



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

**Memorias del Programa
de Redes-I3CE de calidad,
innovación e investigación
en docencia universitaria**

**Memòries del Programa
de Xarxes-I3CE de qualitat,
innovació i investigació
en docència universitària**

Convocatoria
2020-21

Convocatòria
2020-21



Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción; Díez Ros, Rocío; Pellín Buades, Neus (Eds.)

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Vicerectorat de Transformació Digital
Vicerrectorado de Transformación Digital
Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Transformació Digital) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Transformación Digital) de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición*: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros, Neus Pellin Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ *Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante*

Primera edició / *Primera edición*: desembre 2021/ diciembre 2021

© De l'edició/ *De la edición*: Rosana Satorre Cuerda, Asunción Menargues Marcillas, Rocío Díez Ros & Neus Pellin Buades

© Del text: les autores i autors / *Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Universitat d'Alacant / *De esta edición: Universidad de Alicante*

ice@ua.es

Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2020-21 / Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària. Convocatòria 2020-21 © 2021 by Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

ISBN: 978-84-09-34941-8

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

Aquesta publicació s'ha fet seguint les directrius d'accessibilitat UNE-EN 301549:2020 / Esta publicación se ha hecho siguiendo las directrices de accesibilidad UNE-EN 301549:2020.

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels treballs publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva de les autores i dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los trabajos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de las autoras y de los autores.*

105. Investigación docente para estudiar el razonamiento del alumnado en la resolución de problemas de física en titulaciones de ingeniería y arquitectura

J. J. Rodes Roca; J. M. Torrejón Vázquez; M. Martínez Chicharro; R. García Lozano; G. Sanjurjo Ferrín; G. Bernabeu Pastor

jjrodes@ua.es, jmt@ua.es, maria.chicharro@ua.es,
ruben.garcialozano@ua.es, graciela@sanal.es, bernabeu@ua.es

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal/Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías

Universidad de Alicante

Resumen (Abstract)

En general, resulta demasiado habitual para el alumnado de grado en ingeniería o arquitectura utilizar las fórmulas matemáticas sin comprender adecuadamente su significado físico. El principal objetivo del trabajo es identificar si la evaluación objetiva del razonamiento estudiantil en la resolución de problemas contribuye a mejorar el aprendizaje de la física en el alumnado de forma significativa. Los resultados serán útiles para conocer cómo se adquieren las estrategias de resolución de problemas así como su interpretación de las leyes y conceptos de física. Como herramienta se ha empleado una rúbrica y se ha realizado un ejercicio demostrativo para el desarrollo de la experiencia. La novedad radica en que si no se explica la resolución del ejercicio paso a paso la máxima puntuación se reduce al 69% si

se ha hecho correctamente. Se podrán detectar equívocos conceptuales aplicados y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física en el nivel universitario. Un cuestionario anónimo evaluará tanto la rúbrica como la experiencia educativa y la red evaluará la consistencia de la rúbrica.

Palabras clave: estrategias, problemas, física, equivocaciones

1. Introducció

En general, el alumnado de titulaciones técnicas no suele explicar los pasos que ha realizado para resolver problemas de física. Como consecuencia, cuando presentan la solución resulta muy habitual que no se interprete el significado físico del resultado obtenido. Algunas investigaciones didácticas en el contexto de ejercicios simples de cinemática han mostrado indicios de que la estrategia de sustituir datos en una ecuación es la más ampliamente usada (Rodes-Roca et al., 2020; Zuza et al., 2016). Por esta razón, se ha propuesto que en la resolución de problemas de física se debería incluir una breve explicación del proceso llevado a cabo para lograr la solución obtenida.

2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar en este trabajo son: diseñar ejercicios en los que el estudiantado tiene que reflexionar sobre cuál sería la primera fase de su resolución, introducir la necesidad de explicar brevemente cada paso del proceso realizado, analizar la evolución del aprendizaje del alumnado basado en la entrega de los problemas propuestos tanto en línea como en el aula, y recibir retroalimentación estudiantil de su percepción de esta experiencia educativa a través de un cuestionario anónimo.

3. Método

3.1. Descripción del contexto y de los participantes

Este proyecto de evaluación formativa del alumnado se ha desarrollado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante en titulaciones de ingeniería y arquitectura que el equipo imparte en el curso 2020-21. La participación de esta experiencia educativa han cursado las asignaturas de Física Aplicada 1 (segundo cuatrimestre de primer año, 18 estudiantes, 11 mujeres) y 2 (primer cuatrimestre de segundo año, 26 estudiantes, 13 mujeres) del Grado en Fundamentos de la Arquitectura y Fundamentos Físicos de la Informática (primer cuatrimestre de primer año, 21 estudiantes, 3 mujeres) del Grado en Ingeniería Informática. Las dos primeras materias se han impartido

en inglés y la última en valenciano, respectivamente. El desplazamiento de la ciudadanía ha estado restringido debido a la situación de la pandemia en España, por lo que este trabajo se ha hecho en el entorno de una docencia dual, asistentes a las sesiones tanto en línea como presencial.

3.2. Instrumento utilizado para evaluar la experiencia educativa

Un cuestionario anónimo al alumnado servirá para evaluar la rúbrica que acompaña la evaluación formativa y la percepción del aprendizaje de la materia.

3.3. Descripción de la experiencia

El alumnado recibió una explicación detallada del significado de la rúbrica y se realizó una demostración práctica de cómo se iba a aplicar para analizar sus estrategias de resolución su comprensión de las leyes de la física. Se planificó las entregas y ejercicios presenciales atendiendo a la guía docente de cada asignatura. Se propuso un cuestionario voluntario y anónimo con una graduación tipo Lickert y una pregunta abierta para conocer las impresiones del alumnado, sus opiniones y sugerencias acerca de la rúbrica y de la adquisición de habilidades para la resolución de problemas.

4. Resultados

Tabla 1. Estudiantes que realizaron los trabajos y enviaron los ejercicios de física propuestos

Asignatura	En línea 1	Presencial 1	En línea 2	En línea 3	Presencial 2	En línea 4	Presencial 3
FFInf (3+18)	2+18	2+15	1+14	2+16	1+16	2+12	
FA2 (13+13)	11+10	12+11	10+9	7+11	9+11	10+10	11+10
FA1 (11+7)	7+5	8+4*	7+0	7+1**	7+0		

Nota tabla 1: FFInf = Fundamentos físicos de la Informática: FA2 (1) = Física Aplicada 2 (1); *En línea a través de Moodle; **Presencial.

En el análisis relativo a la adquisición de saberes y competencias relativo al campo magnético y la ley de Ampère, alrededor del 18% del alumnado (14% del total de la matrícula) fue capaz de dibujar un diagrama de la situación, identificó las tres regiones en las que el campo magnético actúa, aplicó la ley de Ampère y obtuvo la solución correcta explicando razonablemente bien todo el proceso realizado. En torno al 35% de estudiantes (28% del total) interpretó el contexto del ejercicio adecuadamente, pero tendió a resolverlo sólo en el área entre los cables de corriente o el razonamiento fue incompleto. Aunque se entendió el propósito del problema, el 18% (14% del total) presentó errores significativos para un nivel universitario tanto conceptualmente en el cálculo del campo magnético como matemáticamente al despejar la incógnita de una ecuación. El resto del estudiantado no respondió o sus argumentos carecieron de sentido físico.

Sólo 16 de 65 estudiantes (3 chicas y 13 chicos) respondieron el cuestionario anónimo. La asistencia se dividió en 4 intervalos: [0-25]% = 1; [25-50]% = 2; [50-75]% = 3; y [75-100]% = 4. Las preguntas se codificaron en una escala de Lickert de 4 valores (Totalmente en desacuerdo = 1; Desacuerdo = 2; De acuerdo = 3; y Totalmente de acuerdo = 4).

Tabla 2. Respuestas al cuestionario para evaluar la experiencia educativa

Resumen	Asistencia	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8
Media	3.3	2.7	2.7	3.1	2.7
Desviación	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
Mediana	4	3	3	3	3
Moda	4	3	3	3	3

Nota tabla 2: Pregunta 5: La resolución de problemas de física es una habilidad necesaria para la carrera profesional; Pregunta 6: La rúbrica me ha ayudado a mejorar las estrategias de resolución de problemas; Pregunta 7: Las entregas me han ayudado a adquirir la capacidad para resolver problemas de física con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad; Pregunta 8: La rúbrica

me ha ayudado en la capacidad para saber comunicar y transmitir el proceso de resolución utilizando los principios y las leyes de la física.

5. Conclusiones

Uno de los campos más activos en la investigación en didáctica de la física en niveles universitarios es el análisis del aprendizaje de la física mediante la resolución de problemas (Guisasola et al., 2015). Las dificultades del alumnado de titulaciones en ingenierías y arquitecturas para abordar problemas de física en situaciones novedosas es un hecho que ha sido puesto en evidencia en una gran parte de las ramas de la física desde, al menos, 1980 (Campos et al., 2020; Guisasola et al., 2011; Rodes-Roca et al., 2020; Savall-Alemanly et al., 2019; Zuza et al., 2016; este trabajo). Según las respuestas dadas en el cuestionario, este proyecto ha mostrado indicios de que la evaluación formativa usando una rúbrica ayuda al alumnado a entender y aplicar la ley de Ampère para calcular el campo magnético generado por hilos de corrientes paralelos. Por otra parte, los ejercicios se han diseñado con un carácter algebraico, es decir, sin datos numéricos, y/o con apartados no secuenciales, esto es, alguna magnitud física que no se solicita explícitamente se tiene que deducir previamente.

No obstante, se deben señalar algunas limitaciones de este estudio como, la escasa representatividad de la muestra, la poca retroalimentación, ejercicios de distintas ramas de la física que dificultan la comparación directa de los resultados y el alto grado de absentismo, que en el caso de FA1 alcanzó del orden del 60% en la última parte del cuatrimestre. Al mismo tiempo, es necesario ampliar el proyecto con un grupo de control para verificar si la evaluación formativa en el grupo experimental representó una mejora en la resolución de problemas de física.

Además, se debe indicar que el razonamiento matemático del alumnado en contextos de física tiene algunas deficiencias que se necesitan entender para poder mejorar la resolución de problemas de física (Guisasola et al., 2015 y referencias citadas en éste). Concretamente, errores relacionados con operaciones de fracciones y geometría de figuras planas simples, típicamente el círculo.

Como conclusión final, el alumnado ha comprendido que la física no es sólo un tema de ecuaciones matemáticas sino que implica un entendimiento de conceptos y leyes para resolver problemas en situaciones nuevas. Por lo tanto, las metodologías de aprendizaje que introducen estrategias de investigación en la resolución de problemas apuntan a una mejora de la actitud del estudiantado hacia estos modelos (Campos et al., 2020; Martínez-Torregrosa, 1983; Gil et al., 1990; Guisasola et al., 2011, 2015, 2021; Martínez-Losada et al., 1999; Savall-Alemany et al., 2019; Zuza et al., 2016, 2020; este trabajo).

6. Tareas desarrolladas en la red

Participante de la red	Tareas que desarrolla
José Miguel Torrejón Vázquez	Recopilación y análisis de datos. Elaboración del artículo.
María Martínez Chicharro	Análisis de datos, elaboración del vídeo, prueba de la rúbrica. Elaboración del artículo.
Rubén García Lozano	Análisis de datos, elaboración del vídeo, prueba de la rúbrica. Elaboración del artículo.
Graciela Sanjurjo Ferrín	Análisis de datos, elaboración del vídeo, prueba de la rúbrica. Elaboración del artículo.
Guillermo Bernabeu Pastor	Recopilación y análisis de datos. Elaboración del artículo.
José Joaquín Rodes Roca	Coordinación de la red. Análisis de datos, elaboración del vídeo, prueba de la rúbrica. Elaboración del artículo.

7. Referencias bibliográficas

- Alaminos Chica, A. & Castejón Costa, J. L. (2006). *Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión*. Marfil.
- Campos, E., Zavala, G., Zuza, K., & Guisasola, J. (2020). Students' understanding of the concept of the electric field through conversions of multiple representations. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 010135, 1-19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010135>
- Cronbach, J. L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Gil, D. & Martínez Torregrosa, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455. <https://doi.org/10.1080/0140528830050408>
- Gil, D., Dumas-Carré, A., Caillot, M., & Martínez Torregrosa, J. (1990). Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, 18, 137-151. <https://doi.org/10.1080/03057269008559985>
- Guisasola, J., Ceberio, M., Almodí, J. M., & Zumendi, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 439-452. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/247902>
- Guisasola, J., De Cock, M., Kanim S., Ivanjek, L., Zuza, K., Bollen, L., & van Kampen, P. (2015). Investigating physics teaching and learning in a university setting. *Il Nuovo Cimento C*, 38 (3), 1-11. <http://eprints.bice.rm.cnr.it/19089/>
- Guisasola, J., Zuza, K., & Leniz, A. (2021). Designing teaching-learning sequences based on design-based research. In B. G. Sidhart, J. Murillo, M. Michelini, & C. Perea (Eds.), *Fundamental Physics and Physics Education Research* (pp. 163-174). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52923-9_13
- Martínez-Losada, C., García-Barros, S., Mondelo Alonso, M., & Vega Marcote, P. (1999). Los problemas de lápiz y papel en la formación de profesores.

Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 211-225.

<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21574>

Rodes Roca, J. J., Benavídez, P. G., Torrejón Vázquez, J. M., Campo Bagatin, A., Bernabeu, G., García-Lozano, R., Martínez-Chicharro, M., & Torregrosa Alberola, Á. (2020). Entender la física: estrategias del alumnado para resolver problemas. ¿Un reto para el profesorado? In Roig-Vila, Rosabel (Ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas* (pp. 396-403). Octaedro.

Rodes Roca, J. J., Moreno Marín, J. C., Neipp, C., Beléndez Vázquez, T., Durá Doménech, A., Vera Guarinos, J., & Beléndez Vázquez, A. (2006). Adecuación de los créditos ECTS de los Fundamentos Físicos en las titulaciones de Arquitectura. In M. A. Martínez and V. Carrasco (Eds.), *La construcción colegiada del modelo docente universitario del siglo XXI. Redes de Investigación docente en el Espacio Europeo de Educación Superior Vol. I* (pp. 45-66). Marfil.

Savall-Aleman, F., Guisasola, J., Rosa, S., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. *Physical Review Physics Education Research*, 15, 020138, 1-17.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020138>

Zuza, K., Garmendia, M., Barragués, J.-I., & Guisasola, J. (2016). Exercises are problems too: implications for teaching problem-solving in introductory physics courses. *European Journal of Physics*, 37(5), 1-8. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/5/055703>

Zuza, K., Sarriguarte, P., Ametller, J., Heron, P. R. L., & Guisasola, J. (2020). Towards a research program in designing and evaluating teaching materials: An example from dc resistive circuits in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 020149.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020149>

8. Referencia bibliográfica de la publicación científica de miembros de la red publicada o en prensa que complementa esta memoria

Rodes Roca, J. J., Torrejón Vázquez, J. M., Martínez Chicharro, M., García Lozano, R., Sanjurjo Ferrín, G., & Bernabeu Pastor, G. (2021). Unveiling the physics problem strategies of engineering and architecture students. En *Redes INNOVAESTIC 2021* (enviado, 12 pág.). Alicante: Editorial Octaedro.