



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 236

vFAB:

Facilitando el método de clase invertida mediante la producción  
de material audiovisual aplicado a los seminarios de Física  
Aplicada a la Biología (II)

Responsable del proyecto: Alberto Domínguez Díaz

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica

## Índice

<b><i>Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.....</i></b>	<b>3</b>
<b><i>Objetivos alcanzados.....</i></b>	<b>5</b>
<b><i>Metodología empleada en el proyecto.....</i></b>	<b>6</b>
<b><i>Recursos humanos.....</i></b>	<b>7</b>
<b><i>Desarrollo de las actividades.....</i></b>	<b>8</b>
<b><i>Referencias.....</i></b>	<b>11</b>
<b><i>Anexo 1.....</i></b>	<b>12</b>
<b><i>Anexo 2.....</i></b>	<b>21</b>

## **Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

El proyecto de video "Física Aplicada a la Biología" (vFAB) tiene como objetivo facilitar el método de clase invertida mediante la creación de material audiovisual para los seminarios de esta asignatura.

Física Aplicada a la Biología es una materia obligatoria del primer curso del Grado en Biología, estructurada en cuatro bloques principales: Biomecánica, Termodinámica Biológica, Bioelectricidad y Movimiento Ondulatorio. Una competencia clave que los estudiantes deben adquirir es la capacidad de analizar y resolver problemas cualitativos y cuantitativos en las áreas de aplicación de la Física a la Biología. Por esta razón, casi un tercio de los créditos totales de la asignatura se dedica a la resolución de problemas en formato de seminario.

En los últimos años, los profesores de esta asignatura, incluyendo miembros del equipo vFAB, han explorado diversas metodologías para optimizar el desarrollo de las capacidades analíticas y resolutorias de los estudiantes durante los seminarios. Estas metodologías han incluido el trabajo dentro y fuera del aula y el trabajo individual y colectivo, siempre utilizando colecciones de problemas específicos para cada bloque de la asignatura. Ejemplos concretos aplicados durante cursos completos son: a) análisis y resolución de problemas por parte de los estudiantes fuera del aula, seguidos de corrección en seminarios por el profesor; b) presentación y corrección de problemas por los estudiantes en seminarios, guiados por el profesor; y c) resolución de problemas por los estudiantes en seminarios con la guía del profesor.

Una metodología aún por aplicar, con resultados ampliamente comprobados, es la clase invertida. En esta metodología, el tiempo de estudio autónomo se dedica a aprender la materia antes de las clases, utilizando el tiempo en el aula para resolver dudas. Para implementar esto en Física Aplicada a la Biología, es necesario disponer de material de soporte adecuado. Por ello, el proyecto vFAB propone la producción de videos que resuelvan una cantidad suficiente de ejercicios para habilitar la clase invertida en los seminarios.

El objetivo principal del proyecto vFAB, en su segunda y última fase, es crear materiales audiovisuales que permitan al profesorado implementar el método de clase invertida en los seminarios. La implementación de este método sin material de soporte es inviable, y la producción de dicho material requiere una inversión significativa de tiempo por parte del profesorado. En esta segunda fase, se completará la producción de videos sobre análisis y resolución de problemas para los bloques de Bioelectricidad y Movimiento Ondulatorio, con aproximadamente 20 ejercicios por bloque y una duración estimada de 5 a 10 minutos por ejercicio. Después de la producción de estos materiales durante el primer cuatrimestre, los profesores implementarán la metodología de clase invertida en los seminarios durante la primera mitad del segundo cuatrimestre. Finalmente, se evaluará el impacto de esta nueva metodología comparándola con la tradicional, utilizando métricas objetivas como calificaciones de evaluación continua y exámenes, para considerar la creación de materiales que cubran todos los bloques de la asignatura y así homogeneizar la metodología de clase invertida en todos los seminarios.

## **Objetivos alcanzados**

Se han alcanzado los tres objetivos principales del proyecto: la creación de materiales necesarios para evaluar la viabilidad de la metodología de clase invertida en los seminarios de Física Aplicada a la Biología, la implementación efectiva de dicha metodología durante el presente curso académico para la mitad de los bloques temáticos, y la evaluación del impacto de esta metodología en los estudiantes.

El primero de estos objetivos fue la elaboración de los materiales restantes necesarios para completar el contenido de toda la asignatura, lo cual comenzó en la primera parte del proyecto de innovación docente del curso anterior. Esto nos permitió establecer la viabilidad de la metodología de clase invertida en todos los seminarios de Física Aplicada a la Biología. Se desarrollaron un total de 120 minutos de vídeos, divididos en 19 clips con una duración promedio, máxima y mínima de 6, 14 y 1 minuto respectivamente. Estos vídeos corresponden a dos conjuntos de ejercicios: uno enfocado en el bloque de Bioelectricidad (con 13 ejercicios) y otro en Movimiento Ondulatorio (con 6 ejercicios). Todo el material fue editado cuidadosamente utilizando el software Final Cut Pro, y se han guardado las plantillas y proyectos individuales de cada clip.

En segundo lugar, se logró la implementación efectiva de la metodología de clase invertida durante el presente curso académico para los cuatro bloques temáticos de la asignatura. Los materiales necesarios, tanto los conjuntos de problemas como los vídeos de resolución, se prepararon con antelación suficiente para iniciar la metodología desde el primer día de seminarios. Esto permitió a los estudiantes estudiar los contenidos teóricos antes de las sesiones presenciales, facilitando un enfoque más práctico y aplicado durante las clases.

Finalmente, se realizó una evaluación exhaustiva del impacto de la metodología implementada en comparación con otras asignaturas que utilizan la metodología tradicional de clase magistral. Se diseñó una encuesta de satisfacción que fue administrada a los estudiantes, y se realizó un análisis comparativo de las calificaciones obtenidas en el presente curso con las de cursos anteriores, proporcionando una visión objetiva del rendimiento académico. Además, se promovió el diálogo y la retroalimentación constante con los estudiantes durante las sesiones de seminario, lo que brindó una visión directa de sus opiniones y percepciones.

En general, los resultados fueron satisfactorios. La encuesta de satisfacción docente mostró una respuesta positiva por parte de los estudiantes, quienes destacaron la utilidad de los materiales disponibles y la dinámica de clase invertida para su aprendizaje.

## **Metodología empleada en el proyecto**

La implementación de la clase invertida, utilizando videos con la resolución de ejercicios de física aplicada a la biología como materiales de aprendizaje, puede ser altamente beneficiosa. Al invertir el tiempo de instrucción, los estudiantes tienen la oportunidad de acceder a los videos antes de la clase, lo que les permite prepararse y familiarizarse con los conceptos y aplicaciones de física relacionados con la biología.

Uno de los beneficios clave de la clase invertida utilizando videos es que permite a los estudiantes visualizar y comprender de manera efectiva los conceptos y problemas de física aplicada a la biología. Los videos pueden proporcionar explicaciones claras y detalladas, mostrando paso a paso cómo resolver los ejercicios y cómo aplicar los principios de la física en el contexto biológico. Los estudiantes pueden ver los videos varias veces, pausarlos, retroceder o avanzar según sea necesario, lo que les permite comprender a su propio ritmo y profundizar en los conceptos que encuentren más desafiantes.

La clase invertida [1] es una metodología ampliamente estudiada y de efectividad sobradamente contrastada. En [2] se examina la investigación existente sobre la clase invertida y se proporciona una visión general de las prácticas y tecnologías utilizadas en su implementación. Los resultados respaldan la idea de que la clase invertida conduce a una mayor participación y a una mejora en los resultados académicos. Al tener acceso previo a los materiales de aprendizaje, como los videos de resolución de ejercicios, los estudiantes pueden llegar a la clase con una comprensión básica de los conceptos y estar preparados para participar de manera más activa.

Talbert destaca que la clase invertida puede facilitar un cambio de enfoque, pasando de un modelo centrado en el profesor a un modelo centrado en el estudiante. Al acceder a los materiales de aprendizaje antes de la clase, los estudiantes tienen la oportunidad de explorar y procesar la información por sí mismos, lo que promueve un pensamiento crítico y una mayor capacidad para aplicar el conocimiento en situaciones reales.

La clase invertida puede ser especialmente efectiva para abordar las necesidades individuales de los estudiantes. Al tener acceso a los materiales de aprendizaje de antemano, los estudiantes pueden avanzar a su propio ritmo y revisar los conceptos según sea necesario. Aquellos que tienen dificultades pueden pasar más tiempo en los materiales, buscar apoyo adicional y abordar las áreas problemáticas antes de la clase. Por otro lado, los estudiantes que tienen un buen dominio de los conceptos pueden avanzar más rápido y buscar desafíos adicionales. Esto permite una mayor diferenciación y personalización del aprendizaje, atendiendo a las diversas necesidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Además, la clase invertida con videos de resolución de ejercicios puede promover un aprendizaje más interactivo y colaborativo en el aula. En lugar de dedicar la mayor parte del tiempo de clase a la transmisión de conocimientos, el profesor puede utilizar el tiempo en el aula para actividades prácticas, debates, discusiones y resolución de problemas. Los estudiantes pueden trabajar juntos, plantear preguntas, discutir diferentes enfoques y recibir retroalimentación inmediata del profesor. Esta interacción activa y colaborativa fomenta el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas.

## Recursos humanos

El proyecto se ha completado satisfactoriamente con el equipo de recursos humanos originalmente propuesto. Cada miembro del equipo ha jugado un papel crucial en la ejecución del proyecto y ha contribuido significativamente a su éxito.

Alberto Domínguez Díaz, quien ha sido profesor de la parte teórica de la asignatura durante tres años y ha impartido seminarios durante cinco años, aportó su experiencia en el contenido teórico y colaboró en el diseño y producción de los materiales audiovisuales. Como investigador Ramón y Cajal, y posteriormente como Profesor Permanente Laboral, su experiencia en investigación científica enriqueció la perspectiva del proyecto. Su habilidad para vincular los conceptos teóricos con la práctica ayudó a los estudiantes a comprender la relevancia de la física en su campo de estudio.

Daniel Nieto Castaño, profesor contratado doctor con 7 años de experiencia en seminarios de la asignatura, contribuyó con su amplio conocimiento y habilidades pedagógicas al diseño y producción de los materiales necesarios. Su experiencia previa fue invaluable para abordar los desafíos del proyecto y adaptar los contenidos a las necesidades de los estudiantes. Su capacidad para comunicar conceptos complejos de manera clara y concisa fue fundamental para asegurar que los videos facilitaran la comprensión de los temas.

Juan Abel Barrio Uña, catedrático de universidad y antiguo profesor de la asignatura, ha sido un recurso importante para el proyecto. Con más de 5 años de experiencia en la enseñanza de la parte teórica y seminarios, su profundo conocimiento del tema y su liderazgo académico fueron esenciales para el desarrollo del proyecto. Su capacidad para motivar y guiar a los estudiantes, transmitir entusiasmo por la física aplicada a la biología, y revisar cuidadosamente los materiales producidos fueron claves para el compromiso y éxito del proyecto.

María Láinez Lezáun, investigadora predoctoral y colaboradora docente en la Facultad de Ciencias Físicas, aportó su capacidad investigadora y experiencia docente. Su participación proponiendo ejercicios y revisando su consistencia tuvo un gran impacto. Además, su habilidad para comunicar claramente conceptos científicos complejos fue de gran ayuda.

La amplia experiencia de los cuatro docentes en la impartición de la asignatura de Física Aplicada a la Biología o similares fue determinante para el éxito del proyecto. Esta experiencia previa proporcionó una base sólida de materiales y recursos, sirviendo como punto de partida para el desarrollo del proyecto. Además, facilitó la comprensión de las necesidades y expectativas de los estudiantes, así como la adaptación de la metodología y los recursos utilizados.

## **Desarrollo de las actividades**

El desarrollo de las actividades se llevó a cabo bajo la coordinación del IP en cada fase del proyecto. Cada miembro del equipo asumió responsabilidades específicas según su experiencia y conocimientos. Gracias a este enfoque, se lograron realizar las actividades necesarias para implementar la metodología de clase invertida en los seminarios de Física Aplicada a la Biología. Cabe destacar que este proyecto de innovación se llevó a cabo en dos grupos diferentes de la asignatura. A continuación, se describen brevemente las actividades en las distintas fases del proyecto. Las actividades en cada fase aplican a todos los bloques de la asignatura. Los miembros del equipo se mencionan por sus iniciales (Daniel Nieto: DN; Alberto Domínguez: AD; Juan Abel Barrio: JAB; María Láinez: ML).

### *Fase preparatoria:*

En esta primera fase, se identificó una colección de problemas representativos y paradigmáticos de los diferentes bloques temáticos. Los responsables de esta tarea fueron DN, AD, y JAB. Cada miembro del equipo contaba con la formación y experiencia necesarias para seleccionar la colección de problemas que serviría como base del proyecto. Todo el equipo participó en la revisión y verificación de la coherencia de estos problemas, incluyendo la comprobación de resultados numéricos. Finalmente, DN y AD redactaron los guiones de resolución.

### *Fase de producción:*

En la fase de producción, DN y AD se encargaron de la grabación de los videos utilizando Google Meet y Jamboard, aprovechando los recursos informáticos disponibles en su departamento. Estas herramientas les permitieron capturar las resoluciones de los problemas de manera efectiva en un entorno virtual adecuado. Una vez completada la grabación, DN y AD editaron los videos utilizando la versión de prueba del software Final Cut Pro. Esta herramienta les permitió mejorar la calidad visual y estructural de los videos. Durante la edición, añadieron una entrada al inicio de cada video, el enunciado del problema, y el logotipo de la UCM para reforzar la imagen institucional. La edición profesional de los videos contribuyó a una experiencia de aprendizaje más efectiva para los estudiantes. Es importante destacar que DN y AD utilizaron la versión de prueba de Final Cut Pro, demostrando esfuerzos por emplear las herramientas disponibles y adquirir los conocimientos necesarios para producir contenido de alta calidad, incluso con recursos temporales. Ejemplos de capturas de pantalla se encuentran en el Anexo 2.

### *Fase de puesta en marcha:*

En esta fase, AD y DN presentaron el proyecto de innovación docente a los alumnos, subrayando la importancia de su participación activa para el éxito del proyecto. Los alumnos recibieron la propuesta con entusiasmo y mostraron disposición para participar en esta nueva metodología educativa. Desde el inicio de cada bloque temático, los alumnos tuvieron acceso a boletines completos de ejercicios, lo que les permitió familiarizarse con los contenidos y prepararse adecuadamente para las sesiones de seminarios. La metodología incluía la liberación de videos a través del campus virtual, con una duración total aproximada de 30 minutos de visualización, compartidos varios días antes de la sesión correspondiente. Durante los seminarios, los profesores recibían retroalimentación sobre las dificultades encontradas por los alumnos, permitiendo centrar la atención en resolver dudas específicas y asegurar una comprensión completa de los conceptos.

### *Fase de seguimiento, verificación y evaluación:*

Desde la implementación de la metodología de clase invertida, DN y AD realizaron un seguimiento del número de visualizaciones de cada video en el campus virtual. Este seguimiento se complementaba con encuestas informales en cada sesión de seminarios, donde se preguntaba a los alumnos si habían visto los videos correspondientes. Estas encuestas indicaban que aproximadamente un tercio de los alumnos visualizaban los contenidos antes de las sesiones. Estos datos coincidían con las visualizaciones registradas en el campus virtual. Las visualizaciones mostraron un acceso homogéneo a los materiales durante los periodos correspondientes a cada bloque temático (febrero para el primer bloque, marzo para el segundo), y picos definidos cerca de las fechas de los exámenes parciales y finales ordinarios. Estos datos confirman que los alumnos también utilizaron los materiales audiovisuales para prepararse para los exámenes.

Después de finalizar los seminarios, se realizó una encuesta de satisfacción entre los alumnos de la asignatura. Los resultados detallados de esta encuesta se encuentran en el Anexo 1. La encuesta, compuesta por 9 preguntas, fue aplicada a una población de 178 alumnos de dos grupos diferentes (86 del grupo B y 92 del grupo F), con un total de 19 respuestas recibidas (11% del total).

Al preguntar a los alumnos sobre su preferencia por las metodologías utilizadas durante los seminarios, el 30% mostró preferencia por la metodología de clase invertida, mientras que el 11% prefirió la metodología tradicional y el 58% consideró ambas igualmente efectivas. Entre los aspectos positivos de la metodología de clase invertida, los alumnos destacaron la mayor claridad en la presentación de contenidos (34%) y una mejor comprensión de los conceptos (28%). En cuanto a los aspectos negativos, el 67% mencionó la falta de tiempo para visualizar los materiales.

Sobre la metodología tradicional, los alumnos destacaron una mayor interacción con el docente (53%) como aspecto positivo y la dificultad para entender los conceptos (37%) como aspecto negativo. En cuanto a la participación, el 53% de los alumnos vio menos de la mitad de los videos antes de las clases, aunque el 79% los utilizó como preparación para los exámenes. Respecto a la percepción de que la metodología de clase invertida influyó positivamente en su desempeño académico, el 63% respondió afirmativamente, el 5% negativamente y el 32% no se inclinó por ninguna opción. Además, el 37% de los alumnos recomendaría la clase invertida a sus compañeros, el 11% recomendaría la clase magistral y el 52% recomendaría cualquiera de las dos. (Nota: los porcentajes se calculan sobre el total de respuestas, con preguntas que permiten más de una respuesta posible). En resumen, los resultados de la encuesta parecen favorecer claramente la metodología de clase invertida.

El estudio del impacto de la clase invertida en las calificaciones de los alumnos no es concluyente. Comparando el promedio de calificaciones del curso presente con los de cursos anteriores, se observa una ligera mejoría, aunque dentro de la variabilidad esperada considerando la desviación típica de esta métrica en distintos cursos.

### *Fase de conclusión:*

En la fase de conclusión del proyecto, se llevó a cabo la curación de los materiales y contenidos generados. Esta etapa tuvo como objetivo organizar y almacenar adecuadamente todos los recursos producidos para su posterior acceso y utilización.

Primero, los materiales generados, como los vídeos de resolución de problemas, se alojaron en el Campus Virtual de la asignatura, utilizando la plataforma Moodle [3]. Este espacio

virtual facilitó el acceso estructurado de los estudiantes a los recursos para su consulta y estudio.

Además, se utilizó el espacio de almacenamiento en la nube de la UCM para alojar los materiales y contenidos generados [4]. En particular, las plantillas y proyectos de edición del software Final Cut Pro, utilizado para la postproducción de los vídeos, también se almacenaron en la nube de la UCM. Esto asegura la preservación de las plantillas de edición utilizadas, facilitando su reutilización en futuros proyectos o modificaciones.

## Referencias

[1] Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day* (pp. 120-190). Washington DC: International Society for Technology in Education.

[2] Talbert, R. (2017). *Flipped learning: A guide for higher education faculty*. Stylus Publishing, LLC.

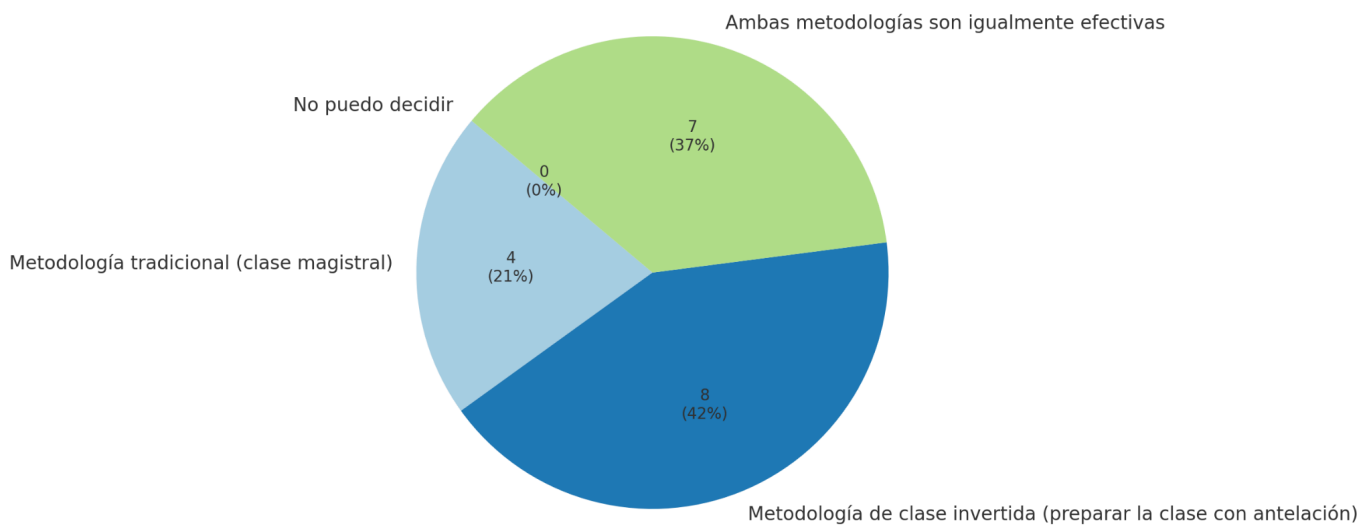
[3] [UCM Moodle](#)

[4] [UCM Drive](#)

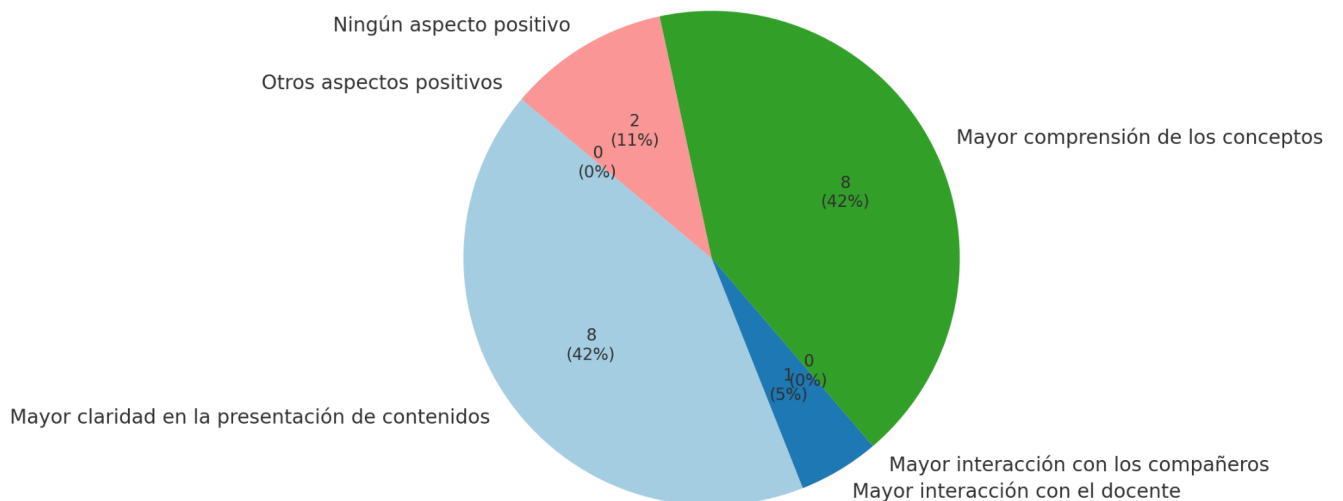
## Anexo 1

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta de satisfacción sobre la metodología de seminarios, realizada a los estudiantes de la asignatura Física Aplicada a la Biología de los grupos B y F (Grado en Biología, curso académico 2023/2024). La encuesta constaba de 9 preguntas y fue aplicada a una población de 86 alumnos en el grupo B y 96 alumnos en el grupo F, sumando un total de 178 estudiantes. Se recibieron 19 encuestas completadas, lo que representa el 11% del total. La encuesta se llevó a cabo durante la primera quincena de junio de 2024, una vez finalizadas las clases.

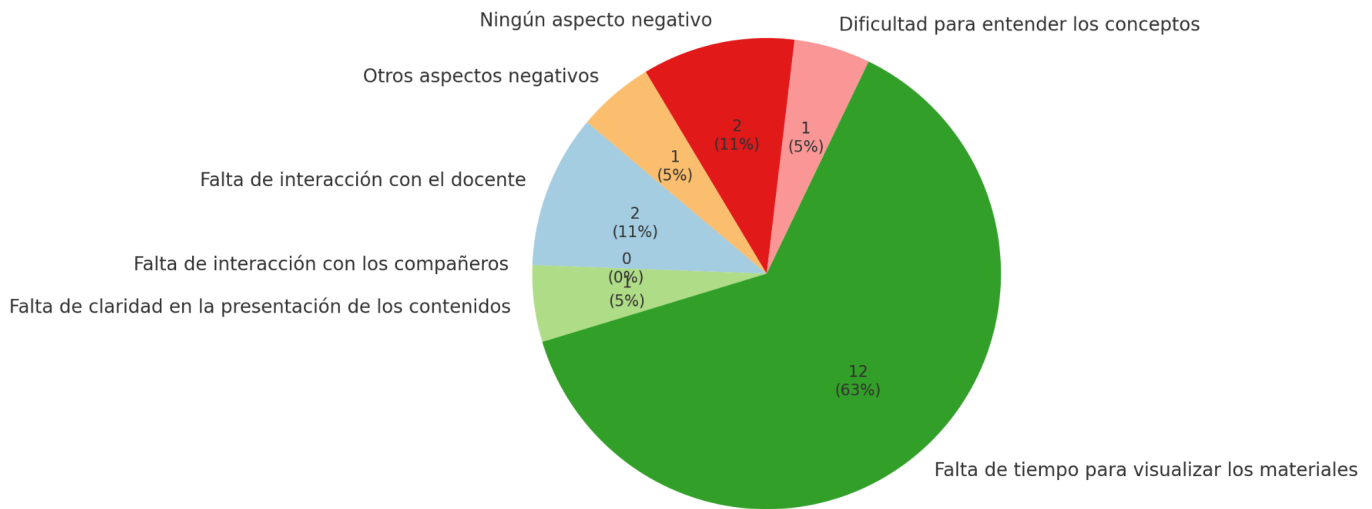
¿Qué metodología para clases de seminarios prefieres?



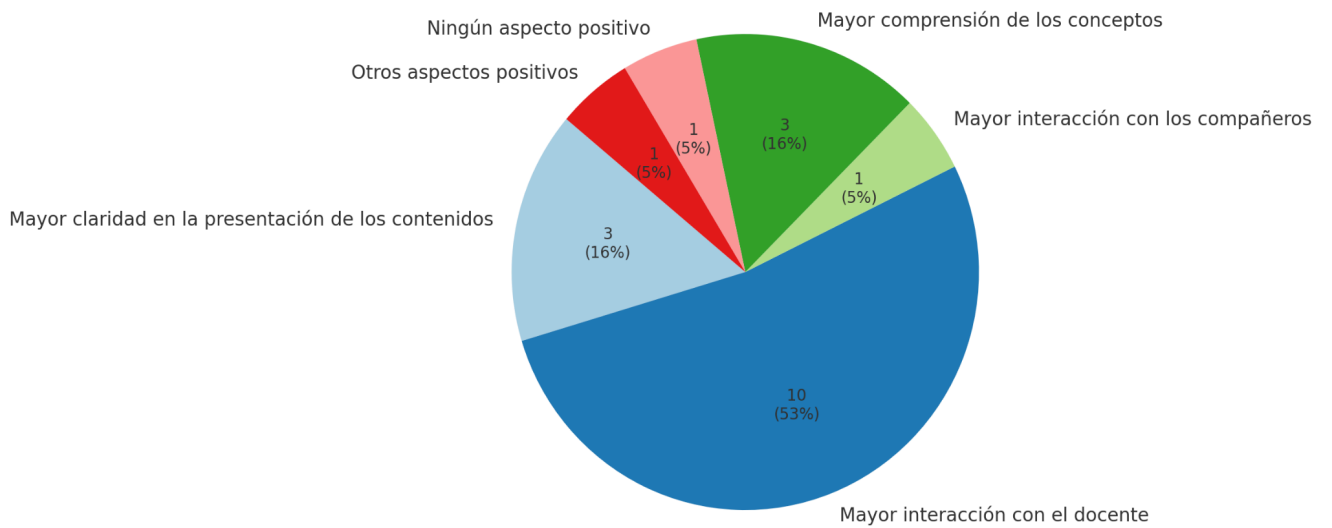
¿Qué aspectos positivos destacarías de la metodología de clase invertida?



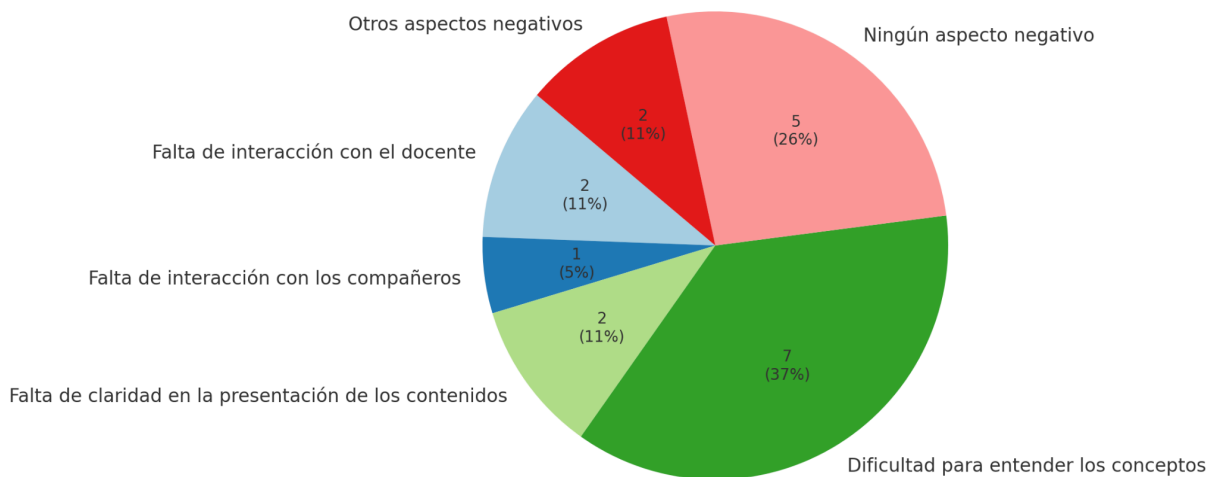
¿Qué aspectos negativos identificas en la metodología de clase invertida?



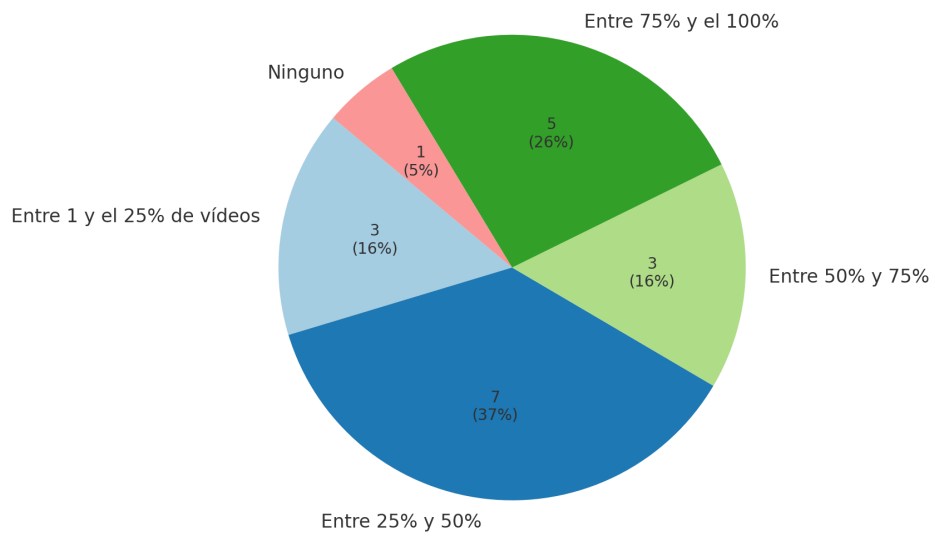
¿Qué aspectos positivos destacarías de la metodología tradicional (clase magistral)?



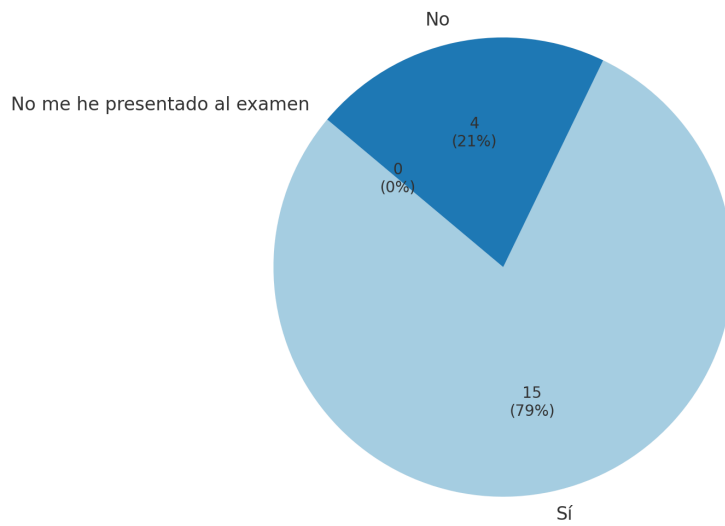
¿Qué aspectos negativos identificas en la metodología tradicional (clase magistral)?



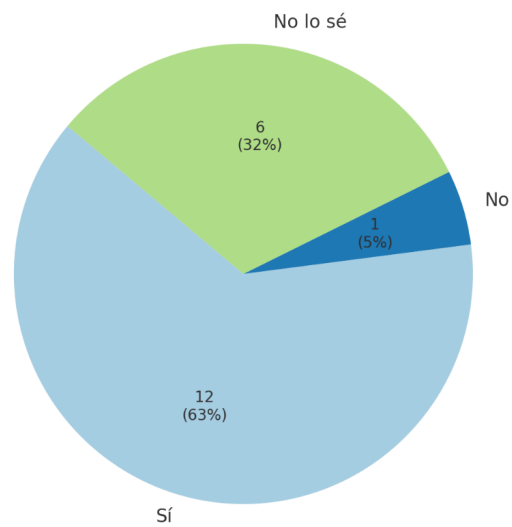
¿Cuántos vídeos de resolución de problemas has visto antes de venir a clase?



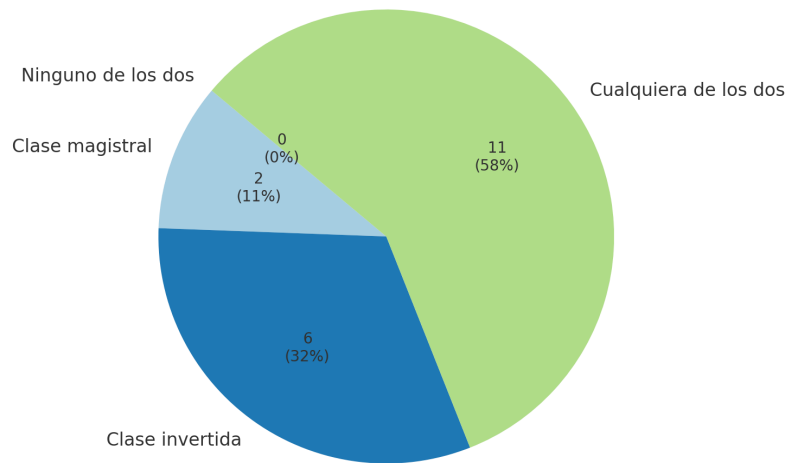
¿Has visualizado los vídeos como preparación para el examen?



¿Crees que la metodología de clase invertida (incluyendo la disponibilidad de los videos) ha influido positivamente en el desempeño de la asignatura?

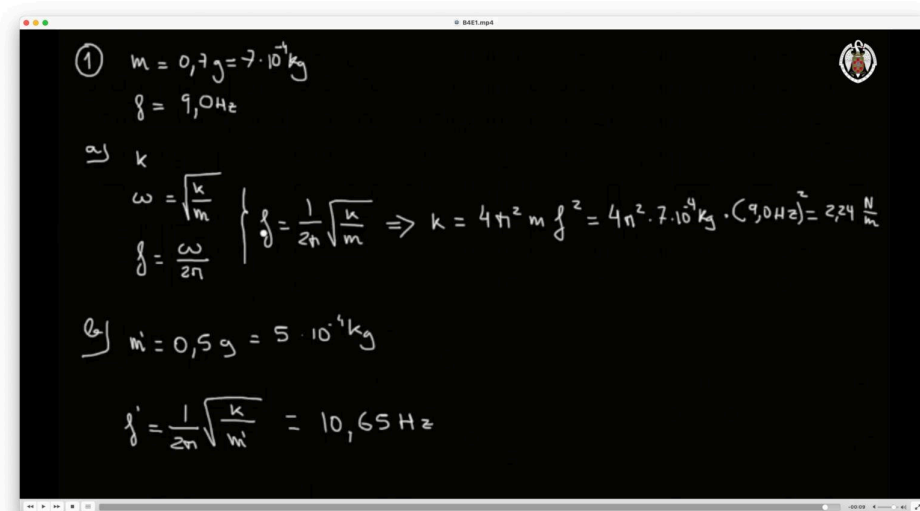
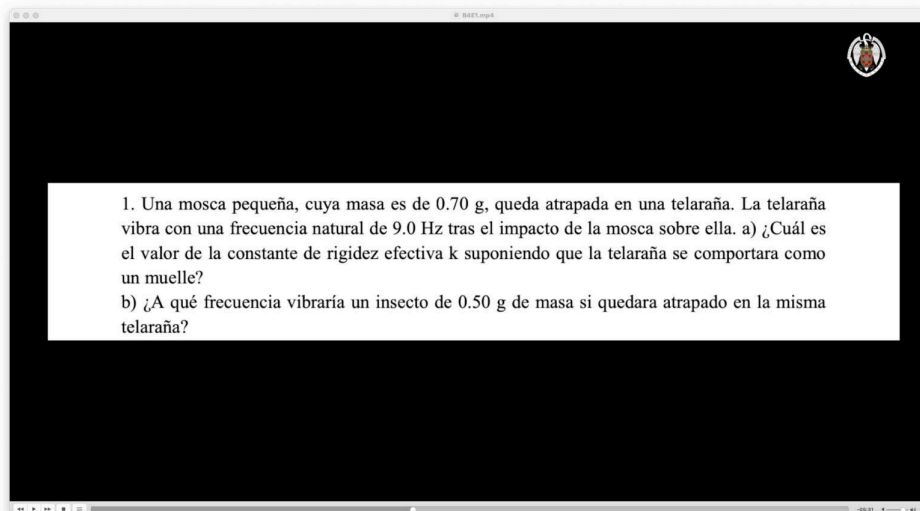


¿Qué método recomendarías a tus compañeros de clase para este u otros cursos?



## Anexo 2

A continuación, se muestran algunas capturas de pantalla de alguno de los clips de vídeo producidos dentro del proyecto vFAB.





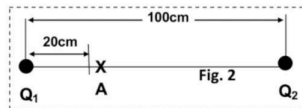
# FISICA APLICADA A LA BIOLOGÍA

## BIOELECTRICIDAD (SEMINARIO)

© UCM, Daniel Nieto (d.nieto@ucm.es)

2.- Se tienen dos cargas fijas  $Q_1 = 6 \mu\text{C}$ , y  $Q_2 = -Q_1$ , colocadas en las posiciones fijas que indica la figura 2:

- ¿Cuál es el valor del campo eléctrico generado por las dos cargas en el punto A? Haga un esquema vectorial sobre la figura.
- ¿Cuál es el valor del potencial eléctrico en el punto A?
- Si se coloca en A una carga  $Q_3 = -4Q_1$ , ¿cuál es la fuerza que actúa sobre ella? Haga un esquema vectorial de la fuerza resultante sobre  $Q_3$ .
- ¿Hacia donde se mueve la carga  $Q_3$ ? Justifique su respuesta.



②

$Q_1 = 6 \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-6} \text{C}$   
 $Q_2 = -Q_1 = -6 \cdot 10^{-6} \text{C}$

PRIN. SUPERPOSICIÓN  
 $\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$      $|\vec{E}_i| = k \frac{|Q_i|}{d^2}$

$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_{Q_1A}| + |\vec{E}_{Q_2A}| = 1,434 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$|\vec{E}_{Q_1A}| = k \frac{|Q_1|}{d_{Q_1A}^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{6 \cdot 10^{-6} \text{C}}{(0,2\text{m})^2} = 1,35 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$|\vec{E}_{Q_2A}| = k \frac{|Q_2|}{d_{Q_2A}^2} = 8,4 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$

$V = \sum_i V_i$   
 $V_A = V_{A,Q_1} + V_{A,Q_2}$   
 $V_{A,Q_1} = k \frac{Q_1}{d_{A-Q_1}} = 9 \cdot 10^9 \cdot$