XXV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
Santander, 10-13 junio 2025
UC Universidad de Cantabria
IFToMM

Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas: combinación de “Flipped Classroom” y Aprendizaje Mejorado mediante la Tecnología

Alberto Diez-Ibarbia[1]*, Ana de-Juan[1], Pablo Garcia-Fernandez[1], Alfonso Fernandez-del-Rincon[1], Miguel Iglesias[1], Javier Sanchez-Espiga[1], Fernando Viadero[1]

[1] Departamento de Ingeniería Estructural y Mecánica, Universidad de Cantabria, alberto.diez@unican.es, ana.dejuan@unican.es, pablo.garcia@unican.es, alfonso.fernandez@unican.es, miguel.iglesias@unican.es, javier.sanchez@unican.es, fernando.viadero@unican.es

En el presente trabajo se exponen las modificaciones en el enfoque pedagógico realizadas en la asignatura optativa “Modelado y Simulación en Diseño de Máquinas” perteneciente al cuarto curso del Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria, con el fin de hacer frente al absentismo de los alumnos a las clases presenciales, el cual se vio acentuado tras la pandemia de la COVID-19. Se realizaron dos modificaciones sustanciales, las cuales han permanecido en los tres últimos cursos académicos, permitiendo así una comparativa entre diferentes promociones. En primer lugar, se aplicó un enfoque pedagógico mixto, en el que se utilizaron conjuntamente el enfoque de aula invertida y el enfoque tradicional, haciendo que el tiempo de clase presencial fuera más productivo para los estudiantes, consiguiendo una mayor implicación por su parte y ejercitando las competencias digitales (DigComp). En segundo lugar, se propuso un proyecto colaborativo para resolver un problema abierto en grupos de tres o cuatro estudiantes, en el que se ejercitaron las competencias del curso, las competencias emprendedoras (EntreComp) y, en el último grupo, las competencias sostenibles (GreenComp). El aprendizaje mejorado mediante la tecnología fue clave para facilitar el acceso de los alumnos a los conocimientos y contenidos. Para ello, se empleó la herramienta Kaltura por parte del profesorado, ayudando a su vez a la adquisición de las competencias digitales. A partir de la implementación de estas modificaciones, se pudo concluir que el tiempo de clase presencial fue utilizado de forma más eficiente, dado que, por un lado, se ejercitaron niveles cognitivos superiores a los de cursos previos durante las clases presenciales y, por otro lado, se impartieron los contenidos en 8 horas menos respecto a años anteriores, que fueron utilizadas por los alumnos para resolver el proyecto de grupo con la supervisión y guía de los profesores implicados. Por otro lado, se obtuvo retroalimentación del alumnado a partir de encuestas de satisfacción de cada una de las prácticas computacionales realizadas, relacionándolas con el enfoque de aula invertida y con el seguimiento asíncrono de la asignatura, así como una encuesta global realizada el último día de clase. A partir de los resultados se concluyó que los estudiantes se mostraron más comprometidos con las acciones de seguimiento asíncronas que con las actividades de “Aula invertida”.

1. Introducción

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.

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 [4]. 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) [5-7], el Aula Invertida o "Flipped Classroom" (FC) [8-11], el aprendizaje basado en preguntas [12], el aprendizaje basado en problemas/proyectos [13]. 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 [14].

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). En este sentido, 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 [15], que en esencia consiste en ejercitar los niveles cognitivos superiores en sesiones presenciales de clase (F2F) [16]. La FC se ha considerado en primer lugar una herramienta eficaz en la educación infantil y secundaria [8-10, 17-19]. En las últimas décadas, ha crecido considerablemente en la educación superior [20-26], dado que se ha demostrado un mayor compromiso por parte de los estudiantes, así como un mejor rendimiento académico que con el ET [27, 28], y específicamente en los campos de la ingeniería con más de 50 evidencias en todo el mundo [15, 27, 29-32]. Sin embargo, en Ingeniería Mecánica las evidencias son escasas [33-38] y aún más en Diseño de Máquinas [39-41]. 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 [42], y más concretamente en Ingeniería Mecánica. Este trabajo persigue enriquecer el estado del arte con esta experiencia piloto y probar alternativas a la 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.

La experiencia piloto se ha realizado 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. Ambos proyectos están dentro del Marco Europeo "EntreComp", que 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» [43]. Para ello, se proponen quince Competencias Emprendedoras, que se presentan en la Tabla 1, como claves para los futuros trabajadores. Además, fomentan la adquisición de las competencias verdes y las digitales a través de los marcos "GreenComp" y "DigComp".

Tabla 1: Las 15 competencias emprendedoras promovidas por la Red "EntreComp".

Código	Descripción	Dominio
EC1	Identificar, Oportunidades	Ideas y Oportunidades
EC2	Creatividad	
EC3	Visión	
EC4	Evaluar ideas	
EC5	Pensamiento ético y sostenible	
EC6	Autoconocimiento y Confianza en sí	Recursos
EC7	Motivación y perseverancia	
EC8	Movilizar recursos	
EC9	Educación Financiera y Económica	
EC10	Involucrar a otras Personas	
EC11	Tomar la iniciativa	Pasar a la acción
EC12	Planificación y Gestión	
EC13	Manejar la Incertidumbre, la Ambigüedad y el Riesgo	
EC14	Trabajar con otras Personas	
EC15	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 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.

Para superarla, los estudiantes deben adquirir las competencias descritas en la Tabla 2. 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 2: Competencias que los alumnos deben adquirir durante el curso.

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.
GTRA_4	Adquisición de la capacidad de resolver problemas.
GTRA_7	Adquisición de la capacidad de comunicarse verbalmente.
GTRA_13	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.

2.2. Planificación

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 [44, 45].

Con el fin de proporcionar una forma más clara de entender las modificaciones introducidas en el bloque de contenidos del MEF, se describen y comparan las planificaciones antes de hacer las modificaciones pedagógicas (Planificación Antigua (OP)) con la nueva (NP).

En el OP, los conceptos se imparten utilizando el ET, por lo tanto, estos conceptos se explican y practican en el tiempo dedicado a Trabajo Individual en Clase F2F (IWC). Por otro lado, el tiempo de Trabajo Autónomo Individual (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 Trabajo en Grupo en Clase F2F (GWC) y Trabajo Autónomo Colaborativo (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. 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 al seguimiento del curso, se grabaron y subieron a la plataforma Moodle después de las sesiones presenciales la resolución de la mayoría de los ejercicios.

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 (ITI GT3, ITI GT4, ITI TM1, ITI TM2, GTRA4, GTRA7, GTRA13), que, hasta estas modificaciones, no se abordaban correctamente en el OP. En segundo lugar, también se ejercitaron la mayoría de las competencias emprendedoras [46]. 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.

2.3. Cuestionario

Para conocer la opinión de los alumnos, se diseñaron dos tipos de cuestionarios (Tabla 3 y Tabla 4). 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 segundo tipo se distribuye entre los alumnos al final del curso, para obtener su percepción subjetiva sobre la obtención de competencias y los resultados de aprendizaje, así como de las modificaciones implementadas en el curso (AMT, curso, FC y proyecto colaborativo tipo TFG).

El primer tipo de cuestionario (Tabla 3) se habilita para que los alumnos lo contesten aproximadamente dos semanas después de cada práctica computacional.

Tabla 3: Cuestionario por práctica computacional realizada.

Antes de la session F2F	
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 visioné los vídeos
Después de la session F2F	
Question	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 visioné los vídeos

El segundo tipo de cuestionario (Tabla 4) 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. 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.

Tabla 4: Cuestionario final.

Recursos Audiovisuales (ATM)	1.1	Los recursos audiovisuales me han servido para adaptar los conocimientos a mi ritmo de estudio
	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
Curso y FC	2.1	Durante el desarrollo del curso mi percepción inicial ha cambiado y soy consciente de que con él he aprendido.
	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.
Trabajo colectivo tipo TFG	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. Resultados

En esta sección se presentan y discuten los resultados de la experiencia piloto. En primer lugar, se comparan las calificaciones generales de los últimos cinco años (Tabla 5). En segundo lugar, se presentan los resultados del cuestionario antes y después de las sesiones F2F en la Tabla 6 y Tabla 7. Por último, se recogen, en la Tabla 8, los resultados de la encuesta final.

3.1. Calificaciones del bloque de contenidos y del curso

En la Tabla 5 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 5: 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 5 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 ejercitar 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).

3.2. Encuestas de los ejercicios prácticos

En la Tabla 6, 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 6: Resultados del cuestionario: Antes de la sesión F2F

		¿Vió los vídeos?		¿Trabajó la práctica?		¿Trabajó O vió los vídeos?	¿Trabajó Y vió los vídeos?	¿Útil y necesario para el seguimiento de la sesión?			
Práctica	N. Resp. recibidas	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 6, 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 hay una participación media de 11,5 estudiantes. 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 7, se muestran los resultados relativos a las actividades posteriores a las sesiones F2F (seguimiento asíncrono), que se expresan en tanto por cien del número total de estudiantes de los tres cursos juntos.

Tabla 7: Resultados del cuestionario: Después de la sesión F2F

		¿Vió los vídeos?		¿Trabajó la práctica?		¿Trabajó O vió los vídeos?	¿Trabajó Y vió los vídeos?	¿Útil y necesario para el repaso de la sesión?			
Práctica	N. Resp. recibidas	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 7, se habilitaron recursos audiovisuales de apoyo a la resolución de siete ejercicios para que el alumno pudiera repasar la clase presencial. En este caso, el 75% de los alumnos trabajó o visionó los vídeos después de la sesión presencial y al 94% de estos le pareció útil y necesario para el repaso de la sesión y ningún alumno lo consideró inútil.

3.3. Encuesta final

En la Tabla 8 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, pudiéndose leer todo el enunciado en la Tabla 4.

Tabla 8: Resultados del cuestionario final

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

De la Tabla 8, lo primero que se puede observar es 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

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

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.

Haciendo el promedio de las medias correspondientes a cada epígrafe, se puede observar que los tres apartados se han valorado por encima del 3,5 sobre 5, lo que la Universidad de Cantabria denomina como una valoración "muy favorable". Concretamente, los recursos audiovisuales asociados al AMT han sido valorados con 3,98 sobre 5, la opinión del alumnado sobre el desarrollo del curso y de la FC se ha calificado como 3,81/5 y el trabajo colectivo tipo TFG 3,83 sobre 5.

4. Conclusiones

En este trabajo, se establece un cambio de técnicas y enfoque pedagógico en la asignatura "Modelado y simulación computacional en diseño de máquinas" del Grado Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cantabria, con el fin de resolver problemas detectados durante las últimas décadas y acentuados con la pandemia del COVID-19.

Se han analizado las calificaciones obtenidas por los alumnos en los últimos cinco años, destacando una tendencia general de mejora en las calificaciones de los estudiantes en los últimos tres, especialmente en la evaluación del examen teórico del bloque MEF. A este respecto, se puede concluir que las modificaciones pedagógicas y técnicas implementadas han tenido un impacto positivo, reflejado en el aumento de las calificaciones medias y la reducción de la variabilidad de los apartados de evaluación.

De la síntesis de los resultados de las encuestas de los ejercicios prácticos realizados durante el curso, el 56% de los alumnos practicó o vio el ejercicio antes de la clase (FC), mientras que, después de las sesiones presenciales, el 75% de los alumnos los trabajó o vio los recursos audiovisuales (seguimiento asíncrono). Más del 90% de los alumnos los consideraron útiles y necesarios para el correcto seguimiento o repaso de las sesiones presenciales.

De la percepción de los alumnos en los resultados de la encuesta final, se puede concluir que el AMT tuvo una "excelente" acogida por parte de los alumnos (3,98 sobre 5 de media) y que su opinión sobre el desarrollo del curso y de la FC, así como del trabajo colectivo, (3,81 y 3,83 sobre 5 de media, respectivamente) fue "muy buena".

En resumen, los resultados indican que las modificaciones pedagógicas y técnicas implementadas han mejorado significativamente el rendimiento académico de los estudiantes. La combinación de recursos audiovisuales, el enfoque de aula invertida y los trabajos colectivos tipo TFG ha contribuido a una experiencia de aprendizaje más efectiva y motivadora. Estos hallazgos sugieren que continuar con estas estrategias podría seguir beneficiando a los estudiantes en el futuro.

Agradecimientos y declaraciones

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto PID2023-147249OB-I00, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE. Ha sido financiado por la 2ª y 3ª 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.

5. Referencias

[1] EHEA. European higher education area and bologna process (1999). URL http://ehea.info/index.php.

[2] Murillo-Zamorano, L., López-Sanchez, 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] Ausubel, D., *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*, Ed. Barcelona: Paides, Spain, (2002).

[5] Dunn, T., Kennedy, M., "Technology enhanced learning in higher education; motivations, engagement and academic achievement", *Computers and Education* 137, 104–113 (2019).

[6] 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).

[7] 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).

[8] 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,* 9–17 (2000).

[9] Lage, M., Platt, G., "The internet and the inverted classroom", *Journal of Economic Education* **31**, 11–11 (2000).

[10] Bergmann, J., Sams, A., *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day* (2012).

[11] Prieto, A., Giménez, X., *La enseñanza universitaria basada en la actividad del estudiante: evidencias de su validez en docentes universitarios. una formación centrada en la práctica,* Porlan. R., de Alba Fernández, Morata, (2020).

[12] Chiang, T., "Analysis of learning behavior in a flipped programming classroom adopting problem solving strategies", *Interactive learning environments* **25**, 189–202 (2017).

[13] Liu, X., Wu, Z., Zhang, L., Guo, X., "Practice of project-centric flipped classroom learning in microcomputer interfacing technology course", *5th international conference on modern education* (2017).

[14] Hoz, V. G., *La educación personalizada en la Universidad*, Ediciones Rialp, Spain, (1996).

[15] Kerr, B., "The flipped classroom in engineering education: A survey of the research", *International conference on interactive collaborative learning* 815–818 (2015).

[16] Baughman, J., Hassall, L., Jaramillo-Cherrez, N., Hagge, M., "Flipping engineering by design", *123rd annual conference & exposition poster session* (2016).

[17] 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).

[18] 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).

[19] 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).

[20] 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).

[21] Cheng, L., Ritzhaupt, A., Antonenko, P., "Effects of the flipped classroom instructional strat- egy on students' learning outcomes: a meta-analysis", *Educational Technology Research and Development* **67**, 793–824 (2019).

[22] Bishop, J., Verleger, M., " The flipped classroom: A survey of the research", *Asee annual conference and exposition, conference proceedings,* 1–18 (2013).

[23] O'Flaherty, J., Phillips, C., "The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review", *Internet and Higher Education* **25**, 85–95 (2015).

[24] 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).

[25] Yough, M., Merzdorf, H., H.J., H. F., Cho., "Flipping the classroom in teacher education: Implications for motivation and learning", *Journal of Teacher Education* **70**, 410–422 (2019).

[26] 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).

[27] 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).

[28] 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).

[29] Karabulut-Ilgu, 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).

[30] Latchman, H., Aiken, P., Anderson, S., Bernard, R., Gordon, R., "A hybrid asynchronous- synchronous learning network (hasln) flipped-classroom approach in engineering education", *Imcic 2021 - 12th international multi-conference on complexity, informatics and cybernetics* **2**, 181–185 (2021).

[31] 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).

[32] 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).

[33] Baughman, J., Hassall, L., Xu, X., "Student perceptions of flipping a mechanical engineering design course", *International Journal of Engineering Education"* **5**, 1575–1585 (2017).

[34] 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).

[35] Howard, A., "Flipped classroom - ten years later", *2019 asee annual conference & exposition* (2019).

[36] Morse, J., Dandu, R., "First steps with tooling u as a support to the mechanical engineering technology flipped classroom", *2017 asee annual conference & exposition* (2017).

[37] 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).

[38] 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).

[39] Cho, H., Zhao, K., Lee, C., Runshe, D., Krousgrill, C., "Active learning through flipped class- room in mechanical engineering: improving students' perception of learning and performance" *International Journal of STEM Education* **8**, 1–13 (2021).

[40] 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).

[41] 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).

[42] 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).

[43] 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).

[44] De Juan, A. *et al.,* "Enhancement of mechanical engineering degree through student design competition as added value. considerations and viability", *Journal of Engineering Design* **27**, 568–589 (2016).

[45] Del Rincon, A. F., de Juan, A., Garcia, P., Iglesias, M., Viadero, F. García-Prada, J., Castejón, C. (eds) "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).

[46] Entrecomp: the european entrepreneurship competence framework (2019).