por lo que remitimos a una bibliografía actualizada, además de las antes citadas (White, 2015; Verhagen, 2018).

Nos interesa analizar la transferencia de conocimiento que se aplica en este tipo de estudios. Las herramientas de análisis de movilidad están pensadas fundamentalmente para comprender el tiempo o energía que demora una persona en atravesar o llegar a un punto. Su origen lo tenemos precisamente en el interés por saber estos datos de cara a los soldados en campaña. Actualmente su uso se realiza sobre todo en análisis que tienen que ver con movimiento de personas, animales o mercancías, en áreas muy diversas como puede ser la gestión natural o redes de transportes.

Para Historia, la utilidad más conocida es el del camino óptimo, que permite saber cuál sería el corredor ideal entre dos puntos dados. Con ello podemos saber cuál sería la conexión más fácil entre dos ciudades, sin saber cómo era el viario antiguo. Igualmente se usa la representación de isócronas en tiempo, que son anillos de un tiempo dado que nos permite de forma visual ver cuál es el lugar más accesible (Verhagen, 2018).

Estas aplicaciones son muy interesantes para entender preguntas históricas como puede ser el mejor camino entre dos puntos, dados, pero su potencial no acaba ahí. Desde el punto de vista del paisaje y sobre todo el territorio, la distancia, tiempo, velocidad o energía que se utiliza en la movilidad son parámetros que nos pueden permitir analizar otras cuestiones.

En concreto hemos desarrollado varios modelos donde analizamos estas cuestiones de interés en el medio terrestre (Trapero, 2021b) y marítimo (Trapero y Aragón, 2022). En ellos analizamos la forma en que se usan estas herramientas, para generar modelos históricos. Sin entrar en detalle, podemos decir que generalmente se tiende a estar limitado por la herramienta, de forma que esta es la que condiciona el cálculo y no la pregunta histórica. Concretamente, en los análisis de movilidad en época histórica, generalmente solo se considera la terrestre, cuando en la

mentalidad pasada sería muy posible considerar otras vías de comunicación como era la fluvial o marítima. Sin embargo, utilizarlas todas en un mismo modelo es complejo, de ahí que generalmente los estudios no las utilicen.

Ahora bien, el potencial de este tipo de herramientas para modelos históricos es muy grande. Nosotros no podemos utilizar solamente la aplicación que nos ha sido dada desde otras ciencias, puesto que su uso está limitado. En su lugar hay que pensar cómo utilizarlas y modificarlas.

Cualquier estudio histórico tiene que ver con el espacio, aunque en menor medida se pueda ver en cuestiones de cultura o religión, donde están las personas, hacia donde van, lo lejos o cerca que se encuentra un sitio o lo costoso que es mover o traer determinados productos, son parte inherente de cualquier estudio. Conociendo los espacios y teniendo la mentalidad podemos entender buena parte de estas realidades.

En concreto presentamos una posible aplicación de este tipo de herramientas al estudio histórico, que ha sido introducida en una publicación anterior (Trapero, 2021a). Se trata de un enfoque en el que no nos interesa en sí conectar espacios, sino saber el tiempo que se tarda en ir y volver desde ellos. Se trata de una aplicación al mundo rural de época romana, donde podemos comprender lo que demora para un trabajador desplazarse hasta su lugar de trabajo. Si conocemos la mentalidad y sabemos por las fuentes las diversas actividades económicas, podemos asociar este tipo de usos a determinados espacios.

Necesitamos de generar un mapa de fricción en el que consideremos los límites naturales existentes, como pueden ser los arroyos y ríos en base a las pendientes del terreno. Generalmente se pueden incluir otros valores como es la vegetación o las vías de comunicación, pero hay que tener cuidado, dado que muchas veces no sabemos cómo eran estas zonas boscosas en época antigua ni conocemos con detalle las vías de comunicación. Erróneamente se suelen usar capas de vegetación y vías pecuarias, algo cierto quizás para época moderna en adelante, pero tan atrás en el tiempo.

Respecto a las actividades económicas, tenemos la visión teórica a través de los agrimensores. Para el caso de estudio sabemos que hay determinadas acciones que requieren personal cualificado o más constante en

el tiempo, como es el cuidado de una viña, frente a los cultivos cerealísticos que apenas requieren atención al año. Las huertas suelen estar muy cerca de las casas, mientras que las colmenas no. Determinados animales suelen estar junto a las dependencias, mientras que otros rebaños suelen ocupar espacios de dehesa que puede estar más alejada. En definitiva, tenemos en la teoría de la mentalidad agrícola y ganadera de estos momentos una serie de condicionantes que podemos aplicar.

Un análisis de movilidad puede ayudarnos a entender estas cuestiones, siempre que seamos capaces de trasladar las recomendaciones antiguas a parámetros actuales. El hecho de utilizar una herramienta de este tipo nos va a dar un resultado que nos permite, de forma teórica, situar determinados aprovechamientos económicos a distancias de los centros de producción, algo que después puede ser asociado con otras fuentes como son los estudios geológicos o edafológicos, que fácilmente nos pueden decir la viabilidad de las mismas. Además, con esta aproximación tenemos unas líneas alrededor de las villas que se adaptan al terreno, con lo cual es realista en cuento al esfuerzo de desplazarse, algo que es difícil de ver.

Una última aplicación que tendría este mismo modelo, sería delimitar los espacios agrarios, ya que podemos hacer el análisis entre varios centros de producción. De esta forma se pueden analizar espacios útiles de un determinado centro, quedando áreas más lejos de todos. Finalmente, estos espacios son muy interesantes, dado que podemos pensar que se traten de vacíos de investigación o de otros aprovechamientos.

## 5. DISCUSIÓN

En los resultados hemos visto la aplicación de un modelo espacial histórico a través de herramientas de movilidad. A este ejemplo se le podrían sumar muchos otros, que utilizan diversas aplicaciones y que se pueden interconectar entre ellas con facilidad.

Por supuesto, estamos analizando un modelo teórico, que, si bien no es la realidad, pretende resumirla. Lo bueno de estas aproximaciones es que cuando se hace un análisis SIG, podemos reproducir el mismo experimento todas las veces que queramos modificando parámetros. También nos permite una cierta comprobación, dado que si, por ejemplo,

hemos detectado zonas aparentemente vacías y vemos que realmente lo son, se trata de un dato nuevo.

Creemos que esta es la principal aplicación que tienen estos modelos históricos, dado que podemos a través de ellos llegar a nuevos datos. No es que sean una fuente de información en sí, sino que nos ayudan a ver las cosas desde otra perspectiva.

En este capítulo hemos visto un ejemplo específico, para comprender las problemáticas internas, pero queremos debatir de forma más amplia la cuestión de la transferencia entre ciencias para historia. Pensamos que en la actualidad hay grandes prestamos de técnicas y herramientas entre disciplinas científicas, donde se utilizan sin mucho filtro. La cuestión es que siempre debe ser la pregunta histórica la que lidere el análisis y no la herramienta en sí.

Esto está muy relacionado con el uso de las nuevas tecnologías como son las TIC, dado que son varias las problemáticas. Por un lado, tenemos una sociedad cada vez con mayor tecnología, pero en la que el conocimiento de su funcionamiento es menor. La mayoría tienden a ser cada vez más sencillas de usar, algo que dificulta que su aplicación pueda ser la ideal. Por otro, estamos en mundo cada vez más rápido, lo cual también dificulta que las personas acaben adquiriendo el conocimiento adecuado. En el caso de los SIG, la curva de aprendizaje es muy grande, siendo relativamente sencillo hacer un análisis simple, pero muy complejo poder llegar a niveles superiores. Sería interesante la creación de páginas web que democraticen estas aplicaciones, como puede ser el caso del proyecto Orbis (Scheidel y Meeks, 2022). La reación de recursos especialmente diseñados para la docencia tendría que ser una prioridad de acceso abierto (TIC, 2020).

Por todo ello, pensamos que la transferencia de conocimiento de técnicas de ciencias a la Historia se ha hecho desde los científicos, que de forma general han visto una oportunidad en los estudios históricos, o bien, han sido los historiadores los que han preguntado sobre cómo se puede hacer algo concreto. En cualquiera de los dos casos, la metodología y herramientas han sido dirigidas desde personas ajenas a las preguntas históricas. Claro está que esto no es un problema en origen, ni es

criticable las personas que fueron pioneras en todo esto. El problema aparece cuando nuevas generaciones quieren utilizar estas aplicaciones, sin tener la pregunta histórica, ni el conocimiento técnico para ello.

Por tanto, es muy importante que seamos los propios historiadores los que adapten estas herramientas y busquen que preguntas históricas quieren responder, para después mirar a la aplicación práctica.

Respecto a los modelos teóricos, la visión más actual tiende a ser críticos con ellos, dado que no son datos "reales". Sin embargo, a veces el umbral de incertidumbre de los estudios históricos es muy grande y el hecho de aplicar un análisis, cuyo fundamento es matemático, resulta un criterio más eficaz. Esto podría ser útil no solo para dirimir cuestiones historiográficas que están sin resolver, sino permitir criterios comunes para compartir información, ambas cosas servirían mucho para el avance científico.

Sin embargo, las personas más reticentes podrían decir, con razón, que este tipo de aproximaciones no son más veraces, dado que en última instancia somos nosotros, seres humanos, los que otorgamos un determinado valor a las cosas. Siguiendo el ejemplo de movilidad, el análisis sería radicalmente distinto si en vez de tener isócronas en lapsos de una hora lo limito a menos. A pesar de ello, con este tipo de análisis estamos más cercanos a unos criterios comunes que permitan entender la realidad histórica del momento y en su caso, las diferencias regionales o locales.

Respecto a la cuestión del criterio, ciertamente hay veces que el historiador tiene que incluir cosas que son cualitativas con valores cuantitativos. En general se basa en la experiencia y conocimiento del investigador, pero eso implica que el análisis puede ser diferente.

Sin embargo, esta es una cuestión que ya han tenido otras ciencias antes y cuya metodología podría trasladarse (Saaty, 1994). En concreto se trata de metodologías de toma de decisión mediante análisis multicriterio. En ellos se utiliza un método estadístico para determinar cuál es la mejor opción a través de una serie de criterios dados. Su aplicación es muy sencilla, prácticamente tenemos que delimitar la pregunta, definir unas alternativas y establecer criterios distintos de análisis para cada una de ellas. Lo realmente interesante de esto, es que podemos trasladar criterios cualitativos a cuantitativos, de forma que la opinión personal del

historiador ya no tiene peso y un tercero puede comprobar rápidamente cuales han sido los pesos indicados, haciendo el proceso mucho más científico, veraz y reproducible.

## 6. CONCLUSIONES

En este capítulo hemos visto que existe una importante transferencia de conocimiento desde las ciencias a la Historia, generando principalmente ciencias auxiliares. Actualmente estamos integrados dentro de este proceso, pero a veces se incurre en errores dado que no es la pregunta histórica la que impera, sino la propia herramienta. Se ha analizado el caso de los Sistemas de Información Geográfica, en el caso de la movilidad para realizar modelos espaciales. Estas aproximaciones permiten ver desde otra óptica preguntas que antes difícilmente tendrían solución, siendo su potencialidad todavía muy alta. En concreto se puede lograr un importante avance en la investigación si se siguen incorporando herramientas como el análisis multicriterio, siempre liderado desde la pregunta histórica. Finalmente, se ha visto un problema en la educación de estas herramientas, bien por el cambio de sociedad, bien por la gran curva de aprendizaje, que hacen que en muchos casos se reproduzcan mal.

## 8. REFERENCIAS


Grau, I. (2006). La aplicación de los SIG en arqueología del paisaje. Universidad de Alicante, Alicante.

Mayoral Herrera, V., Parcerro Oubiña, C. y Fábrega Álvarez, P. (eds.) (2016). Archaeology and Geomatics. Harvesting the benefits of 10 years of training in the Iberian Peninsula (2006-2015).

Saaty, T.L. (1994). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications.

Sarris, A. (Ed.) (2015). Best Practices of GeoInformatic Technologies for the Mapping of Archaeolandscapes. Archaeopress Archaeology.

Scheidel W. y Meeks, E. (2022). ORBIS. The Standord Geospatial Network Model of the Roman World. Recuperado de https://orbis.stanford.edu/.

TIC (2020). Recursos para los docentes TIC. Recuperado de https://ticeducacion.com/.

Tobler, W. (1993). Three presentations on geographical analysis and modeling: non-isotrophic geographic modeling; speculations on the geometry of geography; and global spatial analysis. Technical Report, 93-1.

Trapero Fernández, P. (2021a). La viticultura romana en el estuario del Guadalquivir. Las prácticas de cultivo, producción, distribución y modelado SIG en la colonia Hasta Regia. BAR International Series. S3022.

Trapero Fernández, P. (2021b). Mobility in Ancient Times: combining land and water costs. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 22.

Trapero Fernández, P. y Aragón Núñez, (2022). Modelling Cabotage. Coastal Navigation in the Western Mediterranean Sea During the Early Iron Age. Journal of Archaeological Science. Reports, 41.

Verhagen, P. (2018). Spatial Analysis in Archaeology: Moving into New Territories BT. En: C. Siart, M. Forbriger y O. Bubenzer (eds.), Digital Geoarchaeology: New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research, Springer International Publishing, pp. 11-25.

White, D.A. (2015). The Basics of Least Cost Analysis for Archaeological Applications. Advances in Archaeological Practice, 3(4).

# USE OF MOLECULAR MODELS FOR LEARNING INORGANIC CHEMICAL FORMULATION: A PILOT STUDY IN 11TH AND 12TH GRADE

BARTOLOMÉ PIZÀ-MIR
*i-DEA. Investigación Didáctica y Estudios curriculares Avanzados.*
*Universidad Pontificia Comillas*

## 1. INTRODUCCIÓN

It is reasonable to think that the use of molecular three-dimensional chemical models can help the learning process of chemistry because it is a very abstract science (Pozo & Gómez-Crespo, 1998).

A chemical compound is a chemical substance composed of many identical molecules composed of atoms from more than one element held together by chemical bonds. A molecule consisting of atoms of only one element is therefore not a compound.

There are four types of compounds, depending on how the constituent atoms are held together:

- molecules held together by covalent bonds
- ionic compounds held together by ionic bonds
- intermetallic compounds held together by metallic bonds
- certain complexes held together by coordinate covalent bonds.

A covalent bond, also known as a molecular bond, involves the sharing of electrons between two atoms. Primarily, this type of bond occurs between elements that fall close to each other on the periodic table of elements, yet it is observed between some metals and nonmetals. This is due to the mechanism of this type of bond. Elements that fall close to each other on the periodic table tend to have similar electronegativities, which means they have a similar affinity for electrons. Since neither element has a stronger affinity to donate or gain electrons, it causes the elements to share electrons so both elements have a more stable octet.

Mateo González & Martínez Peña (2013) and Álvarez Rodríguez (2007) shown that learning-science activities focused on working on the development of spatial vision where geometry plays a key role on the development of cognitive processes has proven to be effective in improving learning abilities in different kind of sciences suchs as biology (Móndelo and Martínez, 1994).

We highlight the three main factors that difficult to learn about covalent bonding and formulation:

- Level of abstraction of chemical concepts (Lemke, 2006; Pozo and Gómez-Crespo, 1998).
- The vocabulary (terminology) used during the sessions to make a correct association between them (Perales-López and Romero-Barriga, 2005).
- The didactic transposition of science concepts that need a teacher to the acquisition of content (Cáredenas, 2006; De Posada, 1999; Solarte, 2006).

A chemical formula specifies the number of atoms of each element in a compound molecule, using the standard abbreviations for the chemical elements and numerical subscripts is a way of expressing information about the proportions of atoms that constitute a particular chemical compound, using the standard abbreviations for the chemical elements, and subscripts to indicate the number of atoms involved. For example, water is composed of two hydrogen atoms bonded to one oxygen atom: the chemical formula is $H_2O$.

Already since the 90s, Kim-Chwee and Treagust (1999) and De Posada (1999) have shown that the didactics of chemistry and chemical covalent bond presents difficulty for understand to students and this fact continues in the 2000s with the studies of Riboldi, Pliego & Odetti (2004).

## 2. AIM

The aim of this pilot test is to test the possibility that the use of molecular models is an effective resource for teaching and learning the basics of chemical formulation.

## 3. MATERIAL AND METHODS

### 3.1. PARTICIPANTS

The pilot test was carried out by collecting the information during during 2018-2021 academic period in 315 students in six differents schools of Majorca (Balearic Islands, Spain). Two groups were held over the two years, one control (CC, control condition where chemical formulation was taught using the traditional method and another group in which the molecular models were used to learn chemistry (Exp, experimental condition). The regular language of these students was Catalan, so they are taught here how to use molecular models in both languages (English and Catalan).

### 3.2. CURRICULAR CONTENT

Below are the curricular contents evaluated according to current educational regulations, the LOMCE (Organic law for the improvement of the quality of education, *Ley orgánica de la mejora de la calidad de la educación* in spanish)

1. Interpret the ordering of the elements of the periodic table
2. Learn how atoms join to form compounds
3. Formulate and name chemical composts according to IUPAC regulations (prefixes and stock)
4. Relate the properties of an element with its position to the periodic table and its electronic configuration
5. Group the elements by families/representative groups
6. Interpret the different link types, octet rule, Lewis structure and prediction of molecular geometry
7. Name and formulate ternary composts according to the IUPAC recommendations

### 3.3. Material, Explanation and learning

The molecular model kit used for this experiment was the DLS-1032, that can be purchased for less than €4 online in online stores, such as https://es.aliexpress.com/item/2033847145.html

For the formulation of the compounds the following instructions were given:

1)Finding the formula

- The element that is furthest to the right in the formula is the main element and determines the type of compound and therefore its name (oxide in the case of oxygen, hydr*ide* in the case of hydrogen, and so on with the rest of the compounds).
- The other element is the secondary
- The subscripts indicate how many atoms of that element are in the compound (prefixes).

2)Finding the name of compounds:

In the case of having the 3D representation with molecular models (with more than 3 atoms) the central element indicates the secondary element. In case there are only 2 atoms in the molecule (look in the periodic table for the most electronegative element (upper and more to the right) as it shown in the figure 1.

***Figure 1.*** *Material used during the study (DLS-1032 molecular model)*

Inorganic molecular compounds are named with a before each element. The more electronegative element is written last and with an -ide suffix. For example, H2O (water) can be called dihydrogen monoxide. Organic molecules do not follow this rule. In addition, the prefix mono- is not used with the first element; for example, SO2 is sulfur dioxide, not "monosulfur dioxide". Sometimes prefixes are shortened when the ending vowel of the prefix "conflicts" with a starting vowel in the compound.

In the systematic nomenclature (prefixes) the prefixes *mono-, di, tri-* are used to indicate the number of atoms of each element in the compound, consequently counting the number of atoms of each type, we can deduce which is the name of the compound using the following rule:

*In catalan language*

Prefix (mono, di, tri)+ type of compound (main element -ur, or òxid if the main element is oxygen) + de + secondary element: **Triòxid de sofre**

*In spanish language*

Prefix (mono, di, tri)+ type of compound (main element -uro, or óxido if the main element is oxygen) + de + secondary element: **Trióxido de azufre**

*In english language*

[Prefix (di, tri)+ secondary element] + [ prefix (mono, di, tri)+type of compound (main element + -ide)]: **Sulfur Trioxide**

In the case of systematic nomenclature, the number indicated in parentheses refers to the valence (or oxidation number) of the secondary element, in this case, sulfur.

Observing the 3d-model we see that sulfur (yellow) has 6 "pins" with which to form bonds, therefore in this case simply by counting the pins we know what its oxidation number is, and thus write correctly in the stock nomenclature as the following rule:

*In catalan language*

Prefix (mono, di, tri)+ type of compound (main element -ur, or òxid if the main element is oxygen) + Secondary element + (oxidation number as roman numbers = number of pins): **Òxid de sofre (VI)**

*In spanish language*

Prefix (mono, di, tri)+ type of compound (main element -uro, or óxido if the main element is oxygen) + Secondary element + (oxidation number as roman numbers = number of pins): **Óxido de azufre (VI)**

*In english language*

Secondary element + (oxidation number as roman numbers = number of pins) + type of compound (main element + -ide): **Sulfur (VI) oxide**

## 4. RESULTS AND DISCUSSION

As observed both in figure 2 (11th grade) and in figure 3 (12th grade) there is a significant difference in the results of the tests (mean of both schools) and evaluated items. The number of items refers to the curricular outcomes described in the material and methods section.

***Figure 2.*** *Comparison of results between the control condition (CC) and the use of molecular models (Exp) in 11th grade*

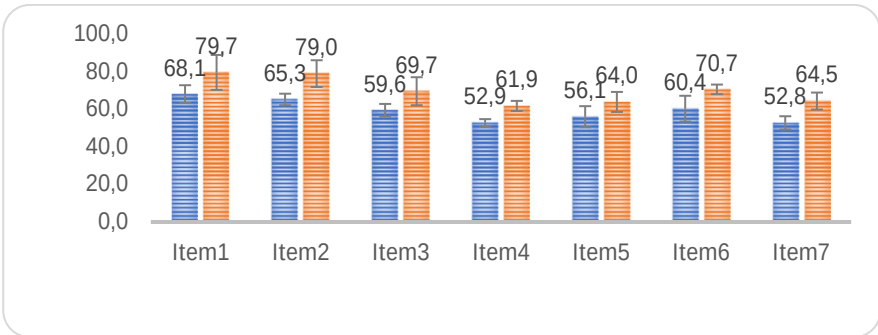



***Figura 3.*** *Comparison of results between the control condition (CC) and the use of molecular models (Exp) in 12th grade*

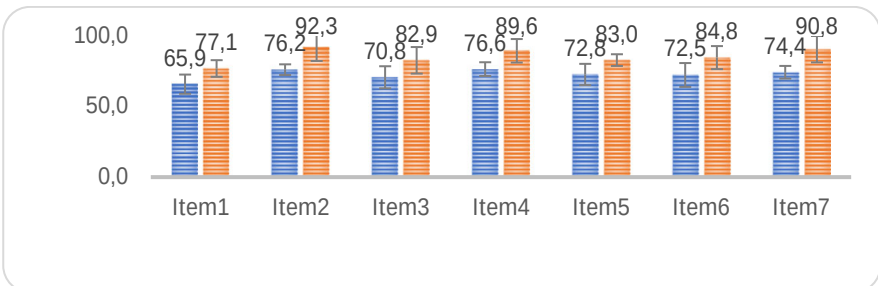
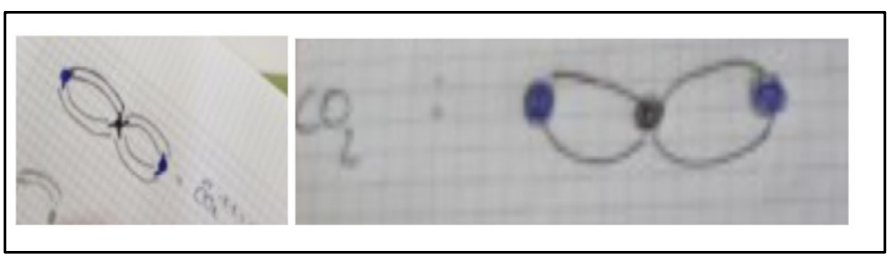
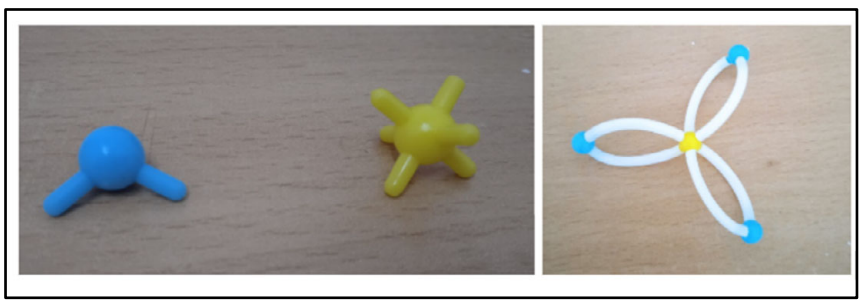



***Figure 4.*** *An example (CO2: carbon dioxide) of the notebook of some of the students who used molecular models for their learning.*



Working with molecular models the students learn about some concepts like bond (single, double), the geometric arrangement (and polarity of the molecule), the valence electrons and oxidation numbers, as well as the number of atoms are worked simultaneously of each element that forms the compound and how they are spatially distributed. As can be seen in Figure 5, at the same time, molecular models help us to use the two most used nomenclatures in chemical formulation, the stock nomenclature (using the oxidation number), the systematic or multiplier prefixes. In the case we use as an example sulfur oxide (VI) (stock) or sulfur trioxide (prefixes).

**Figure 5.** *$SO_3$: Sulfur trioxide (prefixes) or Sulfur (VI) oxide (stock)*



## 5. CONCLUSIONS

The main limitations of this study were: the number of students. In future studies the sample should be extended to a larger number of schools.

Even so, the conclusions that this study revealed is that molecular models help to understand the processes of chemical formulation using the different nomenclatures, and at the same time allow to work on contents such as molecular geometry that are not learned until high school, since that molecular models allow a visualization of the molecule and study the geometry and arrangement of the atoms in the compound.

At the same time, it encourages those students who may have difficulties in the relationship and understanding of abstract concepts such as the oxidation number, or by looking at the different elements of the molecular model, to know in which column of the periodic table they are

located, information that can be obtained without need to know the electronic configuration of the element.

## 6. REFERENCES


Álvarez Rodríguez, S. (2007). Procesos cognitivos de visualización espacial y aprendizaje. Revista de Investigación en Educación, 4, 61-71.

Cárdenas, S. F. A. (2006). Dificultades de aprendizaje en química, caracterización y búsqueda de alternativas para superarla: Ampliación y continuación. Ciência & Educacão, 3(12), 333- 346.

De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 227-245.

Kim-Chwee, D. T. & Treagust, D. F. (1999).Evaluating students' understanding of chemical bonding. School Science Review, 81(294), 75-83.

Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. Enseñanza de las Ciencias, 24(1), 5-12.

Mateo González, E. & Martínez Peña, M. B. (2013). ¿Tengo Visión espacial? Simetría de modelos cristalográficos sobre alumnos de altas capacidades. IX Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias.

Móndelo, M. & Martínez, C. (1994). Materia inerte o materia viva ¿Tienen ambas constitución atómica? Enseñanza de las Ciencias, 12, , 226-233.

Perales-López, J. & Romero-Barriga, J. F. (2005), Procesamiento conjunto de lenguaje e imágenes en contextos didácticos: Una aproximación cognitiva. Anales de Psicología, 24(1), 13-30.

Pozo, J. I. & Gómez-Crespo, M. A. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Morata.

Riboldi, L., Pliego, O. & Odetti, H. (2004). El enlace químico: una conceptualización poco comprendida. Enseñanza de las Ciencias, 22(2), 195-212.

Solarte, M. C.(2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. Revista ieRed, 1(4), 1.