



Más Allá del Aula Tradicional: Experiencia Piloto con Flipped Classroom y Aprendizaje Mejorado mediante la Tecnología en Diseño de Máquinas

Beyond the Traditional Classroom: A Pilot Experience with Flipped Classroom and Technology-Enhanced Learning in Machine Design

Alberto Diez-Ibarbia, Ana de-Juan, Pablo Garcia-Fernandez, Alfonso Fernandez-del-Rincon, Miguel Iglesias, Javier Sanchez-Espiga, Fernando Viadero

Universidad de Cantabria

Departamento de Ingeniería Estructural y Mecánica
Los Castros s/n, Santander, Cantabria, España

(Recibido 4 de marzo de 2025, para publicación 25 de septiembre de 2025)

Resumen – Este artículo presenta una experiencia de innovación docente implementada en la asignatura optativa “Modelado y Simulación en Diseño de Máquinas”, correspondiente al cuarto curso del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria. El objetivo principal fue mitigar el aumento del absentismo en las clases presenciales, agravado tras la pandemia de la COVID-19. Para ello, se introdujeron dos estrategias metodológicas clave que se han mantenido durante tres cursos consecutivos: un enfoque pedagógico híbrido que combina el modelo tradicional con el aula invertida, y un proyecto colaborativo centrado en la resolución de problemas abiertos. Esta combinación permitió fomentar la participación activa del alumnado, así como el desarrollo de competencias digitales (DigComp), emprendedoras (EntreComp) y sostenibles (GreenComp), optimizando al mismo tiempo el uso del tiempo en el aula. La herramienta Kaltura fue empleada para facilitar el acceso a contenidos audiovisuales, apoyando tanto el aprendizaje autónomo como el seguimiento asincrónico. Los resultados, obtenidos mediante encuestas de satisfacción —que evaluaron el aprendizaje mejorado mediante tecnología, el enfoque de aula invertida y el proyecto colaborativo, con puntuaciones de 3,98, 3,81 y 3,83 sobre 5 respectivamente— y el análisis del rendimiento académico, reflejan una mejora en la eficiencia del aprendizaje presencial y una mayor implicación del alumnado en las actividades fuera del aula, especialmente en el seguimiento asincrónico. Se concluye que la integración de metodologías activas y recursos tecnológicos puede contribuir de forma significativa a mejorar la calidad del aprendizaje en titulaciones de ingeniería.

Palabras clave – Flipped Classroom/Aula invertida, Aprendizaje Mejorado mediante la tecnología, diseño de máquinas, Marco EntreComp

Abstract – This article presents a teaching innovation experience implemented in the elective course “Modeling and Simulation in Machine Design,” part of the fourth year of the Mechanical Engineering Degree at the University of Cantabria. The main objective was to address the increasing absenteeism in face-to-face classes, which worsened after the COVID-19 pandemic. To tackle this issue, two key methodological strategies were introduced and maintained over three consecutive academic years: a hybrid pedagogical approach combining traditional teaching with the flipped classroom model, and a collaborative project focused on solving open-ended problems. This approach fostered active student engagement and the development of digital (DigComp), entrepreneurial (EntreComp), and sustainability (GreenComp) competencies, while also optimizing classroom time. The Kaltura platform was used to provide access to audiovisual content, supporting both autonomous learning and asynchronous course follow-up. Results from satisfaction surveys—covering aspects such as technology-enhanced learning, the flipped classroom approach, and the collaborative project (rated 3.98, 3.81, and 3.83 out of 5, respectively)—along with academic performance analysis, indicate improved efficiency in face-to-face learning and greater student involvement in out-of-class activities, particularly asynchronous ones. The findings suggest that integrating active methodologies with technological resources can significantly enhance the quality of learning in engineering education.

Keywords – Flipped Classroom, Technology Enhanced Learning, Machine Design, EntreComp framework.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Dos corrientes principales en la Enseñanza Superior

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha promovido durante las dos últimas décadas una modificación del paradigma educativo: de orientado a la enseñanza a orientado al aprendizaje, fomentando diferentes técnicas y enfoques pedagógicos para el aprendizaje y la enseñanza [1].

Hasta el EEES, la corriente “Conductivista”, en la que el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje es el profesor (Enfoque Tradicional (ET)), dominaba la docencia universitaria española. Las cualidades del profesor de la Institución de Educación Superior (IES) (como la personalidad, la capacidad o los propios valores culturales) se consideran cruciales para conseguir resultados en el aula. De ahí que los estudios científicos se centrasen principalmente en la identificación de qué habilidades son esenciales para ser un profesor eficaz, como el entusiasmo, la expresividad, la sensibilidad interpersonal, la objetividad o la empatía [2-3]. Aunque la corriente del conductivismo se ha utilizado casi exclusivamente hasta finales del siglo XX, su principal inconveniente es dar un menor valor a las variables contextuales del alumno. Además, según la opinión del alumnado, resulta en un enfoque poco estimulante y poco motivador [4-6] quienes, por lo tanto, no adquieren las habilidades, competencias, conocimientos y resultados de aprendizaje esperados y que el mercado laboral necesita [2].

En la actualidad, las teorías de corriente “Cognitiva” están creciendo sustancialmente. Este enfoque modifica el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje del profesor al alumno. En este sentido, se considera que el alumno tiene un papel activo en el proceso de aprendizaje [7]. Así, establecer un plan de enseñanza estimulante y racional, así como conocer cómo aprenden los alumnos, se convierten en dos aspectos vitales a mejorar en el aula universitaria. Dentro de la corriente de las teorías cognitivas, en las últimas décadas han surgido diversas técnicas y metodologías, aunque en este trabajo sólo se van a aplicar y presentar brevemente algunas de ellas como el Aprendizaje Mejorado mediante la Tecnología (AMT) [8-10], el Aula Invertida o “Flipped Classroom” (FC) [11-14], el aprendizaje basado en preguntas [15], el aprendizaje basado en problemas/proyectos [16]. El objetivo de todas estas técnicas y metodologías es ayudar a los estudiantes a adquirir las competencias esperadas de una manera más eficaz. Todas ellos están orientados principalmente a lograr un papel activo en el alumno y a aumentar su motivación, que es de crítica importancia durante el proceso de aprendizaje. Por obvio que resulte, si los alumnos no quieren aprender, ninguna metodología tendrá éxito [17]. Por lo tanto, constituye un factor esencial en la elección del enfoque pedagógico, dado que la voluntad de aprender puede inhibirse, limitarse o activarse mediante las acciones directas del profesorado. Además, estas metodologías modifican los niveles cognitivos que los alumnos ejercitan en las clases presenciales y no presenciales. Para entender esta última afirmación, hay que traer a colación la taxonomía de Bloom, concretamente el proceso cognitivo del aprendizaje. La versión original de la Taxonomía de Bloom desarrollada en 1956 distingue los diferentes niveles que sigue el ser humano para aprender en tres dominios: cognitivo, afectivo y psicomotor. En cuanto al dominio cognitivo, se dividía en seis niveles (Conocimiento, Comprensión, Aplicación, Análisis, Síntesis y Evaluación). En la versión revisada de 2001 [18], se propuso un ligero cambio en la terminología y el orden; Recordar, Comprender, Aplicar, Analizar, Evaluar y Crear. Esta jerarquía es una herramienta importante para los profesores y responsables del diseño del método de enseñanza, dado que permite organizar en niveles cognitivos lo que los alumnos deben aprender, desde lo más simple a lo más complejo, ayudando a desarrollar las actividades didácticas que podrán resultar más adecuadas para alcanzar el nivel superior (crear). En este sentido, el profesor no enseña, sino que conduce el aprendizaje; no proporciona conocimientos, sino que señala el camino para alcanzarlos, convirtiéndose en un facilitador. Por ello, el alumno debe ser visto como un sujeto activo que observa, compara, relaciona, generaliza y asimila conocimientos por sí mismo. Estos hechos cambian el paradigma, dado que los enfoques orientados al aprendizaje promueven seguir procedimientos que hacen que los alumnos ejerciten los niveles más altos del proceso cognitivo durante la clase, en lugar de los más bajos. Mientras que, fuera de clase (individualmente o en grupo), realizan los inferiores, que son en principio más sencillos, haciendo que el tiempo “en clase” sea mucho más valioso para su proceso de aprendizaje. Este enfoque supone un mayor reto y exigencia, tanto para el profesor como para el alumno,

sin embargo, se ha demostrado que, en términos de resultados de aprendizaje y adquisición de competencias, son mucho mejores [2,14,19-21].

Estas dos corrientes fundamentales (Conductivismo y Cognitivismo) no deben ser consideradas como opciones individuales, sino todo lo contrario. Integrar ambas debería ser el objetivo, dado que cada caso es diferente y por tanto la versatilidad e intercambiabilidad de los enfoques podría llevar al éxito (no existe una única teoría general válida para todos los casos).

1.2. Aula Invertida en Diseño de Máquinas

Una de las técnicas aplicadas en esta experiencia es el FC. A partir de la revisión de la literatura científica, se puede definir como un modelo pedagógico en el que se invierten los componentes típicos de clase y tarea de un curso [22], que en esencia consiste en ejercitarse los niveles cognitivos superiores en sesiones presenciales de clase (F2F) [23]. Fue descrita por primera vez por [11], llamándola “classroom flip”, y por [12], que la denominó “the inverted classroom”, aunque la expresión “flipped classroom” se ha atribuido a Bergmann *et al.* [13]. Esta técnica promueve el aprendizaje activo [24-27] y se basa generalmente en recursos audiovisuales grabados previamente a la sesión y que complementan el tiempo F2F en las sesiones presenciales [26,28], lo que tiene una buena acogida por parte de los estudiantes [27,29] y un efecto positivo en su autoeficacia, motivación intrínseca [26] y en sus resultados de aprendizaje, en comparación con el ET [19-20]. El propósito de este trabajo no es proporcionar una revisión completa del estado del arte de la FC, ya que existen multitud de meta-análisis que han abordado este aspecto en diversos campos de la Educación Superior [30-37], sino poner de manifiesto el vacío de conocimiento existente en el campo de la Ingeniería Mecánica y más concretamente en el Diseño de Máquinas, así como comprobar su validez mediante la implementación de la FC en un caso de estudio.

La FC se ha considerado en primer lugar una herramienta eficaz en la educación infantil y secundaria [11-13,38-40]. En las últimas décadas, ha crecido considerablemente en la educación superior [19,35,41-45], dado que se ha demostrado un mayor compromiso por parte de los estudiantes, así como un mejor rendimiento académico que con el ET [25,46], y específicamente en los campos de la ingeniería con más de 50 evidencias en todo el mundo [22,25,47-50]. Sin embargo, en Ingeniería Mecánica las evidencias son escasas [51-56] y aún más en Diseño de Máquinas [28,57-58]. En este último campo, [28] evaluó la eficacia de la CF comparando los logros de los estudiantes con los del enfoque tradicional en el diseño de elementos de máquinas, destacando los beneficios de la implementación de la FC en los cursos tradicionales de Ingeniería Mecánica. Los resultados demostraron que los estudiantes de FC tenían un mejor rendimiento y percibían que la FC era útil y provechosa para preparar el curso. Kanelopoulos *et al.* presentaron un estudio piloto de FC en Ingeniería Mecánica, aportando pruebas sobre el potencial del método para promover la participación activa de los estudiantes y aumentar su autoconfianza. Estos autores [58] implementaron esta metodología para introducir conceptos de tribología a los estudiantes, concluyendo mediante evaluaciones cualitativas que se observó una gran mejora. De todo lo anterior se desprende que queda mucho por hacer en cuanto a la efectividad de la FC, a la recogida de la percepción de los estudiantes y a la implementación por parte de los profesores de IES del enfoque “flipped” en cursos de ingeniería [59], y más concretamente en Ingeniería Mecánica, en la que este trabajo persigue enriquecer el estado del arte con esta experiencia piloto desarrollada durante tres cursos académicos.

1.3. Educación superior después de la COVID-19 y el absentismo

Todo lo anterior se hace imprescindible hoy en día, cuando aún estamos recuperándonos de los efectos de la pandemia COVID-19, que ha puesto de manifiesto un problema latente: el absentismo de los estudiantes a las clases presenciales. Un mal endémico que se venía apreciando los últimos 15 años, pero que la pandemia acentuó hasta límites inaceptables (aulas vacías). El brote de COVID-19 cambió de la noche a la mañana el paradigma de la enseñanza superior, principalmente de la modalidad presencial a las sesiones totalmente “on-line”. Hoy en día, en esta nueva era post-COVID-19, la enseñanza en las IES está volviendo a la normalidad, donde la mayoría de los profesores de las IES también han vuelto a cambiar su modo de enseñanza a totalmente F2F. En este sentido, los estudiantes han percibido que la Educación Superior puede impartirse de una manera diferente, por lo tanto, ¿por qué deberían conformarse con las tradicionales clases F2F? Para responder a esta y otras preguntas, y, además, debido a que los profesores del IES de la Escuela

Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria detectaron una muy baja tasa de asistencia a sus sesiones presenciales, se realizó un cuestionario a todos los alumnos del Grado en Ingeniería Mecánica (GIM), cuyo objetivo principal era entender por qué no asisten a las sesiones F2F. Esta tasa de absentismo sin precedentes se ha traducido en peores calificaciones en el GIM de la Universidad de Cantabria. Se espera precisamente que, paliando este absentismo en las clases presenciales, la tasa de éxito de los estudiantes aumente hasta niveles pre-COVID-19.

El cuestionario fue respondido por 117 alumnos GIM de un total de 214 al final del curso 21-22, lo que supuso una tasa de participación del 55%. Los resultados arrojaron algo de luz a esta cuestión en particular, dado que la mayoría de los estudiantes destacaron un problema común y principal: percibían que se les hacía perder el tiempo en las clases presenciales, puesto que algunos profesores de los IES se limitaban a leer las diapositivas, sin dar ningún valor añadido a los contenidos de las bien preparadas presentaciones. Además, creían que las sesiones presenciales tenían demasiada teoría y escasos ejercicios prácticos. De ahí que se concluyera que hay que persuadir y animar a los estudiantes para que asistan a las sesiones F2F, ya que se han dado cuenta por los hechos de que el sistema puede funcionar, y los contenidos pueden impartirse, de otra manera (semipresencial, híbrida y on-line). Es por ello que en esta experiencia se están probando alternativas a esta docencia tradicional para demostrar su validez en Diseño de Máquinas, tales como FC, ATM, modalidad “blended” de impartición y el seguimiento asíncrono de las sesiones, todas ellas apoyadas en recursos audiovisuales desarrollados en la herramienta Kaltura.

En este trabajo se presenta una experiencia piloto en la asignatura “Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas”, impartida en el primer cuatrimestre del cuarto curso del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria, implementada y documentada los cursos académicos 2022/2023, 2023/2024 y 2024/2025. Los objetivos principales son que los estudiantes aumenten su motivación y se integren mejor en los Planes de Estudios de Educación Superior, adquieran los conocimientos y competencias requeridos en sus futuros puestos de trabajo, y se reduzca el absentismo presencial. Estos objetivos se pretenden cumplir con la ayuda de la participación de esta Universidad en iniciativas y proyectos europeos, tales como los denominados “e-Desk” y “EntreComp4Transition”, que creen en la importancia de contar con profesores universitarios competentes en competencias verdes, digitales y empresariales para potenciar el aprendizaje permanente del estudiantado europeo, mejorar su empleabilidad y fomentar los valores europeos.

1.4. Marco EntreComp

El primer y segundo curso del piloto de esta asignatura se lanzaron en el contexto del proyecto europeo “e-Desk”, mientras que el último se desarrolló en el contexto del proyecto, también europeo, “EntreComp4Transition”. Ambos proyectos abordan ámbitos de competencias que responden a los debates actuales de la OCDE sobre la falta de preparación de los profesores y directores de centros escolares de la Unión Europea en educación emprendedora y para utilizar las tecnologías digitales en su trabajo diario [60-61].

El proyecto “e-Desk” se diseñó a partir de los resultados de una encuesta inicial realizada en cuatro países europeos y se basan en las conclusiones obtenidas. Así pues, sus opciones clave se basan en las necesidades del grupo destinatario: los profesores de IES. En concreto, el objetivo último del proyecto “e-Desk” es dotar a los educadores de IES de las competencias empresariales y digitales necesarias para implantar en sus aulas modalidades de enseñanza mixtas, híbridas y completamente on-line, con resultados satisfactorios. Este proyecto europeo, en el marco “EntreComp” y “DigComp” [62], promueve la creación de recursos didácticos audiovisuales, como apoyo a la enseñanza F2F en el aula, fomentando la eliminación del problema de la lectura de diapositivas, dado que los dos primeros niveles de la taxonomía de Bloom revisada en 2001 [18], recordar y comprender, pueden abordarse previamente a las lecciones presenciales. El resultado deseado es facilitar la comprensión de los contenidos, que pueden adaptarse al ritmo de aprendizaje de los alumnos y a sus capacidades y necesidades, fomentando el autoaprendizaje y mejorando la accesibilidad para alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo. También se espera un incremento de la motivación del alumno, al sentirse más cómodo con los contenidos digitales en sus actividades cotidianas y de ocio.

El proyecto “Entrecomp4transition” tiene como objetivo principal fomentar la doble transición ecológica y digital en la Unión Europea mediante el fomento de una mentalidad emprendedora. En este sentido,

además del marco “EntreComp”, se hace mayor hincapié en la adquisición de competencias digitales que en el “e-Desk” e introduce las competencias verdes, promovidas por los marcos “DigComp” y “Green-Comp” respectivamente. Concretamente, el proyecto “EntreComp4Transition” se centra en desarrollar enfoques innovadores y multidisciplinarios para la enseñanza y el aprendizaje, buscando impactar positivamente en empresas, instituciones educativas, autoridades públicas, sociedad civil y estudiantes. Por otro lado, define el perfil de “facilitador de la transición verde” como aquel profesional que domina las competencias de estos tres marcos y se caracteriza por su flexibilidad, creatividad y liderazgo. Además, promueve la co-creación entre la educación superior, la formación profesional, los sectores público y empresarial, pretendiendo mejorar la calidad y relevancia de las competencias desarrolladas, garantizando su certificación y reconocimiento mediante credenciales digitales abiertas para apoyar la educación superior y la formación profesional. Entre sus actividades principales está el desarrollo de MOOC con todos los contenidos y evaluaciones para acreditarse como “facilitador de la transición verde”, la realización de sesiones piloto y la creación de planes de movilidad.

Dentro de este contexto, el Marco Europeo “EntreComp” pretende establecer un puente entre los mundos de la educación y el trabajo y ser tomado como referencia de facto por cualquier iniciativa que pretenda fomentar el aprendizaje emprendedor» [63]. Para ello, se proponen quince Competencias Emprendedoras, que se presentan en la Tabla 1, como claves para los futuros trabajadores. El marco “EntreComp” se apoya en trabajos anteriores para definir la competencia digital como clave para el aprendizaje permanente, así como para cumplir con la máxima prioridad de la Comisión sobre “Empleo, Crecimiento e Inversión” y con la iniciativa emblemática de Europa 2020 Agenda de “Nuevas Capacidades para Nuevos Empleos” [63].

Tabla 1. Las 15 competencias emprendedoras promovidas por la Red “EntreComp”.

Descripción	Dominio
Identificar, Oportunidades	
Creatividad	
Visión	Ideas y Oportunidades
Evaluar ideas	
<u>Pensamiento ético y sostenible</u>	
Autoconocimiento y Confianza en sí	
Motivación y perseverancia	
Movilizar recursos	Recursos
Educación Financiera y Económica	
Involucrar a otras Personas	
Tomar la iniciativa	
Planificación y Gestión	
Manejar la Incertidumbre, la Ambigüedad y el Riesgo	Pasar a la acción
Trabajar con otras Personas	
Aprender de la Experiencia	

Tras esta introducción, se describe el contexto, la planificación de las actividades, así como la forma de recogida de la opinión del alumnado acerca de las modificaciones pedagógicas, del curso “Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas” (sección 2). Posteriormente, se presentan y analizan los resultados en la sección 3. Por último, en la sección 4 se detallan las conclusiones del estudio.

2. CONTEXTO Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL CURSO “MODELADO Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN DISEÑO DE MÁQUINAS”

2.1. Descripción del curso “Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas”

Esta asignatura, denominada “Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas”, es una asignatura optativa del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria, lo que significa que no todos los estudiantes la seleccionarán como parte de su itinerario académico, y pertenece al 7º cuatrimestre del plan de estudios.

Como se puede ver en la Tabla 2, en los cursos pre-COVID-19 había más de veinticinco alumnos matriculados (20/21 y 21/22), habiendo un bajón sustancial en las dos promociones siguientes a la pandemia

(22/23 y 23/24) y recuperando niveles cercanos pre-COVID-19 este último curso 24/25. Las modificaciones pedagógicas se han implementado los tres últimos cursos académicos (fondo blanco); los dos primeros en el marco del proyecto “e-desk” y el tercero en el marco del proyecto “EntreComp4transition”.

Tabla 2. Alumnos matriculados y que asisten/siguen regularmente la asignatura los últimos cinco cursos.

Curso	Alumnos matriculados	Alumnos regulares asignatura
20/21	26	21
21/22	28	23
22/23	9	6
23/24	13	7
24/25	25	17

Para superarla, los estudiantes deben adquirir las competencias descritas en la Tabla 3. Estas competencias se recogen en la Memoria de la Titulación y sigue una clasificación basada en su nivel de especialización, distinguiendo las competencias comunes de las titulaciones de ingeniería (GT significa “genéricas de la titulación”), las de especialidad (TM significa “Tecnología Mecánica”) y las competencias transversales (TRA).

Tabla 3. Competencias que los alumnos deben adquirir durante el curso.

Descripción
Obtención del conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
Adquisición de la capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica.
Obtención de los conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.
Obtención de los conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.
Adquisición de la capacidad de resolver problemas.
Adquisición de la capacidad de comunicarse verbalmente.
Adquisición de la capacidad de trabajar en equipo.

El curso “Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas” se divide en dos bloques de contenidos, denominados “El Método de los Elementos Finitos” (MEF) y “Resolución de Sistemas Multi-Cuerpo” (MBS), que tienen asignadas 30 horas lectivas presenciales y 45 horas lectivas no presenciales cada uno, e impartidos por profesorado distinto. La evaluación de cada bloque es independiente, habiendo cuatro elementos de evaluación - dos “exámenes escritos” (uno por bloque) y dos calificaciones correspondientes a “entregas y trabajos realizados durante el curso” (uno por bloque) - todos con idéntica ponderación de 25%. El enfoque pedagógico únicamente se modifica en el primer bloque, sin embargo, el trabajo colectivo correspondiente al segundo y tercer año del piloto engloba un problema de diseño que, para su resolución, se necesitan conocimientos de ambos bloques de contenidos. Por ello, el sistema mecánico a diseñar es consensuado de forma coordinada entre los profesores que imparten la asignatura (los alumnos necesitan tutorización de todo el profesorado involucrado) y elegido para que sea transversal a ambos bloques de contenidos. Este trabajo colectivo es parte de la evaluación de ambos bloques y se enmarca dentro del apartado de calificación “entregas y trabajos realizados durante el curso”.

2.2. Planificación

Para obtener los resultados de aprendizaje y ejercitarse las competencias, es necesario planificar previamente los contenidos, la evaluación y las actividades, con las que los alumnos aplicarán estos conocimientos a la resolución de problemas relevantes [14]. En esta experiencia piloto, se realizan dos variaciones principales respecto a los cursos impartidos en la etapa pre-COVID-19. El primer cambio se basa en la combinación de los dos enfoques pedagógicos presentados (ET y FC). Algunas clases se planificaron para ser impartidas utilizando la ET (11 sesiones de dos horas cada una) y, en otras, se especificaron algunos contenidos para ser estudiados previamente fuera del aula, para posteriormente ser analizados y discutidos in situ

(4 sesiones). El segundo cambio consiste en el desarrollo y presentación de una solución a un proyecto de problema abierto en grupo de tres o cuatro estudiantes, aspecto en el que los autores tienen experiencia previa [64-65].

Con el fin de proporcionar una forma más clara de entender las modificaciones introducidas en el bloque de contenidos del MEF, en la Fig. 1 se muestra la nueva planificación (NP) de actividades de la asignatura y se compara con la de cursos anteriores (Plan Antiguo (OP)). Concretamente, se presenta el cronograma de la mitad del cuatrimestre mediante las quince sesiones de clase correspondientes al bloque MEF (sesiones de 2 horas), así como la lista de actividades teóricas y prácticas computacionales realizadas. Además, existe una leyenda de colores en la Fig. 1, donde el naranja es el tiempo dedicado al Trabajo Individual en Clase F2F (IWC), el verde claro al Trabajo en Grupo en Clase F2F (GWC), el azul corresponde al Trabajo Autónomo Individual (IAW) y el verde oscuro al Trabajo Autónomo Colaborativo (TAC). Estos dos últimos desarrollados fuera de clase.

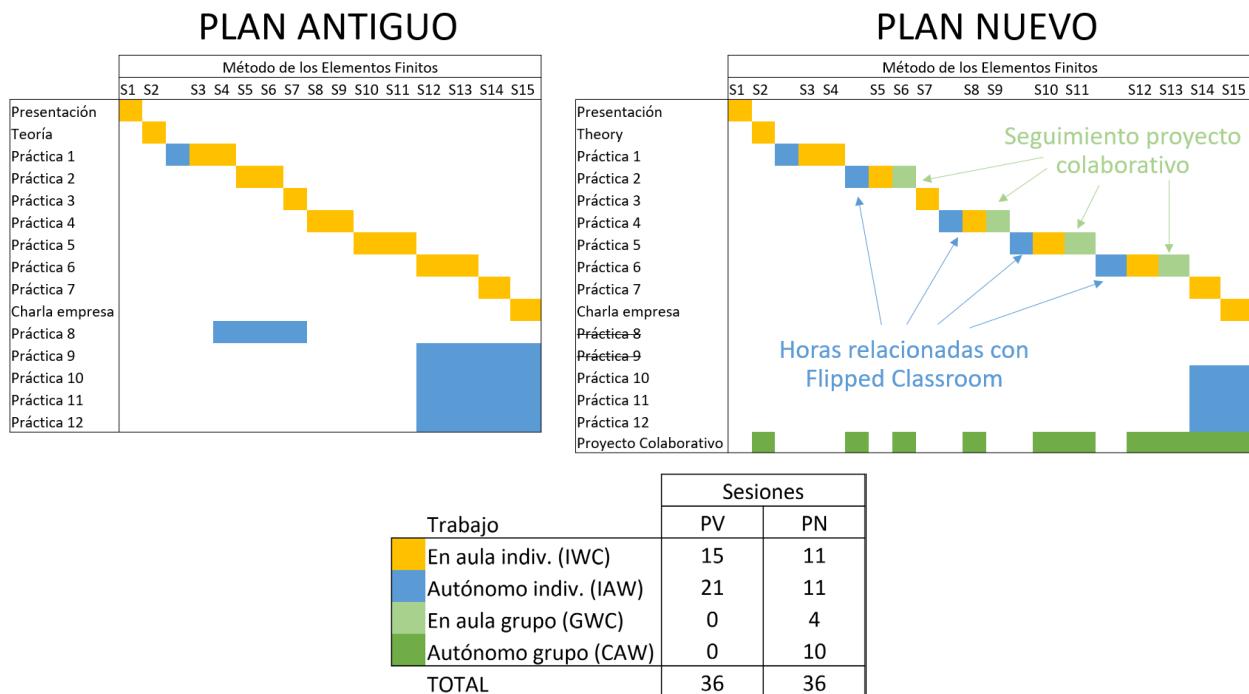


Fig. 1. Comparativa entre la planificación antigua y la nueva.

Como algo común a ambos planes, la primera sesión se corresponde con la presentación del curso, donde se establece el contexto de la asignatura y se revisan los contenidos de forma extendida de la guía docente. En el caso de la NP, además, se establecen todos los cambios pedagógicos, se introducen todos conceptos necesarios para la aplicación de la FC y se define el proyecto colaborativo, junto con la agrupación. La siguiente sesión es teórica, donde se disponen las bases del método de elementos finitos, que proporcionan los conceptos generales a partir de los cuales se construyen e incorporan nuevos en cada actividad práctica. A partir de aquí cada uno de los planes tiene un desarrollo diferente, tal y como se presenta a continuación.

En el OP, los conceptos se imparten utilizando el ET, por lo tanto, estos conceptos se explican y practican en el tiempo dedicado a IWC. Por otro lado, el tiempo de IAW de los estudiantes se utiliza principalmente para la resolución de cinco ejercicios prácticos y redacción de los informes sobre su resolución, evaluación de los resultados y conclusiones extraídas. En el OP, no se contempla tiempo para GWC y CAW.

En el NP se realiza una combinación de ET y FC. En las primeras sesiones se le enseña al alumno el uso de la herramienta, la cual es un medio para un fin, usando el ET. La inclusión del modelo en la herramienta MEF lleva asociados ciertos pasos que se repiten en la mayoría de los ejercicios prácticos y que por tanto carece de valor y se pierde tiempo en su ejecución. En otras palabras, el uso de una calculadora del MEF, aunque necesario, no es el objetivo último del curso, que radica en el diseño del modelo MEF y la posterior interpretación de los resultados obtenidos mediante la herramienta. Por esta razón, las sesiones con enfoque

FC son de gran utilidad en el uso efectivo del tiempo. Una vez el alumno sabe utilizar la herramienta, comienzan las sesiones con enfoque FC, para las que se les dota de tiempo IAW para preparar los conceptos de ciertos ejercicios escogidos (el alumno debe ser capaz de resolverlo) con antelación a la clase presencial, dado que de lo contrario no podrían seguirla correctamente. De esta forma, se puede centrar el debate en los aspectos más relevantes de la práctica computacional (hipótesis de modelizado, análisis de resultados, dificultades encontradas y particularidades del ejercicio), en vez de en la realización de los pasos repetitivos (se han hecho antes fuera del aula). A partir de esta modificación, se usan aproximadamente diez horas de clase menos que en el OP, de las cuales dos se dedican a esbozar conclusiones y responder preguntas interesantes (los alumnos vienen con la lección estudiada antes de empezar la clase) y las ocho restantes se utilizan como GWC, para guiar durante el tiempo F2F a los grupos de alumnos con el proyecto colaborativo (cuestiones técnicas y de organización y redacción del documento).

Como aspecto relevante, para incorporar el enfoque pedagógico de FC, el uso del AMT fue vital, facilitando el acceso de los estudiantes a los contenidos. En este sentido, en años anteriores, los estudiantes tenían los contenidos subidos en la plataforma Moodle en formato PDF, y el profesor los habilitaba secuencialmente al ritmo de las clases presenciales. Para la implementación de FC fue necesario el modo de enseñanza “blended”, lo que significa que algunos contenidos deben adquirirse fuera de la clase, además de en el aula. Para ello, se grabaron y editaron vídeos de los contenidos con Kaltura, que es una herramienta de gestión de recursos audiovisuales integrada en la plataforma Moodle del curso. Además, para facilitar el seguimiento del curso, se grabaron y subieron a la plataforma Moodle después de las sesiones presenciales la resolución de la mayoría de los ejercicios. De este modo, los estudiantes podrían consultar cualquier concepto que no estuviera claro, podrían repetirlo tantas veces como necesitaran a su propio ritmo, y también podrían usarlos para revisar/repasar los conceptos después de un tiempo (seguimiento asincrónico). Todas estas actividades tienen un seguimiento continuo realizado mediante preguntas de control incorporadas en los vídeos y cuestionarios posteriores a la práctica computacional. De esta forma se obtiene el “feedback” del alumnado antes de la sesión presencial (dudas y dificultades), así como se comprueba su grado de participación. Dos semanas después de cada actividad, se realiza un control adicional relacionado con el seguimiento asincrónico del alumnado. Además, al final del curso, se distribuye entre los alumnos otro tipo de cuestionario, para obtener su percepción subjetiva sobre las competencias y los resultados de aprendizaje adquiridos. Todo esto será detallado en la siguiente subsección.

Con respecto al trabajo colaborativo, tal y como se ha descrito previamente, en la presentación de la asignatura, se informó a los estudiantes que debían realizar, en grupos de tres/cuatro estudiantes, el diseño de un sistema mecánico. El primer año, el componente mecánico a diseñar fue una silla, sin especificar ni su tipología ni su aplicación. El segundo se pidió mejorar el rendimiento de un motor de combustión de vehículo mediante la modificación del mecanismo biela-manivela (cigüeñal-pistón), con arreglo a unas especificaciones, teniendo como punto de partida su la ficha técnica del vehículo en cuestión. El tercer curso el objeto de diseño fue una mesa, para un vendedor de muebles concreto y debía contar con al menos un cajón. En todos ellos, al ser problemas abiertos, tenían que elegir la aplicación realizando un estudio de mercado (detectar oportunidades) y aspectos técnicos (tamaño, movimiento o no, material, fuerzas externas, comportamiento dinámico, etc.), utilizando las herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de la asignatura.

Con este proyecto colaborativo, primero, se ejercitaron todas las competencias del curso que, hasta estas modificaciones, no se abordaban correctamente en el OP (Fig. 2).

En segundo lugar, también se ejercitaron la mayoría de las competencias emprendedoras [62]. Concretamente, los alumnos ejercitaron su capacidad para identificar oportunidades de negocio en un problema abierto sin aplicación concreta. Desarrollaron su creatividad en el diseño del elemento, su visión de conjunto del sistema, y su sentido ético y sostenible del diseño. Además, priorizaron ideas para descartar o elegir entre las infinitas opciones disponibles. De esta forma, fomentaron su autoconocimiento y autoconfianza, así como la motivación involucrando al resto de miembros del equipo, su educación financiera y económica (presupuesto del proyecto) y a tomar la iniciativa en esa dinámica de grupo, asignándose roles o tareas entre ellos. Por otro lado, tuvieron que realizar la planificación y gestión del proyecto, manejar la incertidumbre, la ambigüedad y el riesgo de no cumplir o que sus compañeros no cumpliesen con lo establecido, a trabajar con otras personas y que esto les permitiese tener una experiencia de la que aprender y desarrollarse como profesionales.

Por último, el informe de este proyecto colaborativo tenía el formato específico de Trabajo Fin de Grado (TFG), así como una presentación donde los estudiantes tenían que defender y vender su producto/diseño frente a un jurado. De esta manera, cuando redacten y presenten el TFG real, no será la primera vez que se enfrenten a este proceso.

Código	Descripción
ITI_GT3	Obtención del conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
ITI_GT4	Adquisición de la capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Mecánica.
ITI_TM1	Obtención de los conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.
ITI_TM2	Obtención de los conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.
GTRA4	Adquisición de la capacidad de resolver problemas.
GTRA7	Adquisición de la capacidad de comunicarse verbalmente.
GTRA13	Adquisición de la capacidad de trabajar en equipo.

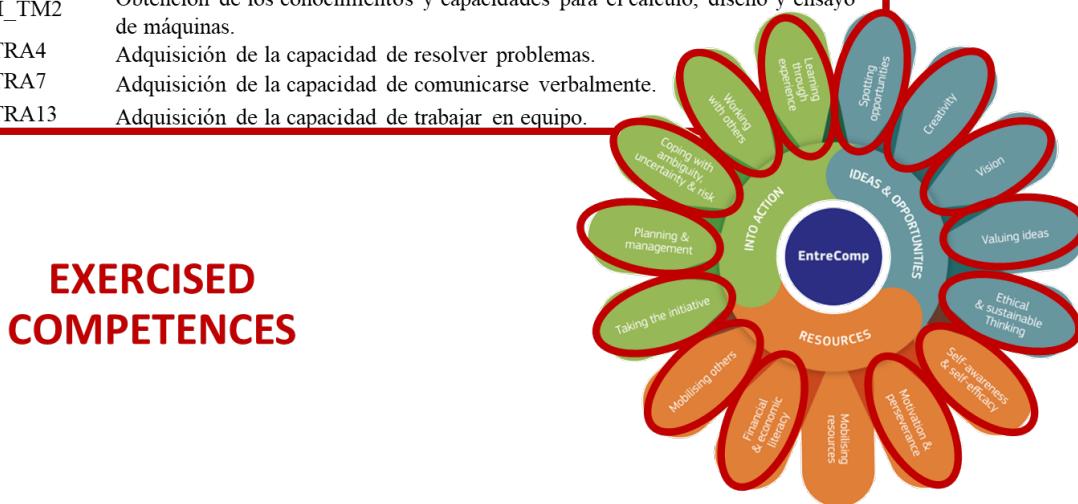


Fig. 2. Competencias ejercitadas en la asignatura con la implementación de las nuevas metodologías.

Como síntesis, con estas variaciones se esperaba conseguir clases más eficientes, ejercitando mayores niveles cognitivos durante las clases presenciales e impartiendo los contenidos con el mismo o mayor nivel de detalle y en menos tiempo con respecto a años anteriores. De esta forma, se pretende intercambiar el tiempo IWC “malgastado” en tareas repetitivas y que no aportaban valor añadido a los alumnos, por tiempo GWC valioso para resolver el proyecto de grupo de manera guiada por los profesores en el aula. El caso de estudio fue un éxito en este sentido, dado que se consiguieron utilizar 8 horas como GWC.

2.3. Cuestionario

Para conocer la opinión de los alumnos, se diseñaron dos tipos de cuestionarios (Tabla 4 y Tabla 5). El primero tiene como objetivo conocer si los alumnos realizan o no las tareas antes y después de las sesiones presenciales. Las preguntas sobre las actividades realizadas antes de la clase están relacionadas con el enfoque FC y las correspondientes a después de la clase, con el seguimiento asíncrono del curso. El propósito del segundo tipo de cuestionario, el cual se realiza el último día de clase presencial, es obtener la opinión y percepción general de los estudiantes sobre los cambios en el curso (AMT, curso, FC y proyecto colaborativo tipo TFG).

El primer tipo de cuestionario (Tabla 4) se habilita para que los alumnos lo contesten aproximadamente dos semanas después de cada práctica computacional. Para el enfoque FC, los recursos audiovisuales se habilitan en la sesión presencial anterior y se informa a los alumnos de los contenidos que deben preparar con antelación para ser discutidos y analizados en la siguiente sesión. En este sentido, el profesor pide al alumno que trabaje el ejercicio práctico primero por su cuenta (sin la ayuda de los recursos audiovisuales), dado que en principio tiene conocimientos suficientes para abordarlo. En el caso de tener algún problema

para su resolución, ese es el momento de consultar los videotutoriales. Además, había algunos ejercicios que, por su complejidad, se resuelven durante las clases presenciales. Estas resoluciones se han grabado y puesto a disposición del alumnado en la plataforma Moodle tras las sesiones presenciales. De este modo, los estudiantes pueden consultar cualquier concepto que no les ha quedado claro, repetirlo tantas veces como necesiten adaptándolo a su ritmo de aprendizaje y también usarlo como herramienta para el seguimiento o repaso de los conceptos pasado un tiempo.

Tabla 4. Cuestionario por práctica computacional realizada antes y después de la sesión presencial.

Pregunta	Respuesta
¿Vió el/los vídeos preparatorios?	Si; No
¿Trabajó el ejercicio?	Si; No
En el caso de haber trabajado el ejercicio o visionado el/los vídeos después de la sesión presencial, ¿le resultó útil y necesario el material para el repaso de la sesión presencial?	Si; Útil, pero no necesario; No; No lo trabajé, ni vi- sioné los vídeos

El segundo tipo de cuestionario (Tabla 5) se entregó el último día del curso, una vez realizadas y evaluadas todas las actividades. De este modo, los alumnos tienen una opinión más clara de los diferentes enfoques pedagógicos, técnicas y actividades desarrolladas durante el curso. En la encuesta se pregunta por tres aspectos principales: utilidad de los recursos audiovisuales asociados al ATM, percepción del curso y de la FC y valoración del proyecto colaborativo tipo TFG. La escala utilizada para marcar cada afirmación va desde el valor 0, cuando los alumnos estaban totalmente en desacuerdo con la afirmación, hasta el 5, cuando estaban totalmente de acuerdo con ella. Para evitar que los alumnos marcaran todas las preguntas sin leerlas, algunas se enunciaron de forma inversa en el cuestionario real (0 era el valor más alto en lugar de 5). Sin embargo, aquí los enunciados se presentan de forma directa, lo que ayuda a unificar la cuantificación de cada aspecto (5 es siempre el valor más alto).

Tabla 5. Cuestionario final.

1.1	Los recursos audiovisuales me han servido para adaptar los conocimientos a mi ritmo de estudio	Recursos Audiovis. (ATM)
1.2	Los recursos audiovisuales han fomentado mi autoaprendizaje	
1.3	Los recursos audiovisuales me han servido como apoyo a la docencia presencial	
1.4	Los recursos audiovisuales han aumentado mi motivación e interés en la materia	
2.1	Durante el desarrollo del curso mi percepción inicial ha cambiado y soy consciente de que con él he aprendido.	Curso y FC Trabajo colectivo tipo TFG
2.2	Considero que a través del enfoque tradicional hubiera aprendido igual o menos que con el aula invertida.	
2.3	Considero que la forma y el enfoque de esta asignatura debería aplicarse en otras.	
3.1	Creo que el trabajo desarrollado representa una situación real que podría encontrarme durante mi ejercicio profesional.	
3.2	La actividad propuesta ha sido motivadora.	
3.3	He mejorado mis capacidades y habilidades de búsqueda de información.	
3.4	La necesidad de compartir mis propuestas y sugerencias con el resto del grupo me ha permitido mejorar mis habilidades de comunicación y transmisión de conocimientos.	
3.5	Creo que el grupo valora positivamente mi trabajo y aportaciones. (Mi grado de participación en el trabajo)	
3.6	La presentación final del trabajo realizado al resto de alumnos me ha servido para mejorar mi expresión oral.	
3.7	Considero que la intencionada falta de definición en la formulación del trabajo ha sido beneficiosa para estimular mi creatividad.	
3.8	Mis compañeros comunican sus ideas de forma clara, utilizando los recursos apropiados (dibujos, textos, gráficos, etc.)	
3.9	Todos los miembros del grupo han asistido a las reuniones programadas.	
3.10	No hemos tenido conflicto de grupo.	
3.11	En mi opinión, todos los miembros del grupo han trabajado todo lo que se esperaba de ellos.	
3.12	Tras desarrollar esta actividad, me siento más capacitado para enfrentarme a la resolución de problemas reales relacionados con esta y otras materias.	
3.13	Esta actividad me ha ayudado a identificar la utilidad de los conocimientos que se han trabajado a lo largo de la asignatura.	
3.14	Este proyecto me ha ayudado establecer conexiones entre distintas materias (asignaturas) que antes percibía de forma aislada.	
3.15	El trabajo en grupo me ha resultado satisfactorio.	
3.16	El tiempo dedicado a esta actividad también me ha servido para mejorar el aprendizaje del resto de las asignaturas.	

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se presentan y discuten los resultados de la experiencia piloto. En primer lugar, se exponen las limitaciones del estudio realizado y se comparan las calificaciones generales de los últimos cinco años (Tabla 6). En segundo lugar, se presentan los resultados del cuestionario antes y después de las sesiones F2F en la Tabla 7 y Tabla 8. Por último, se recogen, en la Tabla 9, los resultados de la encuesta final.

3.1. Limitaciones del estudio

El estudio se ha realizado entre los cursos académicos 22/23 y 24/25 donde, tal y como se ha mostrado en la Tabla 2, habían matriculados 47 alumnos de los que asistían regularmente a clase 30. La media de participación en las encuestas durante el curso relacionada con los ejercicios prácticos es de 11 alumnos y en la encuesta de final de curso participaron 26 alumnos. Se pueden concluir que los resultados del estudio presentan ciertas limitaciones debidos a:

- Tamaño de la Muestra: Una de las principales limitaciones del estudio es el tamaño reducido de la muestra en algunos cursos académicos. En particular, durante los cursos 2022/2023 y 2023/2024, el número de estudiantes matriculados y que asistían regularmente a la asignatura fue significativamente menor en comparación con los años pre-COVID-19. Este descenso en la participación podría haber afectado la representatividad de los resultados y la capacidad de generalizar las conclusiones a una población más amplia de estudiantes de ingeniería.
- Variabilidad en la Participación Estudiantil: La variabilidad en la participación de los estudiantes en las encuestas y actividades también representa una limitación. Aunque se obtuvieron datos valiosos a partir de las encuestas de satisfacción y seguimiento, la tasa de respuesta no fue uniforme en todas las actividades, lo que podría introducir sesgos en la interpretación de los resultados. La participación más alta en la encuesta final, realizada en clase, sugiere que los datos recogidos en actividades fuera del aula pueden no reflejar completamente las opiniones de todos los estudiantes.
- Sesgo de Auto-Selección: El estudio puede estar sujeto a un sesgo de auto-selección, dado que los estudiantes que optaron por participar activamente en las encuestas y actividades podrían ser aquellos más motivados o interesados en el enfoque pedagógico propuesto. Esto podría haber llevado a una sobreestimación de la efectividad y aceptación del enfoque de “flipped classroom” y del aprendizaje mejorado mediante la tecnología.
- Limitaciones en la Comparación Temporal: La comparación de los resultados académicos y de satisfacción entre los cursos pre y post-COVID-19 puede estar influenciada por factores externos no controlados, como cambios en la dinámica de la enseñanza, el impacto residual de la pandemia en la motivación y el rendimiento de los estudiantes, y otras variables contextuales que no fueron consideradas en el diseño del estudio.
- Encuestas de satisfacción/opinión: Aunque se implementaron diversas metodologías para evaluar las competencias adquiridas por los estudiantes, la forma de evaluarlas ha sido a través de encuestas de satisfacción del alumnado. En este sentido, la subjetividad inherente a las encuestas de autoevaluación puede haber afectado la precisión de las conclusiones.

Debido a todas estas limitaciones, los resultados de este estudio, aunque valiosas y prometedoras, deben ser tratadas con cautela y pueden ser no extrapolables a toda la población.

3.2. Calificaciones del bloque de contenidos y del curso

En la Tabla 6 se resumen las calificaciones obtenidas por todos los alumnos en el bloque FEM y la final de los cinco últimos cursos mediante el valor medio y la desviación típica. Se puede observar que las puntuaciones del bloque FEM se dividen en tres notas principales, el examen escrito, la evaluación continua de las actividades presenciales en clase y las entregas y ejercicios del curso. La calificación final es la media ponderada de las notas de los dos bloques (MEF y MBS).

Tabla 6. Calificaciones de los últimos cinco años.

Examen MEF			Ev. Continua MEF		Ejercicios MEF		Final	
Curso	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
20/21	5,59	1,89	8,78	2,23	7,41	1,70	7,45	1,49
21/22	6,76	1,35	9,00	0,57	7,49	1,37	8,25	0,86
22/23	6,33	0,93	9,25	0,82	7,00	0,00	8,08	0,86
23/24	7,36	1,07	9,43	0,60	7,43	0,45	8,21	0,49
24/25	7,29	1,90	9,16	0,88	7,09	1,63	7,65	1,28

En la Tabla 6 se observa que la media de las calificaciones del examen MEF ha aumentado de 5,59 en 2020/21 a 7,29 en 2024/25, por lo que los resultados del examen indican que los alumnos finalizan el curso con conocimientos técnicos superiores a los de sus predecesores. Las calificaciones de la evaluación continua del bloque MEF han sido consistentemente altas, siendo la mínima un 8,78 y la máxima un 9,43. Esta ligera mejora de la evaluación continua podría significar una mayor motivación de los alumnos. Las calificaciones de los ejercicios MEF han sido estables, superando el 7,00. Teniendo en cuenta que la complejidad del trabajo colectivo es mayor y que les permite tener una experiencia similar al TFG antes de la defensa real, así como ejercitarse en competencias transversales, se valora positivamente. La calificación final de la asignatura ha mejorado de 7,45 en 2020/21 a 8,21 en 2023/24, con una reducción significativa en la variabilidad a lo largo de los años. Como evento puntual, existe una disminución de la calificación final el último curso, debido a peores resultados en el bloque de MBS (en el bloque MEF tiene una tendencia ascendente desde el curso 21/22).

Como síntesis, se observa que, en los últimos cinco años, las calificaciones de los estudiantes han mostrado una tendencia general de mejora, con una reducción en la variabilidad de las calificaciones finales, lo que sugiere una mayor consistencia en el rendimiento de los estudiantes. Por lo que se puede concluir que las modificaciones pedagógicas y técnicas tienen un impacto positivo en las calificaciones del curso.

Con el objetivo de hacer una comparativa entre las calificaciones de los cursos previos a implementar las modificaciones y los posteriores, se han calculado la media de las calificaciones de los epígrafes de la Tabla 6, por un lado, de los cursos 20/21 y 21/22 (pre-COVID) y por otro lado de los cursos 22/23, 23/24 y 24/25 (post-COVID) y se han mostrado en la Fig. 3.

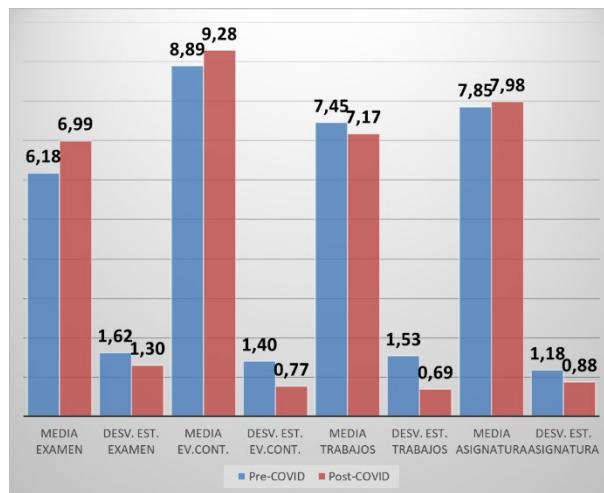


Fig. 3 Media de las calificaciones: comparativa entre los cursos pre-COVID (20/21 y 21/22) y los post-COVID (22/23, 23/24 y 24/25).

Por un lado, se observa que las medias de las calificaciones han mejorado en todas las categorías para los cursos post-COVID, salvo en el caso de los Trabajos, que disminuye ligeramente. Esto puede ser debido a que la complejidad del trabajo colectivo tipo TFG es mayor comparado con los informes de prácticas que se solicitaban en el OP. Especialmente llamativa es la mejora de más de medio punto sobre diez de la evaluación del examen teórico. Por otro lado, se aprecia una reducción de la variabilidad en todas las calificaciones, dado que las desviaciones estándar han disminuido significativamente post-COVID. Como aspecto a destacar, tanto el examen teórico escrito como la evaluación continua, muestran una mejora notable

en la media y una reducción significativa en la desviación estándar, lo que podría indicar una mayor efectividad en las modificaciones pedagógicas implementadas.

3.3. Encuestas de los ejercicios prácticos

En la Tabla 7, se muestran los resultados relativos a las actividades previas a las prácticas computacionales (correspondientes al enfoque FC), que se expresan en tanto por cien del número total de estudiantes de los tres cursos juntos.

Tabla 7. Resultados del cuestionario: Antes de la sesión F2F.

Práctica	N. Resp. recibidas	¿Vió los vídeos?		¿Trabajó la práctica?		¿Trabajó O vió los ví-deos?	¿Trabajó Y vió los ví-deos?	¿Útil y necesario para el seguimiento de la sesión?			
		Si	No	Si	No			Si	Útil, pero no necesario	No	No lo trabajé ni ví los vídeos
1	17	23,5	76,5	47,1	52,9	52,4	29,4	47,1	5,9	0,0	47,1
4	11	27,3	72,7	36,4	63,6	45,5	18,2	45,4	0,0	0,0	54,5
5.1	6	83,3	16,7	50,0	50,0	83,3	50,0	66,7	16,7	0,0	16,7
5.2	12	No aplica		41,7	58,3	41,7	41,7	41,7	0,0	0,0	58,3
Media	11,5	44,7	55,3	43,8	56,2	55,8	34,8	50,2	5,6	0,00	44,1

Como se puede apreciar en la Tabla 7, se pidieron cuatro ejercicios para resolver o trabajar antes de la sesión presencial F2F y en tres de ellos se habilitaron recursos audiovisuales. Se puede observar que de los potenciales 30 estudiantes que siguen regularmente la asignatura en la experiencia piloto (Tabla 2), hay una participación media de 11,5 estudiantes. Con respecto al visionado de vídeos, se observa una baja demanda en las prácticas computacionales 1 y 4, contrastando con la 5.1 y siendo el 44,7% de los alumnos los que ven los vídeos de media. Con respecto a los alumnos que trabajan la práctica antes de la clase se observa una menor desviación, siendo el 43,8% la media, el valor máximo un 50% y el mínimo un 36,4. El objetivo de la actividad es que los alumnos visionen o trabajen el ejercicio práctico antes de asistir a la clase presencial y esto solo lo hacen el 55,8%, mientras que hacen las dos cosas el 34,8%. Lo que sí se observa es que el 100% de los que trabajan o ven los vídeos consideran que son útiles para el seguimiento de la sesión y el 90% lo consideran útil y necesario, así como ningún alumno los consideró inútiles.

En la Tabla 8, se muestran los resultados relativos a las actividades posteriores a las sesiones F2F (seguimiento asincrónico), que se expresan en tanto por cien del número total de estudiantes de los tres cursos juntos.

Tabla 8. Resultados del cuestionario: Despues de la sesión F2F.

Práctica	N. Resp. recibidas	¿Vió los vídeos?		¿Trabajó la práctica?		¿Trabajó O vió los ví-deos?	¿Trabajó Y vió los ví-deos?	¿Útil y necesario para el repaso de la sesión?			
		Si	No	Si	No			Si	Útil, pero no necesario	No	No lo trabajé ni ví los vídeos
1	17	64,7	35,3	58,8	41,2	64,7	58,8	64,7	5,9	0,0	29,4
2	13	61,5	38,5	84,6	15,4	92,3	53,8	76,9	15,4	0,0	7,7
3	12	75,0	25,0	66,7	33,3	83,3	58,3	75,0	8,3	0,0	16,7
4	11	54,5	45,5	45,5	54,5	54,5	45,5	54,5	0,0	0,0	45,5
5.1	13	30,8	69,2	38,5	61,5	38,5	30,8	46,2	0,0	0,0	53,8
6	4	50,0	50,0	50,0	50,0	100,0	0,0	100	0,0	0,0	0,0
7	7	57,1	42,9	71,4	28,6	85,7	42,9	71,4	14,3	0,0	14,3
Media	11	56,2	43,8	59,4	40,6	74,2	41,4	69,8	6,3	0,0	23,9

Como se puede observar en la Tabla 8, se habilitaron recursos audiovisuales de apoyo a la resolución de siete ejercicios para que el alumno pudiera repasar la clase presencial. La participación media fue de 11 estudiantes de 30 posibles. En este caso, más del 50% de los alumnos vieron los vídeos, siendo la práctica 3 la más vista con un 75% de ellos. Por otro lado, cerca del 60% de los alumnos trabajaron los ejercicios después de las sesiones presenciales, siendo la práctica 2 la más trabajada con cerca de un 85%. Por otro lado, el 75% de los alumnos trabajó o visionó los vídeos después de la sesión presencial. Del 74,2% que

trabajó o vio los vídeos, al 94% le pareció útil y necesario para el repaso de la sesión, al 6% restante le pareció útil, pero no necesario, y ningún alumno lo consideró inútil.

Para aclarar la información de ambas tablas y tener un indicador de la participación de los alumnos en las actividades antes y después de las sesiones presenciales, en la Fig. 4 se presenta el número medio de alumnos que practicaron los ejercicios o vieron los videotutoriales, expresado en tanto por cien.



Fig. 4. Síntesis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas del alumnado en la que evaluaban los contenidos antes y después de las sesiones presenciales.

De la síntesis de los resultados se extrae que, por un lado, en torno al 40% de los alumnos trabajaron el ejercicio antes de la clase, ligeramente superior son los alumnos que visionaron los vídeos y el 56% de los alumnos los practicaron o los vieron. Así, el número de alumnos comprometidos con la FC fue de aproximadamente seis de los once, de media, que a su vez lo consideran útil y necesario para el correcto seguimiento de la sesión presencial.

Por otro lado, en torno al 60% de la clase practicó los ejercicios después de las sesiones presenciales, más de la mitad de la clase vio los video-tutoriales y el 75% de los alumnos aproximadamente trabajaron la práctica o vieron los recursos audiovisuales. Por tanto, ocho de los once alumnos se comprometieron con el seguimiento asincrónico de los ejercicios, que a su vez consideraron útil y necesario para repasar la sesión presencial a su propio ritmo.

De los resultados se puede concluir que el alumnado estuvo más implicado con las actividades de seguimiento asincrónico que con las de “Flipped classroom”. Entre los posibles motivos para ello está que, enfrentarse al problema desde cero, conlleva un esfuerzo mayor para el alumno en comparación con haber realizado ya la práctica en clase y repasar los conceptos que no hayan quedado claros. Otro de los potenciales motivos es la flexibilidad y la ausencia de una fecha límite estricta. Mientras que la “Flipped Classroom” requiere que los estudiantes revisen el material antes de la sesión presencial, el seguimiento asincrónico puede realizarse a lo largo de todo el cuatrimestre, sin la presión de una limitación temporal inmediata. Esta falta de urgencia permite a los estudiantes planificar su estudio de manera más holgada y adaptada a sus necesidades individuales.

3.4. Encuesta final

En la Tabla 9 se presentan los resultados finales de la encuesta, que sintetizan el contenido de las afirmaciones. Puntúan cada afirmación desde el valor 0, cuando los alumnos están totalmente en desacuerdo, hasta el 5, cuando están totalmente de acuerdo. En cada puntuación por enunciado aparece el número de alumnos, calculándose la media y la desviación típica de la puntuación. Algunas de las frases de las preguntas se han acortado a propósito para limitar el espacio; si los lectores están interesados en el enunciado completo de la pregunta, pueden remitirse a la Tabla 5.

De la Tabla 9, se observa que la participación es más elevada (en torno a 26 alumnos) que en el caso de las encuestas de las prácticas computacionales (en torno a 11 alumnos). Esto se debe a que el cuestionario final fue realizado el último día de clase junto con las defensas de sus trabajos colectivos tipo TFG (tiempo

en clase), mientras que las encuestas de las prácticas las hicieron mediante formulario on-line incrustado en la plataforma Moodle del curso en su tiempo libre.

Tabla 9. Resultados del cuestionario final.

			0	1	2	3	4	5 ¹	Media	Desv	% alumnos valor 4 y 5	
Rec. Audiovis. (ATM)	1.1	Adaptar a mi ritmo de estudio				7	9	10	4,12	0,80	73	
	1.2	Autoaprendizaje			3	7	6	10	3,88	1,05	62	
	1.3	Apoyo a la docencia presencial			1	5	9	11	4,15	0,86	77	
	1.4	Aumentado mi motivación			4	6	7	8	3,76	1,07	60	
Curso y FC	2.1	He aprendido				1	11	14	4,50	0,57	96	
	2.2	Aula invertida mejor que enfoque tradicional		2	6	11	3	3	2,96	1,08	24	
	2.3	Aula invertida a otras asignaturas			3	4	10	9	3,96	0,98	73	
Trabajo colectivo tipo TFG	3.1	Situación real			1	3	9	13	4,31	0,82	85	
	3.2	Actividad ha sido motivadora		2	3	6	10	5	3,50	1,15	58	
	3.3	Mejorar en búsqueda de información	1	0	2	6	16	1	3,50	0,97	65	
	3.4	Mejorar en transmisión de conocimientos	1	1	2	9	8	5	3,42	1,21	50	
	3.5	El grupo me valora positivamente				4	15	7	4,12	0,64	85	
	3.6	Mejorar mi expresión oral	1			8	5	9	3,87	1,19	61	
	3.7	Falta de definición del trabajo estimuló mi creatividad	1	1	5	7	8	4	3,23	1,25	46	
	3.8	Mis compañeros se comunican claramente				9	9	8	3,96	0,81	65	
	3.9	Asistencia a las reuniones programadas				2	6	17	4,60	0,63	92	
	3.10	No hemos tenido conflicto de grupo	1	1		2	7	15	4,23	1,25	85	
	3.11	Los miembros del grupo han trabajado duro			1	1		7	17	4,46	0,97	92
	3.12	Más capacitado para resolver problemas reales	1		1	5	12	7	3,85	1,10	73	
	3.13	Utilidad de los conocimientos de la asignatura				2	5	10	9	4,00	0,92	73
	3.14	Establecer conexiones entre distintas materias	1		2	9	8	6	3,58	1,15	54	
	3.15	El trabajo en grupo me ha resultado satisfactorio				4	8	8	6	3,62	1,00	54
	3.16	Mejorar el aprendizaje del resto de las asignaturas	1	1	5	9	7	3	3,12	1,19	38	
Media alumnos												
0,3 0,4 2,0 5,8 8,7 8,6												

Los recursos audiovisuales son valorados positivamente por los alumnos en varios aspectos. El 73% de los alumnos consideran que les han permitido adaptar los conocimientos a su propio ritmo de estudio, el 62% creen que han fomentado su autoaprendizaje, más del 75% los han visto como un apoyo útil para la docencia presencial y el 60% indican que estos recursos han aumentado su motivación e interés en la materia.

Con respecto al curso casi la totalidad de los alumnos consideran que han cambiado su percepción inicial y son conscientes de que han aprendido con el curso. La comparación entre el ET y FC no está tan clara, encontrando los mismos adeptos que detractores, dado que piensan que han aprendido igual o ligeramente más con el FC en comparación con el ET. Sin embargo, cerca del 75% creen que la forma y el enfoque de esta asignatura deberían aplicarse en otras. De esto se concluye que la formulación de la pregunta 2.2 es ambigua y debería ser revisada para mayor claridad.

En lo que corresponde al trabajo colectivo tipo TFG, más del 50% valoran muy positivamente el trabajo en grupo (3.15), la consideran motivadora (3.2) y beneficiosa para estimular su creatividad (3.7). Con respecto al funcionamiento interno de los grupos, aproximadamente el 90% de los alumnos indica que todos los miembros del grupo han asistido a las reuniones programadas (3.9), han trabajado lo que se esperaba de ellos (3.11), se sienten valorados dentro del grupo (3.5) y no ha habido conflictos de grupo (3.10), mientras que el 65% considera que sus compañeros se comunican claramente (3.8). Tras desarrollar la actividad,

¹ 0-Totalmente en desacuerdo; 1-Fuertemente en desacuerdo; 2-En desacuerdo; 3-De acuerdo; 4- Fuertemente de acuerdo; 5-Totamente de acuerdo

más del 75% de los alumnos se sienten más capacitados para enfrentar problemas reales relacionados con la materia (3.1 y 3.12), más del 50% sienten que han mejorado en la búsqueda de información (3.3), en la transmisión de conocimientos (3.4) y en su expresión oral de cara a afrontar la defensa de TFG (3.6). Además, la actividad es considerada positivamente desde un punto de vista académico, dado que más del 75% considera que esta actividad le ha ayudado a identificar la utilidad de los conocimientos que se han trabajado a lo largo de la asignatura (3.13) y, al cerca del 50% de ellos les ha permitido establecer conexiones con otras materias (3.14) y mejorar su aprendizaje (3.16).

Como aspecto relevante, el hecho de que el 73% de los estudiantes opinó que estas metodologías deberían aplicarse en otras materias sugiere una aceptación positiva y una percepción de beneficios potenciales en diferentes contextos educativos. Es importante, por lo tanto, considerar cómo las metodologías implementadas en la asignatura "Modelado y Simulación en Diseño de Máquinas" pueden transferirse a otras asignaturas del grado en Ingeniería Mecánica.

Para lograr una transferencia efectiva, es esencial una planificación detallada de los contenidos, que permita guiar al alumno entre sesiones presenciales y no presenciales. La organización precisa de las actividades y materiales asegura que los estudiantes puedan seguir el curso de manera coherente y estructurada, maximizando el aprovechamiento del tiempo en clase y fuera de ella.

Otro aspecto a destacar es el formato en el que los alumnos reciben los contenidos. Utilizar medios audiovisuales atractivos y accesibles puede aumentar significativamente el interés y la motivación de los estudiantes. Los recursos visuales y multimedia facilitan la comprensión de conceptos complejos y hacen que el aprendizaje sea más dinámico y participativo.

La motivación del alumnado es clave para el éxito de estas metodologías. Por esta razón, se recomienda implementar el aula invertida y el seguimiento asincrónico en asignaturas optativas y de los últimos cursos, donde los estudiantes son más maduros y están más comprometidos con su aprendizaje. En estas etapas, los alumnos asisten a las sesiones porque están interesados en el contenido y en adquirir competencias relevantes para su futuro profesional, no solo porque necesitan aprobar un examen.

Para clarificar los resultados de la encuesta final y tener un indicador de la percepción de los alumnos sobre los tres aspectos preguntados, en la Fig. 5 se presenta la media y la desviación típica de cada uno de ellos.

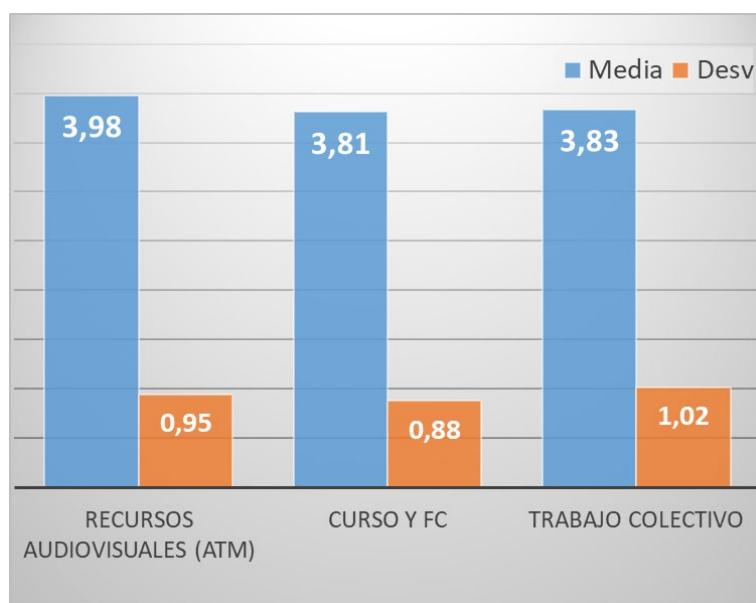


Fig. 5. Síntesis de los resultados obtenidos a partir de las encuestas finales del alumnado.

A partir de los resultados, se puede afirmar que los recursos audiovisuales y el ATM tuvieron una excelente percepción por parte de los alumnos con un valor medio de las cuatro preguntas de 3,98 sobre 5. Se obtuvieron valores ligeramente inferiores para el desarrollo del curso y de la FC, así como para la percepción del proyecto colectivo, con 3,81 y 3,83 sobre 5 respectivamente. Se puede concluir que la acogida y percepción por parte del alumnado de los tres aspectos fue "muy buena" (superior a 3,5).

Cabe reseñar que la formulación de la pregunta 2.2 de este cuestionario final es ambigua, dado que se le pone al alumno en una situación hipotética que desconoce. Esto supone una limitación de los resultados obtenidos en el apartado “Curso y FC”, que es el apartado con menor puntuación y formado únicamente por tres preguntas, haciendo que este aspecto sea especialmente relevante. Los estudiantes han interpretado la pregunta de diferentes maneras, lo que influye claramente en la consistencia y fiabilidad de las respuestas. Esto se deduce porque los alumnos en el apartado 2.3 opinan que la forma y el enfoque de esta asignatura deberían aplicarse a otras, lo que lleva implícito que el enfoque de “Flipped Classroom” debe implementarse en detrimento del enfoque tradicional. Para eliminar esta incertidumbre en los resultados, puede que la eliminación de esa pregunta sea lo más adecuado. En ese caso, el apartado “Curso y FC” quedaría formado por únicamente dos preguntas, cuyo valor medio sería 4,23 y 0,78 de desviación típica.

4. CONCLUSIONES

Este estudio ha introducido un cambio metodológico significativo en la asignatura “Modelado y Simulación Computacional en Diseño de Máquinas” del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria, con el propósito de afrontar desafíos persistentes en la docencia universitaria, intensificados tras la pandemia de la COVID-19. La transición desde un enfoque tradicional hacia un modelo mixto, que combina el aula invertida con metodologías colaborativas, ha supuesto una transformación en la dinámica de enseñanza-aprendizaje.

Hay que señalar que los alumnos están acostumbrados a trabajar en el marco del enfoque tradicional en la mayoría de los cursos de la titulación. De ahí que exista cierta reticencia a cambiar el paradigma educativo y modificar el enfoque pedagógico. Hay dos razones principales que pueden motivar este hecho; en primer lugar, la FC supone una modificación en el rol del alumno, de pasivo a activo, lo que podría verse como más trabajo por parte del alumno, aunque sea la misma cantidad de trabajo, pero más efectivo y distribuido en el tiempo (no toda al final para resolver el examen), y, en segundo lugar, porque simplemente no están acostumbrados y los cambios asustan, sobre todo en el último curso académico.

El análisis de los resultados académicos a lo largo de cinco cursos revela una mejora sostenida en el rendimiento del alumnado, especialmente en el bloque teórico del método de los elementos finitos (MEF). Esta evolución positiva se acompaña de una reducción en la dispersión de las calificaciones, lo que sugiere una mayor homogeneidad en el aprendizaje.

Los datos recogidos mediante encuestas muestran que algo más de la mitad del alumnado se implicó activamente en las actividades previas a clase, mientras que el seguimiento asíncrono posterior alcanzó niveles aún más altos de participación (75%). La utilidad percibida de los recursos audiovisuales fue ampliamente reconocida, con valoraciones superiores al 90% en cuanto a su eficacia para reforzar el aprendizaje.

Asimismo, la valoración global del curso en los resultados de la encuesta final por parte del estudiantado fue muy positiva, destacando el AMT que tuvo una “excelente” acogida por parte de los alumnos (3,98 sobre 5 de media). El trabajo en grupo fue percibido como una experiencia enriquecedora (3,83), que favoreció el desarrollo de habilidades transversales clave como la comunicación, la búsqueda de información y la expresión oral. Además, la actividad grupal ha sido vista como beneficiosa para enfrentar problemas reales, afianzar los conceptos impartidos en esta asignatura y establecer conexiones con otras materias.

Desde la perspectiva docente, aunque la implementación de estas metodologías implicó un esfuerzo adicional en planificación y evaluación, los beneficios observados en términos de eficiencia del tiempo en el aula, mayor profundidad cognitiva y continuidad en el trabajo del alumnado justifican plenamente su adopción. Además, la percepción de los profesores del IES coincide con los resultados, lo que significa que, en su opinión, las acciones de seguimiento asíncronas se ejercitaron mejor que las actividades de FC por parte de los alumnos. No obstante, se identifican áreas de mejora, como la percepción del trabajo colaborativo por parte del profesorado, que podría optimizarse en futuras ediciones.

En conjunto, los resultados respaldan la eficacia de combinar metodologías activas con herramientas tecnológicas en la enseñanza de ingeniería, y sugieren que su continuidad y adaptación a otras asignaturas podría seguir mejorando la calidad del aprendizaje universitario.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto PID2023-149926OB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. Ha sido financiado también por la II y III Convocatoria de Generación de Recursos Audiovisuales de la Universidad de Cantabria (GReDA-II y GReDA-III). Los autores quieren agradecer a los proyectos europeos e-DESK y EntreComp4Transition.

REFERENCIAS

- [1] EHEA. European higher education area and bologna process (1999). URL <http://ehea.info/index.php>.
- [2] Murillo-Zamorano, L., López-Sánchez, J., Godoy-Caballero, A., "How the flipped classroom affects knowledge, skills and engagement in higher education: effects on students' satisfaction", *Computers and Education*, 141, 1–18 (2019)
- [3] Arum, R., Roksa, J., *Aspiring Adults Adrift: tentative transitions of college graduates*, The University of Chicago Press, Chicago (2014)
- [4] Bok, D., *The struggle to reform our college*, Princeton University press, Princeton, Nueva Jersey (2017)
- [5] Mohr, K., "Understanding generation z students to promote a contemporary learning environment", *Journal on Empowering Teaching Excellence*, 1, 84–94 (2017)
- [6] Arum, R., Roska, J., *Academically Adrift: Limited Learning on College Campuses*, The University of Chicago Press, Chicago (2010)
- [7] Ausubel, D., *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*, Ed. Barcelona: Paides, España (2002)
- [8] Dunn, T. Kennedy, M., "Technology enhanced learning in higher education; motivations, engagement and academic achievement", *Computers and Education*, 137, 104–113 (2019)
- [9] Mukhemar, R., Bsharat, M., Jaber, R., Shawar, S., "Effect of implementing technology- enhanced learning (tel) on students' motivation—a literature review", *Lecture Notes in Educational Technology*, 147–158 (2022)
- [10] Zhang, Y., Cheah, K., Lee, S. Adams, D., "The relationship between technology leadership and technology-enhanced teaching and learning engagement in higher education", *International Conference on Distance Education and Learning (ICDEL)* 1 (2022)
- [11] Baker, J., "The 'classroom flip': using web course management tools to become the guide by the side", 11th international Conference on College Teaching and Learning, Jacksonville, Florida Community College, 9–17 (2000)
- [12] Lage, M., Platt, G., "The internet and the inverted classroom", *Journal of Economic Education*, 31, 11–11 (2000)
- [13] Bergmann, J., Sams, A., *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day* (2012)
- [14] Prieto, A. y Giménez, X., "La enseñanza universitaria basada en la actividad del estudiante: evidencias de su validez en docentes universitarios", Una formación centrada en la práctica (2020)
- [15] Chiang, T., "Analysis of learning behavior in a flipped programming classroom adopting problem solving strategies", *Interactive learning environments*, 25, 189–202 (2017)
- [16] Liu, X., Wu, Z., Zhang, L., Guo, X., Practice of project-centric flipped classroom learning in microcomputer interfacing technology course (2017)
- [17] Hoz, V.G., *La educación personalizada en la Universidad*, Ediciones Rialp, Spain (1996)
- [18] Anderson, L., Krathwohl, D.A., *Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*, Allyn and Bacon. Boston, MA (Pearson Education Group), Addison Wesley Longman, (2001)
- [19] Albert, M., Beatty, B., "Flipping the classroom applications to curriculum redesign for an introduction to management course: Impact on grades", *Journal of Education for Business*, 89, 419–424 (2014)
- [20] Roach, T., "Student perceptions toward flipped learning: New methods to increase interaction and active learning in economics", *International Review of Economics Education*, 17, 74–84 (2014)

- [21] Prober, C., Heath, C., "Lecture halls without lectures a proposal for medical education", *The New England Journal of Medicine*, 366, 1657–1659 (2012)
- [22] Kerr, B., "The flipped classroom in engineering education: A survey of the research", *International Conference on Interactive Collaborative Learning* (ICL), 815–818 (2015)
- [23] Baughman, J., Hassall, L., Jaramillo-Cherrez, N., Hagge, M., "Flipping engineering by design", Association for Engineering Education's (ASEE), (2016)
- [24] Gilboy, M., Heinerichs, S., Pazzaglia, G., "Enhancing student engagement using the flipped classroom", *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 47, 109–114 (2015)
- [25] Mason, G., Shuman, T., Cook, K., "Comparing the effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course", *IEEE Transactions on Education*, 56, 430–435 (2013)
- [26] Thai, N., Wever, B. D., Valcke, M., "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 and Education*, 107, 113–126 (2017)
- [27] Velegol, S., Zappe, S., Mahoney, E., "The evolution of a flipped classroom: Evidence-based recommendations", *Advances in Engineering Education*, 4, 1–37 (2015)
- [28] Cho, H., Zhao, K., Lee, C., Runshe, D., Krousgrill, C., "Active learning through flipped classroom in mechanical engineering: improving students' perception of learning and performance", *International Journal of STEM Education*, 8, 1–13 (2021).
- [29] Fulton, K., "10 reasons to flip", *Phi Delta Kappan*, 94, 20–24 (2012)
- [30] Akçayır, G., Akçayır, M., "The flipped classroom: A review of its advantages and challenges", *Computers and Education*, 126, 334–345 (2018)
- [31] Betihavas, V., Bridgman, H., Kornhaber, R., Cross, M., "The evidence for 'flipping out': A systematic review of the flipped classroom in nursing education", *Nurse Education Today*, 38, 15–21 (2016)
- [32] Bishop, J., Verleger, M., "Testing the flipped classroom with model-eliciting activities and video lectures in a mid-level undergraduate engineering course", *Frontiers in Education Conference*, 161–163 (2013)
- [33] Bredow, C., Roehling, P., Knorp, A., Sweet, A., "To flip or not to flip? a meta-analysis of the efficacy of flipped learning in higher education", *Review of Educational Research*, 91, 878–918 (2021)
- [34] Chen, K.-S., Monrouxe, L., Lu, Y.-H., Jenq, C.-C., Chang, Y.-J., Chang, Y.-C. Chai, P. Y.-C., "Academic outcomes of flipped classroom learning: a meta-analysis", *Medical Education*, 52, 910–924 (2018)
- [35] Cheng, L., Ritzhaupt, A., Antonenko, P., "Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: a meta-analysis", *Educational Technology Research and Development*, 67, 793–824 (2019)
- [36] Divjak, B., Rienties, B., Iniesto, F., Vondra, P., Žižak, M., "Flipped classrooms in higher education during the covid-19 pandemic: findings and future research recommendations", *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19 (2022)
- [37] Evans, L., Bosch, M., Harrington, S., Schoofs, N., Coviak, C., "Flipping the classroom in health care higher education: A systematic review", *Nurse Educator*, 44, 74–78 (2019)
- [38] Satparam, J., Apps, T., "A systematic review of the flipped classroom research in k-12: Implementation, challenges and effectiveness", *Journal of Education, Management and Development Studies*, 2, 35–51 (2022)
- [39] Zhu, G., Thompson, C., Suarez, M., Peng, Z., "A meta-analysis on the effect of flipped instruction on k-12 students' academic achievement", *American Educational Research Association Annual Meeting*, 5–9 (2019)
- [40] Zhu, G. "Is flipping effective? a meta-analysis of the effect of flipped instruction on k-12 students' academic achievement", *Educational Technology Research and Development*, 69, 733–761 (2021)
- [41] Bishop, J., Verleger, M. "The flipped classroom: A survey of the research", *ASEE Annual Conference & Exposition*, 1–18 (2013)
- [42] O'Flaherty, J., Phillips, C., "The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review", *Internet and Higher Education*, 25, 85–95 (2015)
- [43] Shi, Y., Ma, Y., MacLeod, J., Yang, H., "College students' cognitive learning outcomes in flipped classroom instruction: a meta-analysis of the empirical literature", *Journal of Computers in Education*, 7, 79–103 (2020)

- [44] Yough, M., Merzdorf, H.E., Cho, H.J., "Flipping the classroom in teacher education: Implications for motivation and learning", *Journal of Teacher Education*, 70, 410–422 (2019)
- [45] Alten, D. V., Phielix, C., Janssen, J., Kester, L., "Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis", *Educational Research Review*, 28, 1–18 (2019)
- [46] Lax, N., Morris, J., Kolber, B., "A partial flip classroom exercise in a large introductory general biology course increases performance at multiple levels", *Journal of Biological Education*, 51, 412–426 (2017).
- [47] Karabulut-Ilgı, A., Jaramillo Cherrez, N., Jahren, C.T., "A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education", *British Journal of Educational Technology*, 49, 398–411 (2018)
- [48] Latchman, H., Aiken, P., Anderson, S., Bernard, R., Gordon, R., "A hybrid asynchronous- synchronous learning network (HASLN) flipped-classroom approach in engineering education", 12th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC) 2, 181–185 (2021)
- [49] Lo, C., Hew, K., "The impact of flipped classrooms on student achievement in engineering education: A meta-analysis of 10 years of research", *Journal of Engineering Education*, 108, 523–546 (2019)
- [50] Hoult, R., Peel, M., Duffield, C., "Lessons from flipping subjects in engineering: Effectiveness of student learning in a flipped environment at the university level", *Journal of Civil Engineering Education*, 147 (2021)
- [51] Baughman, J., Hassall, L., Xu, X., "Student perceptions of flipping a mechanical engineering design course", *International Journal of Engineering Education*, 5, 1575–1585 (2017)
- [52] Baughman, J., Hassall, L., Xu, X., "Comparison of student team dynamics between nonflipped and flipped versions of a large-enrollment sophomore design engineering course", *Journal of Engineering Education*, 1, 103–118 (2019)
- [53] Howard, A., "Flipped classroom - ten years later", ASEE Annual Conference & Exposition (2019)
- [54] Morse, J., Dandu, R., "First steps with tooling u as a support to the mechanical engineering technology flipped classroom", ASEE Annual Conference & Exposition (2017)
- [55] Schrlau, M., Stevens, R., Schley, S., "Flipping core courses in the undergraduate mechanical engineering curriculum: Heat transfer", *Advances in Engineering Education*, 5, 1–27 (2016)
- [56] Yan, J., Li, L., Yan, J., Niu, Y., "A comparison of flipped and traditional classroom learning: A case study in mechanical engineering", *The International journal of engineering education*, 34, 1876–1887 (2018)
- [57] Kanelopoulos, J., Papanikolaou, K., Zalimidis, P., "Flipping the classroom to increase students' engagement and interaction in a mechanical engineering course on machine design", *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7, 19–34 (2017)
- [58] Zalimidis, P., Papanicolaou, K., Vaxevanidis, N., "A tribology flipped classroom: An introduction of tribology basic concepts in the context of a blended learning machine design course", *Proceedings on Engineering Sciences*, 1, 652–658 (2019)
- [59] Kim, M., Kim, S., Khera, O., Getman, J., "The experience of three flipped classrooms in an urban university: An exploration of design principles", *Internet and Higher Education*, 22, 37–50 (2014)
- [60] OCDE, What students learn matters: Towards a 21st century curriculum, (2021). URL: https://www.oecd.org/en/publications/what-students-learn-matters_d86d4d9a-en.html
- [61] OCDE, The future of education and skills education 2030: The future we want (2021). URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf
- [62] European Comission, Entrecomp: the european entrepreneurship competence framework (2019). URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/entrecomp-entrepreneurship-competence-framework_en
- [63] McCallum, E., Weicht, R., McMullan, L., Price, A., "Entrecomp into action - get inspired, make it happen: A user guide to the european entrepreneurship competence framework", *Publications Office of the European Union*, 1–206 (2018)
- [64] De Juan, A., Fernández del Rincón, A., Iglesias Santamaría, M., García Fernández, P., Díez Ibarbia, A., Viadero Rueda, F., "Enhancement of mechanical engineering degree through student design competition as added value. considerations and viability", *Journal of Engineering Design*, 27, 568–589 (2016)

- [65] Del Rincon, A.F., de Juan, A., Garcia, P., Iglesias, M., Viadero, F., "Application of an inter-university competition on the enhancement of engineering degrees", *New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanism and Machine Theory*, 259–266 (2014)