

Memoria

Proyecto de Innovación Docente FISICODE (código 24-169)

Coordinador:

- Juan Antonio Bravo Aranda

Equipo Docente:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| - Guerrero Rascado, Juan Luis | - Granados Muñoz, María José |
| - Fernández Rodríguez, Miguel Ángel | - Valenzuela Gutiérrez, Antonio |
| - Rodríguez Arco, Laura | - Navas Guzmán, Francisco |
| - Fernández Carvelo, María Soledad | - Cazorla Cabrera, Alberto |
| - Foyo Moreno, Inmaculada | - Valenzuela Gutiérrez, Antonio |
| - Ortiz Amezcua, Pablo | - Navas Guzmán, Francisco |
| - del Águila Pérez, Ana | - Cazorla Cabrera, Alberto |

Contratado ICARO:

Lora Ruiz, Manuel

Contenido

1	Introducción.....	3
2	Metodología	3
3	Resultados: conceptos desafiantes.....	4
4	Desarrollo y generación de material interactivo.....	6
4.1	Conclusiones	7

1 Introducción

El aprendizaje de la Física en el ámbito universitario supone un desafío tanto para los/as discentes como para los/las docentes, debido a la abstracción de sus conceptos, la complejidad en su interpretación y aplicación, y la frecuente desconexión entre las expresiones matemáticas y los fenómenos físicos reales. En este contexto, se enmarca el proyecto de innovación docente FISICODE, con el doble propósito de identificar aquellos contenidos que generan mayores dificultades entre los/las discentes y generar material para ayudarlos en el proceso de aprendizaje y asimilación.

Una de las motivaciones centrales es reducir la brecha entre la conceptualización teórica y la aplicación práctica de los principios físicos, ya que esta disonancia impacta no solo en el rendimiento académico, sino también en la capacidad de aplicar el conocimiento en contextos nuevos o reales.

Comprender a fondo los obstáculos que enfrentan los/las discentes es crucial para diseñar recursos interactivos que favorezcan una comprensión más profunda y significativa. La experiencia docente y el análisis de resultados académicos han revelado patrones de dificultad comunes, especialmente en la abstracción conceptual, el manejo de magnitudes y la comprensión de relaciones causa-efecto.

Una vez identificados los conceptos desafiantes, se ha diseñado, implementado y publicado en abierto material interactivo que dé soporte en la etapa de aprendizaje autónomo. En resumen, este proyecto ha abordado la mejora la enseñanza de la Física universitaria, respondiendo a las necesidades detectadas y sentando las bases para una docencia más eficaz, centrada en el aprendizaje autónomo, interactivo, y asíncrono.

2 Metodología

Para identificar los conceptos que representan mayores desafíos en el aprendizaje de la Física, se adoptó una metodología que combina las perspectivas de docentes y de discentes. Este enfoque integral permitió recopilar información desde diferentes ángulos, tanto cualitativos como cuantitativos, a través de las siguientes etapas:

1. **Consulta al equipo docente basada en su experiencia personal:** se pidió a diez docentes del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada que identificaran cinco conceptos que, según su experiencia, resultan especialmente difíciles para los/las discentes. Esta fase aportó una visión subjetiva fundamentada en la práctica docente diaria y la interacción directa con los/las discentes.

2. **Análisis de errores comunes en exámenes:** al mismo equipo docente se le solicitó que señalara cinco conceptos desafiantes, basándose en los errores más frecuentes detectados en evaluaciones de cursos anteriores. Esta etapa introdujo un componente objetivo, apoyado en evidencias concretas.
3. **Encuesta al discente** (71 participantes): se realizó una encuesta dirigida a los/as discentes con el fin de identificar, desde su perspectiva, los conceptos más difíciles. Esta fase permitió contrastar y complementar las percepciones de docentes y discentes.

Gracias a este enfoque metodológico, se logró una visión amplia y equilibrada sobre los principales retos conceptuales en la enseñanza de la Física. La Tabla 1 detalla las asignaturas impartidas por el docente encuestado durante el curso 2024/25 o en años anteriores.

Tabla 1: Grados y asignaturas impartidas por el equipo docente encuestado en el curso 2024/25 o en cursos anteriores.

Profesor/a encuestado/a	Grado	Asignatura
P1	Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicaciones	Fundamentos Físicos de la Ingeniería
	Ciencias Ambientales	Física
P2	Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicaciones	Fundamentos Físicos de la Ingeniería
P3	Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicaciones	Fundamentos Físicos de la Ingeniería
	Física	Proyectos
P4	Física	Mécanica
	Física	Mécanica
	Edificación	Mécanica
P5	Ciencias Ambientales	Física
P6	Ciencias Ambientales	Física
P7	GEOMET	Instrumentación en Meteorología
P8	GEOMET	Teledetección
P9	GEOMET	Teledetección

3 Resultados: conceptos desafiantes

En el marco del proyecto se ha elaborado el entregable titulado *Informe de Identificación de Conceptos Desafiantes*, cuyo objetivo ha sido analizar y agrupar los principales obstáculos conceptuales que enfrentan los/las discentes universitarios en el aprendizaje de la Física. Para ello, se ha recurrido tanto a la experiencia docente como al análisis detallado de resultados de exámenes y encuestas a docentes.

El análisis revela que el aprendizaje del análisis dimensional presenta múltiples dificultades. Las más destacadas están relacionadas con el uso incorrecto o inconsistente de unidades, la falta de destreza al convertir entre sistemas distintos, así como la omisión de unidades en los resultados. A esto se suman problemas para estimar órdenes de magnitud, lo que repercute negativamente en la validación de resultados físicos. También se constata una escasa capacidad de abstracción cuando se trabaja con magnitudes no cuantificadas, lo que limita la comprensión cualitativa de los fenómenos físicos.

En lo que respecta a los sistemas de coordenadas, se ha observado una tendencia generalizada a cometer errores en la selección y orientación del sistema de referencia, especialmente al interpretar signos y direcciones. Del mismo modo, muchos/muchas discentes no logran identificar simetrías que podrían facilitar la resolución de los problemas, y muestran debilidades en el manejo del álgebra de vectores.

En el ámbito del cálculo diferencial e integral, se ha identificado que la interpretación física y geométrica de las derivadas no está bien consolidada, y que existen importantes dificultades tanto en su cálculo como en su aplicación a contextos como la velocidad, la aceleración o la variación de magnitudes. Algo similar ocurre con las integrales, tanto definidas como indefinidas, cuyo uso aplicado a problemas concretos (como el cálculo de áreas o flujos) no siempre es comprendido. Los operadores diferenciales, tales como el gradiente, la divergencia y el rotacional, presentan una especial complejidad por su carácter abstracto.

Otro aspecto clave identificado es la comprensión lectora y la expresión escrita, competencias que condicionan la capacidad de los/las discentes para interpretar enunciados, organizar soluciones y comunicar ideas con claridad. Se han detectado problemas al identificar los datos relevantes, establecer relaciones lógicas dentro del problema y utilizar adecuadamente el lenguaje técnico. La presentación de resultados también se ve afectada, siendo frecuente la notación incorrecta o incompleta, lo cual puede comprometer la interpretación final de una solución.

Por último, se ha dedicado un apartado específico a la abstracción, por considerarse una dificultad transversal de gran peso en el aprendizaje de la Física. Se han puesto de manifiesto carencias en la visualización y modelado de fenómenos físicos mediante esquemas o representaciones gráficas, así como una limitada capacidad para aplicar conocimientos teóricos en contextos novedosos. También se han identificado obstáculos al interpretar los resultados obtenidos y al integrarlos dentro de una estructura conceptual coherente. Además, se observa confusión frecuente en el pensamiento geométrico y físico, lo que conlleva errores al representar situaciones espaciales o al interpretar la dinámica de los sistemas.

Este informe constituye, por tanto, un diagnóstico detallado que permite orientar el diseño de materiales y estrategias pedagógicas más eficaces, con el objetivo de mejorar el aprendizaje de los conceptos fundamentales en Física desde una perspectiva basada en la evidencia. La generación de material interactivo ha sido la solución implementada.

4 Desarrollo y generación de material interactivo

Una vez identificados los principales conceptos que presentan dificultades de aprendizaje, el siguiente paso del proyecto consistió en la creación de material interactivo que facilitara la comprensión de dichos contenidos. Este proceso se articuló en varias fases, combinando la colaboración con docentes con el desarrollo técnico en entorno *Jupyter*.

La primera etapa fue la recopilación y selección de ejercicios, propuestos por el equipo docente a partir de su experiencia y de los conceptos identificados como desafiantes. Estos ejercicios abordaban temas como el análisis dimensional, el cálculo diferencial e integral, la abstracción de fenómenos físicos o la interpretación de sistemas de coordenadas. Se priorizó que los enunciados estuvieran contextualizados, fueran representativos de dificultades reales de discentes y ofrecieran potencial para el trabajo interactivo.

A partir de estos materiales iniciales, se inició una fase de discusión y revisión de la redacción. En estrecha comunicación con el equipo docente, se ajustaron los enunciados para garantizar claridad, rigor conceptual y adecuación didáctica. Este proceso incluyó la reorganización de algunos ejercicios, la incorporación de explicaciones introductorias y la sugerencia de mejoras orientadas a facilitar su comprensión por parte de los/las discentes.

Con la versión validada de los ejercicios, se procedió a su implementación en cuadernos de *Jupyter*, —también llamados *notebooks*—, el entorno elegido para el desarrollo del material interactivo. Cada notebook fue diseñado para guiar al/a la discente en la resolución del problema de manera progresiva, combinando texto explicativo con celdas de código que permitieran visualizar conceptos físicos de forma gráfica y modificar parámetros relevantes. Las visualizaciones no sólo ilustraban el fenómeno descrito, sino que promovían la exploración activa por parte del/de la discente, convirtiendo cada *notebook* en una pequeña experiencia de aprendizaje autónomo.

Una característica clave del material desarrollado fue la inclusión de celdas interactivas que permiten a los/las discentes manipular las condiciones del problema, observar la evolución temporal de sistemas físicos, o comparar distintos escenarios a partir de variaciones en las variables de entrada. Estas funcionalidades buscan reforzar la conexión entre teoría y práctica, fomentar la intuición física y facilitar la construcción de modelos mentales.

Completada esta fase de desarrollo, los *notebooks* fueron sometidos a un proceso de revisión por parte del equipo docente, que aportó sugerencias para mejorar la precisión conceptual, la claridad expositiva o el diseño gráfico de las visualizaciones. Esta retroalimentación permitió afinar los contenidos y asegurar su utilidad pedagógica.

Finalmente, todo el material fue integrado en un repositorio abierto en GitLab, disponible en <https://gitlab.com/gfatugr/fisicode>. Este repositorio facilita tanto la distribución como la mejora continua del material, y sienta las bases para la creación de una colección de recursos reutilizables y ampliables por la comunidad docente.

En conjunto, el desarrollo de estos *notebooks* interactivos representa una apuesta por una docencia más dinámica, exploratoria y centrada en el aprendizaje activo, con el objetivo de reducir las barreras conceptuales que dificultan el progreso en el estudio de la Física universitaria.

5 Conclusiones

El proyecto FISICODE ha permitido identificar de forma sistemática los principales conceptos que generan dificultades en el aprendizaje de la Física universitaria, a través de una metodología que ha combinado la experiencia de docentes, el análisis de errores comunes en exámenes y la percepción directa de discentes. Este enfoque ha evidenciado una serie de retos recurrentes, como el análisis dimensional, la abstracción conceptual, el uso de sistemas de coordenadas o el dominio del cálculo diferencial e integral, así como dificultades transversales relacionadas con la comprensión lectora y la expresión escrita.

La fase de desarrollo posterior ha estado orientada a traducir este diagnóstico en soluciones pedagógicas concretas: un conjunto de cuadernos *Jupyter* con el fin de facilitar la construcción de modelos mentales y fomentar un aprendizaje activo y autónomo. Compartir este repositorio en abierto (<https://gitlab.com/gfatugr/fisicode>) garantiza su accesibilidad, reutilización y mejora continua, consolidando así una infraestructura didáctica flexible que responde a la diversidad de ritmos y estilos de aprendizaje de los/las discentes. Además, refuerza la visión de una docencia universitaria más innovadora, que prioriza la comprensión significativa frente a la mera memorización y que aprovecha las posibilidades de la tecnología para hacer frente a los retos tradicionales de la enseñanza de la Física.

Como parte de la proyección académica y del compromiso con la mejora continua en la enseñanza de la Física universitaria, los resultados obtenidos en este proyecto —especialmente los recogidos en el *Informe de Identificación de Conceptos Desafiantes*— serán presentados en la conferencia internacional ICERI (International Conference of Education, Research and Innovation), organizada por IATED (<https://iated.org/iceri/>). La participación se realizará en formato póster y dará lugar a la publicación de un *proceeding*

en las actas oficiales de la conferencia, lo que permitirá compartir los hallazgos con la comunidad educativa internacional, contrastar enfoques metodológicos y enriquecer el desarrollo futuro del proyecto con aportaciones externas.

En definitiva, FISICODE sienta las bases para una mejora estructural en la enseñanza-aprendizaje de la Física, apoyándose en el diagnóstico riguroso de las dificultades conceptuales y en el diseño de herramientas interactivas que promuevan una experiencia más accesible, participativa y transformadora para los/las discentes.