

ANEXO V

CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

Modelo de memoria final de proyectos de innovación y buenas prácticas docentes

1. Datos generales de la actividad formativa

Título	(1) Aproximación a las leyes física a través de código interactivo (FISICODE)	
Coordinador	(2): Apellidos, Nombre	Bravo Aranda, Juan Antonio
	(3): Departamento	Física Aplicada
	(4): Email	*****
	(5): Teléfonos	*****

2. Responda a las siguientes cuestiones, indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora

1. Especifique los resultados obtenidos, indicando donde se han difundido y en qué canales se han puesto en disposición para la comunidad universitaria.

- Se han desarrollado más de 13 notebooks interactivos publicados en <https://gitlab.com/gfatugr/fisicode>.
- El curso que viene se publicarán en el PRADO de las diferentes asignaturas.
- Se ha realizado una presentación oral en las Jornadas de Proyectos de Innovación Docente en la Facultad de Ciencias (UGR, 23 junio 2025).
- Está prevista su difusión en el congreso ICERI2025 y en repositorios como Digibug.

2. Valore el grado de consecución de los objetivos. Especifique los mismos.

El proyecto FISICODE ha alcanzado un alto grado de cumplimiento de los objetivos establecidos. A continuación, se detalla su grado de consecución:

OE1: Identificación de los conceptos y leyes físicas más desafiantes

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.

OE2: Integración de la conexión entre concepto, relación causa-efecto y magnitud

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.

OE3: Creación de material interactivo virtual de acceso abierto

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.

3. Especifique el impacto de los resultados obtenidos, Valore los mismos utilizando indicadores que permitan una evaluación cuantitativa o cualitativa.

Aunque los notebooks interactivos desarrollados en el marco de FISICODE no han sido aún implementados directamente con

los/las discentes por cuestiones de calendario académico, el proyecto ha generado una base sólida de diagnóstico y desarrollo que permite anticipar un impacto significativo a corto y medio plazo.

A nivel cualitativo, el Informe de Conceptos Desafiantes ha permitido detectar cinco focos recurrentes de dificultad que afectan transversalmente a diversas titulaciones. Esta información, obtenida mediante el análisis de exámenes y una encuesta a 71 discentes, ha orientado de forma precisa el diseño de los recursos interactivos.

Desde el punto de vista cuantitativo, la participación en la encuesta representa una muestra representativa del alumnado de primer curso de Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación, lo que refuerza la validez del diagnóstico realizado. Además, más del 50 % de los/las discentes expresaron, en respuestas abiertas, una demanda explícita de materiales interactivos, ejemplos guiados y retroalimentación inmediata: necesidades a las que FISICODE da respuesta.

Por otra parte, el proyecto ha sido presentado mediante comunicación oral en las Jornadas de Proyectos de Innovación Docente en Ciencias de la Facultad de Ciencias (UGR, junio de 2025), recibiendo una acogida muy positiva por parte de los/las docentes asistentes. Además, se ha aceptado un póster sobre FISICODE en la conferencia internacional ICERI2025, donde también se publicará un artículo breve (*proceedings*), lo que amplía la visibilidad del proyecto y confirma el interés y la transferibilidad de los materiales diseñados, tanto en el ámbito local como en contextos internacionales de innovación docente.

Se prevé que, una vez implementados en el aula, los notebooks contribuyan a mejorar la comprensión conceptual, la capacidad de abstracción y la motivación de los/las discentes. Para ello, se diseñarán encuestas específicas de satisfacción y rúbricas de seguimiento que permitan valorar de forma continua su impacto real en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

4. Especifique la metodología empleada en el proceso de innovación y evalúe la misma

La metodología empleada en FISICODE se basa en tres fases: diagnóstico, diseño iterativo de recursos y evaluación, donde lo importante radica en la coherencia entre el diagnóstico inicial y el desarrollo de soluciones alineadas con las necesidades detectadas. La metodología ha demostrado ser adecuada para abordar los retos planteados, ya que el análisis combinado de exámenes, consultas al equipo docente y encuestas a discentes ha permitido triangular la información y aumentar la fiabilidad del diagnóstico. Este punto de partida riguroso ha evitado caer en intuiciones poco fundamentadas y ha guiado el desarrollo de los recursos con precisión.

Uno de los aspectos más valiosos de la metodología ha sido el uso de notebooks Jupyter en Google Colab, ya que ha facilitado un desarrollo técnico ágil, pero sobre todo ha permitido que los recursos se adapten a diferentes estilos de aprendizaje y ritmos de trabajo (aprendizaje asíncrono). El enfoque modular y la estructura autocontenida de cada notebook han sido claves para fomentar la autonomía del/la discente.

En cuanto a las limitaciones, cabe señalar que, aunque se ha previsto una evaluación formativa con encuestas y guías de observación, la falta de implementación directa durante el presente curso ha impedido aplicar completamente estos instrumentos. Esto no invalida la metodología, pero sí retrasa su validación empírica con datos de aula.

En resumen, la metodología empleada ha sido eficaz para establecer una base sólida de innovación, tanto por su enfoque basado en evidencias como por la elección de herramientas abiertas, replicables y alineadas con los principios del Plan AcademiaUGR. Su impacto dependerá de su integración sostenida en la práctica docente, lo que requerirá continuidad más allá del ciclo de financiación del proyecto.

5. Realice cualquier otra consideración evaluativa que permita realizar una adecuada valoración de la actividad de formación desarrollada.

Informe de Identificación de Conceptos Desafiantes

Autores:

- Juan Antonio Bravo Aranda
- Guerrero Rascado, Juan Luis
- Fernández Rodríguez, Miguel Ángel
- Rodríguez Arco, Laura

- Fernández Carvelo, María Soledad
- Foyo Moreno, Inmaculada
- Ortiz Amezcua, Pablo
- del Águila Pérez, Ana
- Granados Muñoz, María José
- Valenzuela Gutiérrez, Antonio
- Navas Guzmán, Francisco
- Cazorla Cabrera, Alberto
- Lora Ruiz, Manuel

1 Introducción

El aprendizaje de la Física en el ámbito universitario representa un reto significativo tanto para los/as discentes como para el equipo docente. La naturaleza abstracta de muchos conceptos, la dificultad inherente en la interpretación y aplicación de leyes físicas, y la desconexión frecuente entre la representación matemática y el fenómeno físico subyacente constituyen barreras cognitivas que obstaculizan el desarrollo de un conocimiento profundo y aplicado.

El presente **Informe de Identificación de Conceptos Desafiantes** (ICD) surge como un esfuerzo en el marco del proyecto de innovación docente FISICODE (código 24-169), cuyo objetivo principal es **identificar y abordar los conceptos y leyes físicas que presentan mayores desafíos para el estudiantado**. Este estudio está motivado por la necesidad de comprender las dificultades específicas que enfrentan los/as discentes, con el fin de diseñar recursos interactivos que promuevan una comprensión integral y significativa. La observación acumulada por el equipo docente y la reflexión sobre los resultados académicos han evidenciado patrones de dificultad recurrentes, destacando, entre otros, problemas en la abstracción de conceptos, el manejo de magnitudes físicas y la interpretación de relaciones causa-efecto.

Una de las motivaciones principales de este estudio es superar la disonancia detectada entre la conceptualización y la aplicación de los principios físicos. Esta disonancia no solo limita el éxito académico, sino que también compromete la capacidad de los/as discentes para extrapolar sus conocimientos a situaciones prácticas o nuevas, que aparecerán también más allá de esta etapa académica.

Este informe no solo busca identificar los conceptos desafiantes, sino también **establecer una base para su integración en materiales educativos innovadores** desarrollados en la plataforma Jupyter. Dichos materiales incluirán ejemplos interactivos y actividades que conecten los conceptos abstractos con aplicaciones prácticas, promoviendo así una experiencia de aprendizaje más tangible y accesible.

En síntesis, el ICD constituye una herramienta clave para la mejora de la enseñanza de la Física, respondiendo a las necesidades detectadas y marcando el camino hacia una docencia más efectiva. A través de este estudio, se pretende no solo resolver dificultades puntuales, sino también contribuir al desarrollo de una comunidad académica que valore y promueva el aprendizaje significativo.

2 Metodología

Con el objetivo de identificar los conceptos desafiantes, se ha implementado un enfoque metodológico que combina la perspectiva de el equipo docente y de los/as propios/as discentes, como sigue:

- Consulta al equipo docente basada en su experiencia personal:** Se solicitó a un grupo de diez docentes pertenecientes al Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada que identificaran cinco conceptos que, según su opinión y experiencia docente, representan los mayores desafíos para los discentes. Esta etapa permitió recopilar percepciones subjetivas basadas en la interacción directa con los/as discentes.
- Análisis de errores comunes en exámenes:** Se solicitó al mismo equipo docente que identificaran cinco conceptos desafiantes, basándose en los errores más recurrentes observados en las evaluaciones de convocatorias anteriores. Esta etapa añadió un componente objetivo, basado en evidencia documental.
- Encuesta a discentes:** Se llevó a cabo una encuesta dirigida al estudiantado con el propósito de identificar los conceptos que este considera más difíciles. Esta etapa buscó incorporar su perspectiva y contrastar las percepciones con las del equipo docente.

Estas etapas han permitido obtener una visión amplia y equilibrada sobre los conceptos que presentan mayores retos en el aprendizaje, al combinar datos cualitativos y cuantitativos. La Tabla 1 muestra las asignaturas impartidas por el equipo docente encuestado en el curso 2024/25 o en cursos 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
	Ingeniería Electrónica Industrial	Termodinámica Técnica y Fluidos
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

Tabla 2: Conceptos desafiantes según experiencia personal.

Concepto Desafiante	Profesor/a Encuestado/a										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Análisis dimensional	x		x	x	x	x			x		6
Sistema de coordenadas	x	x	x							x	4
Cálculo diferencial e integral	x	x	x	x	x	x			x		7
Comprensión lectora y expresión escrita	x			x				x		x	4
Abstracción	x	x		x	x		x	x	x	x	8

Tabla 3: Conceptos desafiantes según el análisis de errores comunes en exámenes.

Concepto Desafiante	Profesor/a Encuestado/a										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Análisis dimensional	x			x		x			x		4
Sistema de coordenadas	x	x		x	x					x	5
Cálculo diferencial e integral		x			x				x		3
Comprensión lectora y expresión escrita	x		x	x		x		x	x	x	7
Abstracción	x	x	x	x	x		x	x	x	x	9

3 Resultados: conceptos desafiantes

3.1 Análisis dimensional

El análisis dimensional es una herramienta fundamental en Física, ya que permite verificar la consistencia de las ecuaciones físicas, identificar errores en cálculos y realizar estimaciones de órdenes de magnitud. Sin embargo, su aprendizaje y aplicación presentan diversos desafíos que han sido destacados tanto por el equipo docente como por el análisis de exámenes.

De acuerdo con las encuestas realizadas, los conceptos más señalados como desafiantes en esta categoría son:

Unidades: este fue el tema más recurrente, mencionado cuatro veces por el equipo docente basándose en su experiencia personal y cuatro veces en el análisis de exámenes. Las dificultades incluyen la conversión entre sistemas de unidades, la omisión de estas en los resultados y su uso incorrecto en cálculos.

Órdenes de magnitud: los discentes suelen mostrar problemas para comprender y estimar las escalas relativas de las magnitudes físicas, lo que afecta a su capacidad para interpretar los resultados correctamente.

Abstracción de magnitudes: el alumnado encuentra difícil formarse una imagen intuitiva de las magnitudes físicas (masa, presión, flujo, etc.) sin recurrir a valores numéricos concretos, lo que reduce su capacidad para anticipar y explicar de forma cualitativa las relaciones causa-efecto presentes en un fenómeno.

3.2 Sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas y su correcta aplicación representan un aspecto crucial en la resolución de problemas físicos, ya que permiten establecer un marco de referencia adecuado para describir fenómenos, aplicar las leyes correspondientes, y analizar sus propiedades matemáticas y geométricas. Sin embargo, los resultados obtenidos reflejan una serie de dificultades recurrentes entre el alumnado, destacadas tanto en la experiencia de el equipo docente como en el análisis de exámenes.

Entre los conceptos más señalados como desafiantes se encuentran:

Sistemas de referencia y orientación: Mencionados repetidamente, tanto en encuestas al equipo docente como en el análisis de exámenes. Los/as discentes suelen enfrentar problemas al seleccionar, posicionar y utilizar el sistema de referencia más adecuado según la dimensión y la naturaleza del problema físico. Además, se presentan dificultades con los signos y la orientación en sistemas de coordenadas, lo que constituye un obstáculo recurrente al realizar análisis geométrico o físico.

Identificación de simetrías presentes: Este aspecto, estrechamente ligado a los sistemas de coordenadas, es fundamental para simplificar ecuaciones y realizar análisis más eficientes. Sin embargo, los/as discentes muestran dificultades al reconocer y aprovechar estas simetrías.

Álgebra de vectores: Citado en cuatro ocasiones, este tema subraya las complicaciones en operaciones básicas como la suma, el producto escalar y vectorial, la descomposición de vectores y su aplicación en problemas relacionados con sistemas de coordenadas. La correcta interpretación de los signos en dichas operaciones es especialmente problemática.

El equipo docente también ha destacado la necesidad de fortalecer la comprensión de conceptos como la relación entre diferentes

sistemas de coordenadas (cartesianas, cilíndricas y esféricas) y la elección óptima según el problema a resolver. Estos problemas, si no se abordan adecuadamente, pueden generar errores acumulativos que dificultan la resolución de problemas más complejos.

3.3 Cálculo diferencial e integral

El cálculo diferencial e integral constituye una herramienta central en la Física, indispensable para modelar, analizar y predecir el comportamiento de sistemas físicos. A pesar de su relevancia, los/as discentes encuentran significativas barreras en su aprendizaje y aplicación, lo que se refleja tanto en las respuestas del equipo docente, como en el análisis de exámenes previos.

Entre las principales dificultades destacadas en esta categoría se encuentran:

Derivadas y su interpretación: Los/as discentes muestran problemas recurrentes para comprender la noción de derivada, tanto en su interpretación geométrica como física, así como en su cálculo. Esto incluye su aplicación en contextos como la velocidad, aceleración y cambios en propiedades físicas.

Integrales y su uso aplicado: Las dificultades incluyen no solo el cálculo de integrales definidas e indefinidas, sino también su aplicación en problemas físicos, como el cálculo de áreas, volúmenes, y análisis de flujos mediante integrales de línea y de superficie.

Operadores diferenciales: Conceptos como divergencia, rotacional y gradiente presentan desafíos significativos debido a su naturaleza abstracta y a la complejidad en su representación en diferentes sistemas de coordenadas.

3.4 Comprensión lectora y expresión escrita

La comprensión lectora y la expresión escrita son competencias esenciales para el aprendizaje efectivo de la Física, ya que permiten al estudiantado interpretar enunciados, plantear soluciones coherentes y comunicar resultados de manera precisa. Sin embargo, estas habilidades presentan desafíos significativos que han sido destacados tanto por el equipo docente como en los exámenes analizados.

Entre las principales dificultades señaladas en esta categoría se encuentran:

Comprensión lectora: Mencionada de manera recurrente, esta dificultad abarca la incapacidad de interpretar correctamente enunciados de problemas, identificar los datos relevantes y conectar las diferentes partes del texto para formular una solución adecuada.

Expresión escrita: Los/as discentes suelen tener problemas para estructurar y redactar informes o respuestas de manera clara y coherente. Esto incluye la organización de ideas, el uso adecuado del lenguaje técnico y la presentación de resultados de forma comprensible.

Presentación de resultados y notación: La utilización incorrecta o inconsistente de notaciones matemáticas y físicas, así como la omisión de detalles clave (por ejemplo, indicar el símbolo de vector sobre la expresión de una magnitud), afecta tanto la calidad de los resultados como su interpretación por parte del lector.

3.5 Abstracción

La abstracción es un proceso cognitivo esencial en el aprendizaje de la Física, que permite al discente simplificar sistemas complejos, identificar las variables clave y aplicar principios generales a situaciones específicas. Sin embargo, este proceso se encuentra entre los más desafiantes en la formación universitaria, como lo reflejan los resultados obtenidos en las encuestas al equipo docente y el análisis de exámenes. Las dificultades en este ámbito abarcan desde la interpretación de leyes físicas hasta la capacidad de relacionar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas.

Entre los principales aspectos desafiantes identificados se encuentran:

Visualización y modelado de fenómenos: Los/as discentes muestran dificultades para conceptualizar y representar fenómenos físicos a través de diagramas, como los diagramas de cuerpo libre, o al interpretar perfiles verticales de propiedades atmosféricas en radiosondeos. La habilidad para simplificar y representar situaciones complejas mediante modelos visuales es clave, pero requiere un dominio progresivo que muchos discentes no alcanzan sin apoyo específico.

Aplicación de conceptos teóricos en contextos nuevos: Otro desafío significativo es la transferencia de conocimientos adquiridos en clase a problemas novedosos o aplicaciones prácticas. Esto incluye la identificación de las leyes físicas relevantes, como la ecuación de Bernoulli en dinámica de fluidos, y su adaptación a escenarios específicos. La incapacidad de separar ideas clave de detalles secundarios complica aún más este proceso.

Interpretación de resultados y síntesis de información: Tanto en exámenes como en actividades prácticas, se observa que los/as discentes tienen dificultades para analizar los resultados obtenidos, relacionarlos con las leyes físicas subyacentes y sintetizar conclusiones coherentes. Esto también incluye errores conceptuales al interpretar magnitudes como la presión o la tensión superficial, y confusiones en la diferenciación entre conceptos relacionados, como volumen y superficie.

Pensamiento geométrico y físico: Los problemas para comprender la representación geométrica de magnitudes y su interpretación en el contexto de sistemas físicos también fueron señalados por el equipo docente. Ejemplos de esto incluyen confundir la frecuencia de un oscilador amortiguado con la de un oscilador sin amortiguación, o interpretar incorrectamente los signos y las orientaciones en diagramas.

4 Encuesta docente

Para identificar las barreras de aprendizaje en Física, se realizó la encuesta del Anexo I en todas las asignaturas. Se consiguieron recabar 71 respuestas de discentes, mayoritariamente alumnos del Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación. En primer lugar, el “Cálculo diferencial e integral” es el concepto desafiante más señalado por los/as discentes (32.4%), seguido por “Abstracción de fenómenos físicos”, “Análisis dimensional”, y “Sistema de coordenadas” con porcentajes similares (~16%). Resulta significativo que uno de cada diez discentes universitarios identifica la comprensión lectora y escrita como un desafío. En el ámbito de la “Abstracción de fenómenos físicos”, un 48 % de los alumnos identifica la “visualización gráfica” como uno de sus principales obstáculos. Este hallazgo —casi tan señalado como la comprensión de enunciados (66 %)— pone de manifiesto la necesidad de proporcionar herramientas que permitan visualizar e interactuar con simulaciones en tiempo real, facilitando la construcción de la representación mental de los fenómenos físicos.

Un 37 % de discentes reconoce dificultad para distinguir ideas clave de detalles secundarios en un enunciado. Esta dificultad

también se detecta en la media de 3,30 en la escala de 1 a 5 sobre “dificultad para aplicar conocimientos teóricos en nuevas situaciones”. Por lo tanto, la mera exposición de conceptos y ejercicios resueltos no garantiza la transferencia de aprendizaje. En este sentido, los ejercicios autocorregibles con retroalimentación inmediata —por ejemplo, simulaciones donde el/la discente ajusta parámetros físicos y observa los efectos al instante— harían más visible la conexión entre teoría y práctica, reforzando la comprensión profunda. Esto es algo importante a la hora de universalizar los conceptos y técnicas aprendidas, puesto que es común que el conocimiento adquirido sea a menudo superficial en tanto que pequeñas reformulaciones o cambios de perspectiva conviertan al mismo problema en irresoluble para el/la discente.

Otro aspecto a considerar es la fuerte preferencia por la autonomía de estudio: la mayoría opta por resolver los ejercicios de forma independiente antes que consultar a docentes u otros discentes. Esto refuerza la demanda de ejemplos resueltos y práctica guiada —expresada por más del 50% de los comentarios abiertos— y subraya la necesidad de un repositorio interactivo de problemas desglosados paso a paso. Se facilita tanto la revisión autónoma como la autoevaluación, consolidando competencias procedimentales.

Por último, la heterogeneidad en el ritmo de aprendizaje queda patente en las medias de 3,06 (“me cuesta seguir el ritmo de la asignatura”) y 2,97 (“no tengo suficiente tiempo”), mientras que herramientas asíncronas permitirían avanzar a diferente velocidad y reforzar la motivación al celebrar logros intermedios.

En conclusión, un entorno interactivo tiene un alto potencial de ayudar a entrenar al alumno en la identificación de la información relevante y a estructurar su proceso de resolución de manera más eficiente.

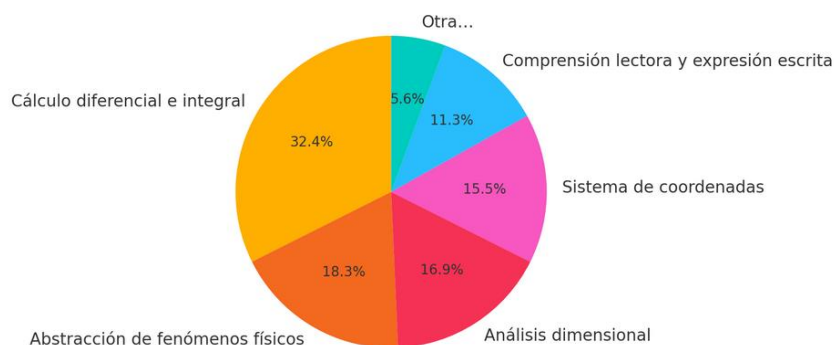


Figura 1: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta del Proyecto FISICODE (n = 71). La figura muestra la distribución de respuestas a la pregunta “¿Qué concepto o ámbito de conocimiento en el campo de la Física le resulta de mayor desafío?”, agrupadas en 6 categorías.

5 Propuesta de soluciones

Para superar estas barreras, se sugiere implementar actividades interactivas en las que los/as discentes puedan experimentar con diferentes sistemas de unidades, realizar cálculos guiados y visualizar órdenes de magnitud mediante gráficos y simulaciones. Estas estrategias serán parte del material desarrollado en el marco del proyecto FISICODE, asegurando una mejora significativa en la comprensión de los conceptos relacionados con el análisis dimensional. Entre las recomendaciones se incluyen:

Simulaciones interactivas: Actividades que permitan explorar fenómenos complejos mediante herramientas visuales y dinámicas, ayudando a los discentes a construir modelos mentales precisos. Por ejemplo, desarrollar *notebooks* interactivos que permitan explorar conceptos como la derivada y la integral a través de gráficos.

Problemas contextualizados: Ejercicios que conecten conceptos teóricos con situaciones reales, fomentando la transferencia y aplicación de conocimientos. Incluir explicaciones visuales y ejercicios prácticos que aclaren el uso y significado de operadores diferenciales en diversos sistemas de coordenadas.

6 Conclusiones

El análisis combinado de la experiencia docente, los patrones de error en exámenes y la encuesta al discente coincide en la existencia de cinco focos de dificultad comunes: cálculo diferencial e integral, abstracción de fenómenos físicos, análisis dimensional, uso de sistemas de coordenadas y comprensión lectora y expresión escrita. Esta coincidencia entre fuentes consolida la fiabilidad del diagnóstico y orienta las acciones de mejora.

La encuesta muestra que el 48 % de discentes tiene problemas para visualizar escenarios físicos y el 66 % para interpretar enunciados, lo que evidencia la urgencia de materiales que integren representaciones gráficas interactivas y textos claros, conectando el modelo matemático con el fenómeno real. Asimismo, la mayoría de discentes prefiere resolver dudas por su cuenta antes que acudir a tutorías; más de la mitad solicita ejemplos resueltos paso a paso y ejercicios con retroalimentación inmediata. Esto apunta a la conveniencia de recursos que mantengan la iniciativa del discente y ofrezcan ayudas graduadas.

Para responder a estas necesidades, se identifican adecuados los cuadernos Jupyter que incluyen simulaciones, problemas guiados y ejercicios autocorregibles. Su estructura modular aborda directamente los núcleos de dificultad y permite avanzar al propio ritmo con retroalimentación instantánea. El enfoque interactivo presenta varias ventajas: ayuda a construir intuiciones mediante visualizaciones dinámicas; ofrece práctica guiada; y permite al trabajo asíncrono, adaptándose a distintos ritmos y horarios.

En resumen, al abordar simultáneamente los obstáculos conceptuales y las estrategias de estudio, FISICODE tiene el potencial de mejorar la comprensión profunda, disminuir la repetición de asignaturas y fomentar un aprendizaje significativo y duradero en Física universitaria, constituyéndose en un modelo transferible a otras instituciones.

Anexo I: Encuesta Docente

Sabemos que interpretar y aplicar ecuaciones en Física puede ser todo un reto. Los/as profesores/as implicados/as en este proyecto de innovación docente hemos identificado que algunos de esos desafíos están relacionados con la dificultad en conectar la parte

matemática con conceptos, lo que hace difícil comprender a fondo los principios físicos. También hemos notado que puede haber dificultades al estimar el "orden de magnitud" de algunas propiedades físicas, lo que complica visualizar la relación entre los conceptos y sus valores numéricos.

Por eso, queremos conocer tu perspectiva a través de esta encuesta. Con tu opinión, podremos crear materiales visuales y prácticos que te ayuden a entender mejor los conceptos físicos y su conexión con las ecuaciones matemáticas, haciéndolo todo más claro y aplicable a la realidad. ¡Tu participación es clave!

Instrucciones: Marca la opción que mejor represente tu experiencia y responde las preguntas abiertas con la mayor claridad posible.

SECCIÓN 1: INFORMACIÓN DEL DISCENTE

¿Qué grado está cursando en el presente curso académico?

- ☐ Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación
- ☐ Grado en Física
- ☐ Grado en Edificación
- ☐ Grado en Estudios de Arquitectura
- ☐ Grado en Ciencias Ambientales
- ☐ Otra...

¿Ha cursado/cursa la asignatura equivalente a Física general del primer año de su grado?

- ☐ Sí
- ☐ No.

¿Qué concepto o ámbito de conocimiento en el campo de la Física le resulta de mayor desafío?

- ☐ Análisis dimensional
- ☐ Sistema de coordenadas
- ☐ Cálculo diferencial e integral
- ☐ Comprensión lectora y expresión escrita
- ☐ Abstracción de fenómenos físicos
- ☐ Otra...

SECCIÓN 2: ANÁLISIS DIMENSIONAL

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades con comprender y utilizar correctamente las unidades en problemas físicos? (1 = Nunca, 5 = Siempre)

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades con estimar órdenes de magnitud de una magnitud física? (1 = Nunca, 5 = Siempre)

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades con expresar correctamente las magnitudes físicas con sus unidades? (1 = Nunca, 5 = Siempre)

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades al utilizar el análisis dimensional para verificar ecuaciones? (1 = Nunca, 5 = Siempre)

En su experiencia, ¿qué aspectos del análisis dimensional le resultan más difíciles y por qué?

SECCIÓN 3: SISTEMAS DE COORDENADAS

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades en elegir el sistema de referencia adecuado para un problema? (1 = Nunca, 5 = Siempre) *

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades en interpretar los signos al trabajar con coordenadas y vectores? (1 = Nunca, 5 = Siempre) *

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades en identificar simetrías en problemas físicos? (1 = Nunca, 5 = Siempre) *

¿Con qué frecuencia ha experimentado dificultades en aplicar correctamente el álgebra de vectores en coordenadas? (1 = Nunca, 5 = Siempre) *

¿Cómo mejoraría la enseñanza de los sistemas de coordenadas en clase?

SECCIÓN 4: CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

¿Cuáles de los siguientes conceptos le resultan más difíciles? (Marque todas las que apliquen)

- ☐ Derivadas
- ☐ Integrales
- ☐ Derivadas parciales
- ☐ Integrales múltiples
- ☐ Campos vectoriales
- ☐ Otra (especificar)

¿Puede describir una situación en la que estos conceptos le hayan dificultado la resolución de un problema?

SECCIÓN 5: COMPRENSIÓN LECTORA Y EXPRESIÓN ESCRITA

¿Cuáles de los siguientes aspectos le han generado más dificultades en Física? *

- ☐ Comprensión de enunciados
- ☐ Interpretación de gráficos
- ☐ Expresión de ideas con lenguaje técnico
- ☐ Organización de procedimientos
- ☐ Otra (especificar)

¿Cómo cree que se podría mejorar la enseñanza de estos aspectos?

SECCIÓN 6: ABSTRACCIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS

¿Con qué frecuencia le cuesta aplicar los conocimientos teóricos en nuevas situaciones? (1 = Nunca, 5 = Siempre)

¿Cuáles de los siguientes desafíos de abstracción ha encontrado?

- Visualización de fenómenos
- Relacionar conceptos
- Interpretar leyes físicas en contextos nuevos
- Separar ideas clave de detalles
- Otra (especificar)

¿En qué situaciones concretas ha experimentado dificultades con la abstracción o conceptualización de leyes o términos físicos?

SECCIÓN 7: HÁBITOS DE ESTUDIO

Cuando se enfrenta a una situación de dificultad en Física, ¿cuál es su estrategia principal para abordarla? *

- Intento resolverlo por mi cuenta, analizando el problema desde diferentes ángulos.
- Consulto mis apuntes o el material de clase para revisar conceptos clave.
- Busco información adicional (libros, vídeos o recursos en línea).
- Pido ayuda a compañeros/as para discutir el problema en grupo.
- Consulto al/a la profesor/a o tutor/a para aclarar dudas.
- Intento aplicar ejemplos o problemas similares que ya haya resuelto.
- Si no lo entiendo, prefiero dejarlo y continuar con otro tema.
- Otra...

Cuando se enfrenta a una situación de dificultad en Física durante una clase, ¿cuál es su estrategia principal para abordarla? *

- Intento seguir adelante y entender lo que pueda, aunque no resuelva mi duda en el momento.
- Anoto la duda para revisarla después con más calma.
- Espero a que el/la profesor/a lo explique de otra manera o con más ejemplos.
- Pregunto al/a la profesor/a en el momento.
- Intento entenderlo revisando rápidamente mis apuntes o el material disponible.
- Comento mi duda con un/a compañero/a cercano/a para ver si lo ha entendido mejor.
- Otra...

¿Ha asistido alguna vez a tutorías de Física con su profesor/a?

- Sí, de forma frecuente.
- Sí, ocasionalmente.
- Sí, rara vez.
- No, pero me gustaría asistir.
- No, y no considero necesario asistir.

Si no asiste a tutorías, ¿cuál es la razón principal?

- No conozco el horario o la disponibilidad del profesor/a.
- No me siento cómodo/a preguntando dudas en tutorías.
- Prefiero resolver dudas por mi cuenta o con compañeros/as.
- No tengo tiempo debido a otras obligaciones académicas o personales.
- No considero que las tutorías sean útiles para mi aprendizaje.
- Otra...

SECCIÓN 8: PERCEPCIÓN DE DIFICULTAD Y MOTIVACIÓN

Cuando siente que Física le resulta especialmente difícil, ¿en qué grado cree que las siguientes afirmaciones son representativas de su situación?:

- «Siento que mi formación previa en matemáticas o física no es suficiente» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «No tengo suficiente tiempo para dedicarle a la asignatura» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «Me cuesta ver la utilidad práctica de los conceptos, lo que me desmotiva» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «La forma en que se explican los contenidos no se adapta a mi manera de aprender» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «Me cuesta seguir el ritmo de la asignatura y no sé cómo ponerme al día» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «No suelo hacer ejercicios o practicar lo suficiente por mi cuenta» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *
- «No identifico claramente cuál es el problema, solo sé que me cuesta» (1 = En absoluto, 5 = Completamente) *

4. Aporte una memoria económica con los gastos derivados del proyecto, especificando las partidas presupuestarias, gastos específicos y adjuntando los justificantes de pago.

4.1. Memoria económica del PIB tipo A o B (desarrollados en un curso académico, sea en un semestre o en dos semestres)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal primer periodo o semestre	Subtotal segundo periodo o semestre
Prácticas (7 meses, 15 horas/semana)	480	1200
Inscripción congreso docente y publicación proceeding		500
TOTAL	1700	

4.1. Memoria económica para PIB tipo C (desarrollados en uno o dos cursos académicos)

Conceptos en los que se ha gastado	Subtotal Primer Semestre	Subtotal Segundo Semestre	Subtotal Tercer Semestre	Subtotal Cuarto Semestre
TOTAL				

5. Aporte una memoria de gestión indicando los puntos fuertes, las dificultades y posibles opciones de mejora que han surgido a partir de la innovación docente planteada.

La principal dificultad ha sido de carácter temporal: la extensión natural del calendario académico no ha permitido implementar los materiales con los/las discentes antes del cierre de la memoria. Además, el estudiante ICARO se incorporó a mitad de

proyecto. Esto ha impedido, por ahora, recoger evidencias directas sobre su impacto en el aula.

Opciones de mejora

De cara a su continuidad, se propone desarrollar más notebooks e integrarlos en páginas web con QUATRO. Por último, se propone completar la evaluación del impacto mediante la implementación controlada en el próximo curso y su análisis con instrumentos validados. En conjunto, la experiencia ha sido positiva y ha sentado las bases para una innovación sostenible, replicable y con vocación de mejora continua.

6. Indique los datos del profesorado (incluido en la solicitud o cuya inclusión haya sido autorizada por el Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado) que ha asistido al 80% de las acciones desarrolladas y al que hay que certificar la actividad.

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

Fecha: 31 de julio de 2025

El/La Coordinador/a

Firmado: Juan Antonio Bravo Aranda