

## RECURSOS TICS ORIENTADOS A MEJORAR LA CAPACIDAD DE RAZONAMIENTO CIENTÍFICO COMO ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA

### TICS TO IMPROVE SCIENTIFIC REASONING CAPACITY AS A STRATEGY FOR ENGINEERING PROBLEM RESOLUTION

Marta Varo-Martínez, José Luis López-Quintero,  
Alfonso Pontes-Pedrajas, Pedro Pérez Martín,  
Elena Varo, Adrián Jiménez-Valle, Juan Muñoz Peinado  
mvaro@uco.es

Universidad de Córdoba

Received: 28/06/2017 Accepted: 20/02/2018

#### Resumen

En este proyecto se ha diseñado una nueva metodología docente de resolución de problemas en asignaturas científico-técnicas, basada en el uso de recursos TIC, con el objetivo de fomentar la adquisición de la competencia de razonamiento científico. Concretamente, por un lado, en las sesiones presenciales, se han utilizado los sistemas de respuesta interactiva cuyo éxito en el aula ya ha sido comprobado por los autores. Por otro lado, para el trabajo del alumnado fuera del aula, se ha integrado el uso de la herramienta interactiva online (web 2.0) elearningphysics, desarrollada por los autores que, mediante flujos de preguntas concatenadas, guía al estudiante durante la resolución de problemas ayudándole a razonar el porqué de los conceptos y leyes aplicados.

Se ha comprobado que ambos recursos TICS contribuyen a que el alumnado adquiera la competencia de razonamiento científico aplicada a la resolución de problemas en asignaturas científico-técnicas, ya que le ayudan a relacionar los conceptos teóricos y prácticos a la vez que aumentan su nivel de motivación y participación en las actividades de resolución de problemas.

**Palabras clave:** TICS, Enseñanza de la Física, Resolución de Problemas, Razonamiento Científico.

#### Abstract

In this project a new teaching methodology, based on the use of ICT resources, has been designed for problem solving in scientific and technical subjects. Its aim is to promote the acquisition of scientific reasoning competence. Specifically, in classroom, interactive response systems have been used. Additionally, the online interactive tool (web 2.0) elearningphysics, developed by the authors, has been proposed to students to work at home. This tool, through concatenated questions, guides students during problem solving by helping them to understand the concepts and laws applied.

It has been proved that both ICT resources help students to acquire the competence of scientific reasoning applied to problem solving in scientific and technical subjects. Particularly, these resources help students to establish relationships between theoretical and practical concepts at the same time that they increase students' level of motivation and participation in problem-solving activities.

**Keywords:** TICS; Physics Teaching; Problem solving; Scientific reasoning.

## 1. INTRODUCCIÓN

Investigaciones en didáctica de las Ciencias ponen de manifiesto que la resolución de problemas en las materias científico-técnicas favorece que el alumno asimile mejor los conceptos teóricos al aplicarlos a una realidad presente en su entorno o en el futuro ejercicio de su actividad profesional (Concari & Girogi, 2000). Sin embargo, el éxito de esta estrategia docente se basa en conseguir que el alumno razone, relacione y comprenda los conceptos y leyes que se aplican en la resolución de cada problema, así como las herramientas matemáticas que permiten llegar a la solución. Lejos de ello, las metodologías docentes tradicionales basadas en la resolución de problemas en el aula por parte del profesor o la entrega de colecciones de problemas resueltos y su repetición por parte del alumnado, propician el operativismo mecánico frente al aprendizaje significativo (Gil Pérez et al., 1988).

Conscientes de esta realidad y de que las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) fomentan la participación y motivación del alumnado y ayudan a mejorar la calidad de la enseñanza y los resultados académicos (Martín-Laborda, 2005; Ferro et al., 2009; Ruiz et al., 2010), varios profesores del departamento de Física Aplicada de la UCO vienen aplicando, desde el curso 2013/14, recursos TIC que favorecen un papel más activo por parte del alumnado en la resolución de problemas, con el objetivo de fomentar la adquisición de la competencia de razonamiento científico necesaria para la resolución de problemas y para su desarrollo profesional como futuros ingenieros.

Concretamente, en el curso 2013/14 se introdujo el uso de los sistemas de respuesta interactivos (SRI) en el aula durante las clases teóricas constatando, de acuerdo con estudios previos (Barret et al., 2005; Beatty et al., 2006), los beneficios de este

recurso didáctico tales como su utilidad para medir el grado de asimilación de los conceptos por parte del alumnado, favorecer la retroalimentación inmediata alumno/profesor, aumentar la participación, atención y motivación de los estudiantes o facilitar los procesos de evaluación continua en grupos con un elevado número de alumnos matriculados, entre otros.

Por otra parte, en el curso 2014/15 se desarrolló una aplicación informática online (<http://www.uco.es/elearningphysics/>) que, mediante preguntas concatenadas tipo test, orienta al alumnado a lo largo de la resolución de problemas forzándole a razonar sobre cada uno de los pasos ejecutados y los conceptos y leyes aplicados.

Así, en base a la experiencia adquirida y los resultados obtenidos, el presente proyecto de innovación ha pretendido dar continuidad a estas líneas de actuación docente innovadoras y ampliar su aplicación a nuevas materias y titulaciones, integrando ambos recursos TIC en una nueva metodología docente centrada en la resolución de problemas. De esta forma, se persigue que el alumno razone y cuestione el porqué de los métodos de resolución, relacionando los conceptos teóricos estudiados con la práctica y favoreciendo el aprendizaje significativo desde una perspectiva constructivista y la adquisición de la competencia de razonamiento científico.

## 2. OBJETIVO

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el objetivo principal de este proyecto ha sido:

***Diseñar, implementar y analizar una metodología docente que permitiese consolidar y aunar los beneficios de ambos recursos TIC (aplicación informática elearningphysics, y sistemas de respuesta interactiva) aplicados a la resolución de problemas en los Grados en Ingeniería para la adquisición de la competencia de razonamiento científico.***

## 3. METODOLOGÍA

Para alcanzar dicho objetivo se ha diseñado una nueva metodología docente que fomenta el papel activo del alumno/a en las actividades de resolución de problemas (tanto dentro como fuera del aula) y favorece la adquisición de la competencia de razonamiento científico. Asimismo, la metodología propuesta permite al profesorado realizar un seguimiento continuo del grado de asimilación de conceptos por parte del alumnado de la asignatura, identificando deficiencias en el proceso de enseñanza/aprendizaje y promoviendo actuaciones que permiten mejorar y reorientar, en cualquier momento, el proceso de aprendizaje.

Concretamente, se ha hecho una selección de problemas, clasificándolos en tres niveles de complejidad:

- **Nivel I:** problemas que se resuelven mediante la aplicación inmediata de una determinada ley, sin requerir un elevado nivel de herramientas matemáticas.
- **Nivel II:** problemas en los que se deben aplicar concatenadamente diferentes conceptos y/o leyes razonando la interrelación entre los mismos, si bien no existe un alto nivel de complejidad matemático.
- **Nivel III:** problemas en los que el alumno debe ser capaz de identificar y relacionar los diferentes fenómenos que tienen lugar, identificar las leyes que los rigen así como las magnitudes involucradas y establecer las ecuaciones matemáticas que las relacionan, siendo, por tanto, de un nivel de complejidad superior a los casos anteriores.

De esta forma, el profesorado, a medida que ha ido exponiendo la teoría, ha resuelto en las sesiones teóricas (de grupo grande) los problemas de Nivel I, con el objetivo de afianzar los conceptos teóricos y fomentar que el alumnado no los percibiese como algo abstracto sino como algo útil en la práctica.

A continuación, en las sesiones prácticas de resolución de problemas (de grupo mediano), el profesor ha resuelto problemas de Nivel II. Con el objetivo de que el alumnado no se limitase a copiar sin razonar lo que escribía en la pizarra el profesor o un compañero/a, sino que adoptase un papel más activo, a lo largo de la resolución del problema se han ido lanzando a los asistentes, mediante el Sistema de Respuesta Interactiva (SRI), preguntas relacionados tanto con los conceptos teóricos aplicados como con la metodología utilizada.

Los SRI consisten en una herramienta que recoge información sobre el conocimiento de cada alumno. Para ello, el sistema consta de un software, un receptor de frecuencia y unos mandos electrónicos que se asignaran a cada estudiante. Por su parte, el profesorado, con ayuda de presentaciones Power Point, plantea al alumnado un conjunto de preguntas. El software registra todas las respuestas emitidas por cada alumno, favoreciendo la retroalimentación inmediata. Asimismo, al finalizar la sesión, el profesor puede descargar toda la información para su análisis detallado.

De esta forma, gracias a las preguntas propuestas mediante los SRI durante la resolución del problema y al debate que, tras las mismas, se ha establecido para que los asistentes argumentasen los motivos de la respuesta escogida, se ha pretendido

motivar al alumnado a tratar de seguir la explicación y relacionar la práctica con los conceptos vistos en las sesiones de teoría. Además, con el uso de los SRI el profesor ha obtenido información inmediata sobre el nivel de acierto y, de esta forma, ha podido identificar aquellos conceptos que no se habían asimilado adecuadamente para incidir en las explicaciones que fuesen necesarias. A medida que se ha ido comprobando que los conceptos han sido correctamente asimilados, el profesor ha ido introduciendo problemas de nivel III, aumentando con ello el grado de complejidad de los mismos y de las cuestiones teóricas lanzadas al aula con los SRI.

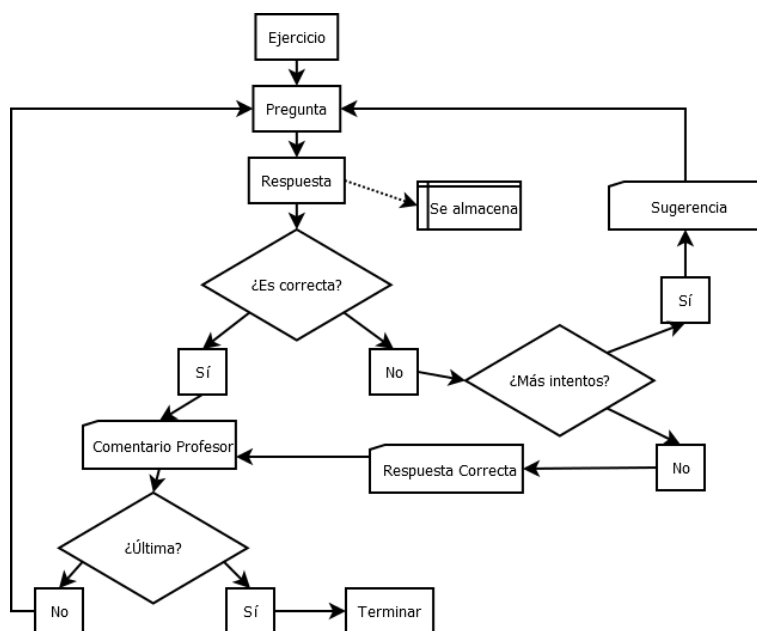


Figura 1. Diagrama de decisiones de elearningphysics

Por otra parte, esta actuación docente en el aula se ha complementado con el desarrollo de una actividad académica dirigida basada en el uso de la aplicación de resolución guiada de problemas online elearningphysics. Esta aplicación informática, desarrollada por varios miembros del equipo docente que ha participado en el proyecto, consiste en una herramienta interactiva online (web 2.0) concebida para sustituir los tradicionales libros o colecciones de problemas resueltos en papel (que se ha comprobado que el alumno se limita a hojear, sin involucrarse en su resolución). Concretamente, los estudiantes, tras registrarse en la plataforma, han tenido acceso a una serie de problemas propuestos por el profesor (de los niveles II y III). En cada uno de estos ejercicios, el alumno, tras leer el enunciado del problema, ha respondido a una secuencia de preguntas concatenadas sobre los conceptos y leyes

fundamentales que se aplican para resolver el problema, así como sobre la metodología más adecuada para la resolución. Tal y como se observa en la figura 1, que muestra el diagrama de flujo de la aplicación para la resolución de cada problema, las preguntas planteadas obedecen a una secuencia ordenada de forma que no se puede avanzar si no se contesta adecuadamente a la cuestión anterior. En caso de respuesta incorrecta, la aplicación ofrece al alumno información sobre el error cometido, así como una posible ayuda para encontrar la solución correcta y permitiéndole volver a contestar la pregunta.

De esta forma, con la implementación simultánea de ambos recursos TIC, se ha pretendido orientar el razonamiento del alumno hacia el método de resolución más adecuado, proporcionándole la explicación sobre el porqué de dicho método y haciéndole reflexionar sobre los conceptos teóricos en los que se basa el problema planteado. Así, se ha tratado de fomentar el aprendizaje significativo frente a la resolución mecánica de los problemas en la que los estudiantes se limitan a aplicar una fórmula sin entender el motivo.

Además, el hecho de que ambas herramientas registren las respuestas de cada alumno de manera personalizada ha favorecido la implementación de sistemas de evaluación continua y el seguimiento personalizado del aprendizaje de cada estudiante.

Por tanto, de acuerdo con la metodología expuesta, las actividades desarrolladas para llevar a cabo este proyecto han sido:

**1.- Diseño de materiales docentes:** Se ha hecho una selección de problemas de cada uno de los niveles propuestos (I, II, III) y se han elaborado los correspondientes cuestionarios sobre los conceptos, teoremas y leyes aplicadas en su resolución.

**2.- Implementación del material docente con ayuda de los recursos TIC:** Los problemas seleccionados se han clasificado en dos grupos: el primero para su resolución en el aula apoyados por los SRI y el segundo para su implementación en la herramienta elearningphysics como actividad académica dirigida a desarrollar individualmente por el alumnado fuera del aula.

**3.- Aplicación de la metodología docente:** Tras la implementación de los dos conjuntos de problemas y sus respectivos cuestionarios en cada uno de los recursos TIC, se ha llevado a cabo la metodología expuesta anteriormente.

**4.- Análisis de resultados y evaluación de la metodología docente:** Una vez finalizado el periodo lectivo, se ha evaluado la eficacia de los recursos TIC y de la estrategia docente diseñada. Asimismo, se ha recabado la opinión de los diferentes agentes implicados en el proyecto sobre los recursos y metodologías utilizadas. Concretamente, con los profesores se han mantenido entrevistas personales mientras que la opinión del alumnado se ha recogido mediante una encuesta online (diseñada con la herramienta de Formularios de Google Drive:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeRFvLzoXMVmUeFPq6hQY3K-l-fCDUdeqfPsPrqvD1LtLGg8w/viewform>) que ha contado con la participación de 78 alumnos.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de la experiencia han sido positivos tanto para el alumnado como para el profesorado. Por una parte, los docentes que han participado en el proyecto han observado que, frente a actitudes más pasivas cuando no se hace uso de las TIC, con el uso de los recursos propuestos, los alumnos tratan de resolver correctamente las cuestiones formuladas, aumentando el nivel de participación y motivación del alumnado.

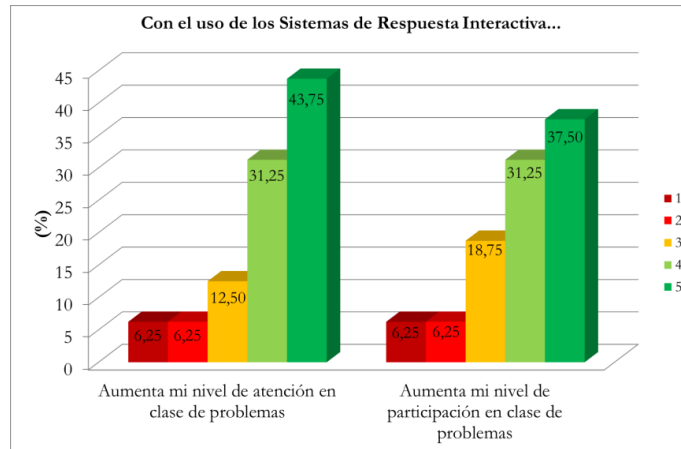


Figura 2. Opinión del alumnado sobre el uso de los Sistemas de Respuesta Interactiva durante las sesiones presenciales de resolución de problemas

Por otra parte, de acuerdo con las respuestas registradas en la encuesta de satisfacción del alumnado, respecto a los SRI, la figura 2 muestra que la mayor parte de los estudiantes consideran que el uso de este recurso educativo ayuda a aumentar su nivel de atención (75,00%) y participación (68,75%) en las clases presenciales de resolución de problemas.

Asimismo, según la opinión de los estudiantes (Figura 3), la metodología y recursos TIC utilizados (SRI y herramienta elearningphysics) les ayudan a identificar las leyes físicas que se deben aplicar en la resolución de un determinado problema (62,5%), repasar y entender mejor los conocimientos teóricos (81,25%) y los problemas resueltos (62,50%).

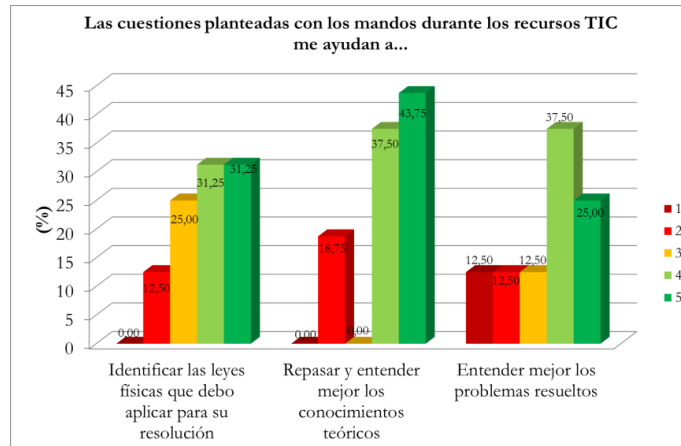


Figura 3. Opinión del alumnado sobre los recursos TIC propuestos para la resolución de problemas

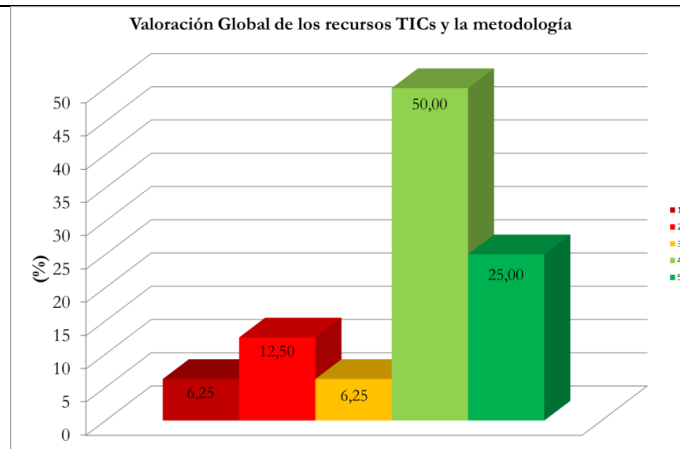


Figura 4. Valoración Global del alumnado sobre la metodología docente y los recursos TIC utilizados

Por todo ello, tal y como muestra la figura 4, de manera global, el 75% de los estudiantes valoran positivamente la metodología y los recursos TIC utilizados en las asignaturas involucradas en el proyecto.

#### 5. UTILIDAD

De acuerdo con los resultados anteriormente expuestos, se puede afirmar que el uso de recursos TIC, como los que se han implementado en este proyecto, aplicados a la resolución de problemas son de gran utilidad para:

- Fomentar un papel activo del alumnado durante las clases presenciales de resolución de problemas.
- Favorecer que el alumnado comprenda razonadamente el porqué de las técnicas de resolución que se aplican a cada problema y a cada paso del mismo.
- Disminuir el miedo del alumnado a enfrentarse de manera autónoma a la resolución de problemas científico-técnicos.
- Hacer entender al alumnado que la resolución de problemas no es un proceso mecánico basado en la elección adecuada de una determinada ecuación de un formulario preestablecido, sino la aplicación justificada de los conceptos teóricos y que, consecuentemente, implica un estudio previo razonado de la teoría.

#### 6. CONCLUSIONES

En este documento se presenta una nueva metodología docente basada en el uso de recursos TIC para la resolución de problemas en asignaturas científico-técnicas. Concretamente, se han utilizado los Sistemas de Respuesta Interactiva durante las sesiones presenciales y una herramienta online de resolución guiada de problemas desarrollada por los autores (elearningphysics) para el trabajo fuera del aula.

El grado de satisfacción, tanto del profesorado como del alumnado, con la metodología y los recursos utilizados ha sido elevado, destacando que ambos colectivos consideran que aumentan el nivel de motivación de los estudiantes y les ayudan a relacionar los conceptos teóricos y prácticos. Por todo ello, se puede concluir que con esta metodología propuesta se ha fomentado que el alumno adquiera la competencia de razonamiento científico aplicada a la resolución de problemas, fundamental para un estudiante de ingeniería tanto durante su etapa académica como en su posterior desarrollo profesional.

#### AGRADECIMIENTOS

La presente innovación ha sido financiada mediante los Proyectos de innovación para Grupos docentes de la Universidad de Córdoba (Código del proyecto 2016-1-5007)

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRETT, S. M.; BORNSSEN, S. E.; ERICKSON, S. L.; MARKEY, V. Y SPIERING, K. (2005): "The personal response system as a teaching aid", *Communication Teacher*, Vol. 19, n° 3, pp.89-92.
- BEATTY, I. D.; GERACE, W. J.; LEONARD, W. J. Y DUFRESNE, R. J. (2006): "Designing effective questions for classroom response system teaching", *American Association of Physics Teachers*, Vol. 74, N° 1, pp. 31-39.
- CONCARI S.B. & GIORGI S.M. (2000) "Los problemas resueltos en textos universitarios de física". *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Vol. 18, N° 3, pp. 381-390.
- FERRO C, MARTÍNEZ A, OTERO MC. (2009). "Ventajas del uso de las tics en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles". *EDUTECH Revista de Tecnología Educativa*. 29.
- GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., & SENENT PÉREZ, F. (1988). "El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6, N° 2, pp. 131-146.
- MARTÍN-LABORDA, R. (2005): "Las nuevas tecnologías en la educación", *Cuadernos/Sociedad de la Información*. Fundación Auna.
- RUIZ JIMÉNEZ, A.; CEBALLOS HERNÁNDEZ, C.; GONZÁLEZ GUZMÁN, N.; ORTEGA FRAILE, F.J.; RÍOS FORNOS, M.; DELGADO LISSEN, J. (2010): "Enseñanza interactiva en la docencia universitaria". *XX Jornadas Hispano Lusas de Gestión Científica*. Setúbal (Portugal), 4-5 de febrero de 2010.