

# Uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de asignaturas de grados de la rama industrial: antecedentes, estado actual y reflexiones

*Use of virtual laboratories for teaching subjects of industrial branch degrees: background, current status and reflections*

Andrés Lapuebla-Ferri<sup>1\*</sup>, Antonio-José Jiménez-Mocholi<sup>1</sup>, Fernando Giménez-Palomares<sup>2</sup>, Juan A. Monsoriu<sup>3</sup>

## Resumen

El Espacio Europeo de la Educación Superior es el marco actual de la educación universitaria. Uno de sus postulados más conocidos es la voluntad de impulsar una serie de metodologías de enseñanza-aprendizaje que tengan como eje central la figura del alumno, de modo que este adquiera los conocimientos de manera (prácticamente) autónoma. Los laboratorios virtuales son herramientas informáticas que pueden contribuir a este fin. En este artículo, los autores reflexionan acerca del uso de laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales, que se imparte en muchos títulos de grado en ingeniería y arquitectura. A partir de su dilatada experiencia, analizan los pros y los contras del uso de dichas herramientas y proponen una serie de acciones futuras de mejora.

## Palabras clave

Laboratorios virtuales, Elasticidad y Resistencia de Materiales, Espacio Europeo de Educación Superior, educación.

## Abstract

*The European Higher Education Area is the current framework for university education. One of its most well-known postulates is the desire to promote a series of teaching-learning methodologies that has as its central axis the figure of the student, so that this one acquires knowledge in an autonomous (or almost) way. Virtual laboratories are computer tools that can contribute to this end. In this article, the authors reflect on the use of virtual laboratories in the teaching-learning process of the subject Elasticity and Resistance of Materials, which is taught in many bachelor engineering or architecture degrees. From his extensive experience, they analyse the pros and cons of the use of these tools, proposing several future actions of improvement.*

## Keywords

*Virtual laboratories, Elasticity and Strength of Materials, European Higher Education Area, education.*

Recibido / received: 19.02.2018. Aceptado / accepted: 5.03.2018.

<sup>1</sup> Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

<sup>2</sup> Departamento de Matemática Aplicada. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

<sup>3</sup> Departamento de Física Aplicada. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño.

<sup>1, 2, 3</sup> Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, s/n. 46022, València, España.

\*Autor para correspondencia / corresponding author: Andrés Lapuebla-Ferri (anlafer0@mes.upv.es).



Foto: Shutterstock.

## Introducción

El Espacio Europeo de Educación Superior (en adelante, EEES) es el resultado de una profunda reforma universitaria a escala comunitaria, cuyo origen se sitúa en la *Declaración de Bolonia* de 1999<sup>1</sup>, o incluso antes, con el advenimiento del Programa Erasmus a finales de la década de 1980. En España, el EEES tuvo su marco legal con la Ley Orgánica 6/2001, de Universidades, y es una realidad desde 2010.

El EEES está basado en principios de transparencia, calidad, movilidad, diversidad y competitividad, y sus objetivos principales son tres: 1) establecer una unidad común de medida del *haber académico*<sup>2</sup>, 2) fomentar la movilidad de los estudiantes y 3) desarrollar un sistema educativo de calidad y de referencia mundial. Con el EEES, en definitiva, se pretende implementar una estructura flexible de titulaciones, en virtud de la cual cada estudiante pueda diseñar su propio recorrido curricular a través de los centros docentes de los países europeos adheridos, sin solución de continuidad entre las diferentes titulaciones (grado, máster y doctorado).

En la voluntad de crear currículos universitarios *a la carta* se refleja un

nuevo paradigma formativo que supone un cambio radical en la universidad española tradicional: el alumno debe *aprender a aprender* y, consecuentemente, *aprender por sí mismo* (Rué, 2009) (Michavila y otros, 2011). Este enfoque ha propiciado la aparición de las denominadas *metodologías activas* en la docencia universitaria desde la misma fase embrionaria del EEES. Según López (2005), una metodología activa es “un proceso interactivo basado en la comunicación profesor-estudiante, estudiante-estudiante, estudiante-material didáctico y estudiante-medio que potencia la implicación responsable de este último y conlleva la satisfacción y enriquecimiento de docentes y estudiantes”. En el marco del EEES, las metodologías activas vertebran el binomio *enseñanza-aprendizaje* (que, respectivamente, denotan la labor docente del profesor y el acto discente del estudiante), pero de tal forma que se le concede un mayor protagonismo al segundo: la capacidad para construirse un *corpus* propio de conocimientos<sup>3</sup> ya no depende en exclusiva del profesor, cuya figura queda relegada a un papel concomitante.

Por otro lado, la citada interacción estudiante-material didáctico hace

referencia a todos aquellos *objetos de aprendizaje*<sup>4</sup> que se emplean en la actualidad, especialmente los desarrollados mediante TIC (tecnologías de la información y la comunicación). De este modo, las metodologías activas en el ámbito de la educación superior constituyen una panoplia de objetos de aprendizaje entre los que destacan los contenidos audiovisuales (presentaciones de diapositivas electrónicas, vídeos docentes, *screencast*<sup>5</sup>, grabaciones de sesiones de clases en el aula, etc.) o bien aquellos que hagan gala de cierta dosis de interactividad con el usuario, como los vídeos interactivos y los laboratorios virtuales.

En el presente artículo, los autores describen su experiencia de 7 años en el desarrollo y el uso de laboratorios virtuales en la docencia la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales, de segundo curso del grado en ingeniería en tecnologías industriales (en adelante, GITI) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universitat Politècnica de València (en adelante, UPV). Esta asignatura es ubicada en grados relacionadas con la arquitectura y la ingeniería civil. En primer lugar, se define qué se entiende por laboratorio virtual y cuáles son

sus características. A continuación, se describen los laboratorios virtuales desarrollados por los autores y la utilidad de cada uno de ellos, tanto para el estudiante como para el profesor que apoya en ellos su labor docente, y se muestran los resultados obtenidos en encuestas de opinión. El trabajo finaliza reflexionando acerca del papel actual del docente universitario en tiempos de los planes de Bolonia del EEES, marcados por el uso extensivo de metodologías activas y la irrupción de las TIC en la creación de objetos de aprendizaje.

### Definición y características de un laboratorio virtual

Una definición muy acertada de *laboratorio virtual* es la que propone Bartolomé (2004): “Herramienta informática que posibilita la realización de experimentos virtuales a partir de la simulación de un determinado fenómeno”.

Asimismo, para que una herramienta informática de simulación pueda considerarse un verdadero laboratorio virtual y así servir como herramienta *complementaria* en el proceso de enseñanza-aprendizaje, debe prestarse un especial interés al diseño de su interfaz gráfica de usuario (en inglés, *graphical user interface* o GUI de ahora en adelante), con el fin de que el usuario pueda manejar el laboratorio virtual de una manera intuitiva y, por ende, autónoma.

Los requisitos exigibles a la GUI de un laboratorio virtual son (Depcik y Assanis, 2005):

- Debe posibilitar la creación de un *entorno gráfico amigable* para el mayor número posible de usuarios. Un contraejemplo sería el uso de un programa informático en el que el usuario debe introducir de forma tradicional, línea a línea, los comandos de entrada de datos, las funciones que calcular, etc.
  - Debe permitir la *visualización al completo* del *experimento virtual*. Por ejemplo, en una única ventana o en un número limitado de ellas, en las que el usuario pueda introducir las variables y visualizar las salidas.
  - Tiene que proporcionar una *realimentación instantánea*, de manera que el usuario pueda modificar con inmediatez los valores de las variables de entrada a partir de los resultados obtenidos, y así poder reiniciar el proceso.
- En la figura 1 se ilustra un ejemplo

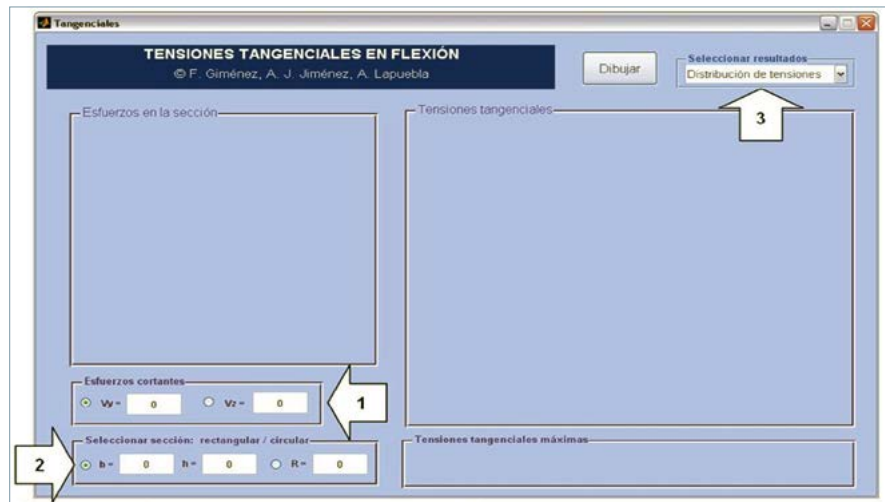


Figura 1. GUI del laboratorio virtual Tangenciales.

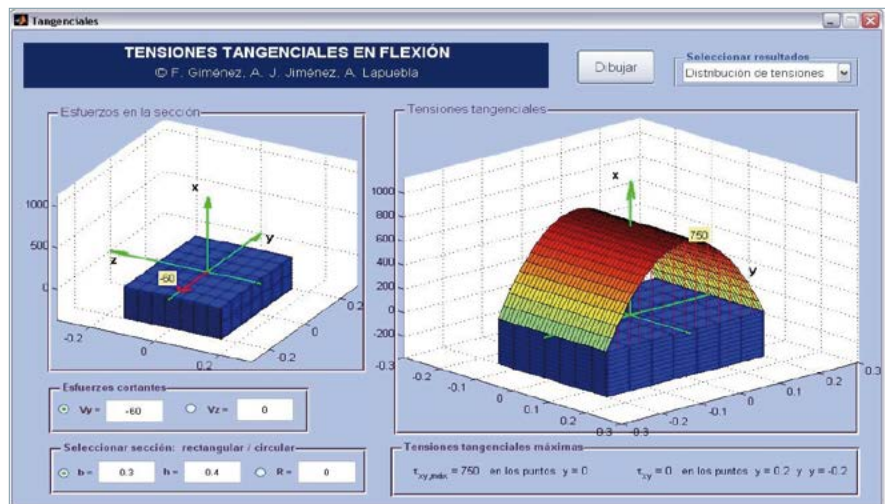


Figura 2. Ejemplo de uso del laboratorio virtual Tangenciales.

de la GUI de uno de los laboratorios virtuales creados por los autores, y es lo primero que contempla el usuario justo después de abrir el laboratorio virtual. Existen varias formas de introducir los datos de entrada. En los campos señalados con las etiquetas 1 y 2, se selecciona una opción entre las existentes mediante un botón de selección y se introducen datos a través del teclado; en el campo 3, la lista desplegable permite seleccionar el tipo de resultado que visualizar. Los restantes campos permanecen en blanco hasta que muestran los resultados (en este caso, distribuciones de tensiones tangenciales [véase la Fig. 2]).

• *Grado de interactividad.* Por definición, el usuario interactúa con el experimento a simular merced al laboratorio virtual. Con respecto al nivel de interacción, este puede ser *estático* si el

usuario se limita a visualizar los resultados, o bien *dinámico* si, por ejemplo, puede rotar las imágenes obtenidas, hacer clic en una gráfica para obtener nuevos resultados, etc.

• *El lenguaje de programación* empleado para su código (Visual Basic, Java, C, Mathematica, Matlab). La elección depende de la experiencia previa de los programadores, la mayor o menor presencia de referencias de ayuda para la programación o la idoneidad del lenguaje escogido con respecto a las necesidades computacionales del programa. La elección puede no ser única, ya que puede haber laboratorios virtuales cuyos códigos empleen más de uno.

• *Ventana única o múltiple.* En el primer caso, la introducción y la visualización de resultados se muestran en una única ventana (que puede estar di-

Laboratorio virtual	Finalidad principal
Mohr (Figura 3a)	Representar el Circulo de Mohr de un estado plano de tensiones y obtener las tensiones principales y las direcciones correspondientes.
Mohr3d	Obtener los Círculos de Mohr de un estado tridimensional de tensiones y obtener las tensiones y direcciones principales.
Tensiones (Figura 3b)	Representar el estado tridimensional de tensiones en un punto y calcular las tensiones y direcciones principales. Dibujar los respectivos estados tensionales.
Deformaciones (Figura 3c)	Representar el estado tridimensional de deformaciones en un punto y calcular las matrices de tensiones y de deformaciones, así como las deformaciones principales y sus direcciones.
Navier (Figura 3d)	Representar el estado de tensiones normales debidas a la flexión en secciones rectangulares o circulares, llenas o huecas. Localizar los puntos más desfavorables de la sección, calculando las tensiones máximas de tracción y compresión.
Núcleo (Figura 3e)	Representar la distribución de tensiones normales debidas a la flexión, obtener el axil excéntrico estáticamente equivalente y su posición respecto del núcleo central de la sección
Tangenciales	Representar el estado de tensiones tangenciales debidas al esfuerzo cortante en secciones llenas, rectangulares o circulares.
Torsión (Figura 3f)	Representar el estado de tensiones tangenciales debidas al momento torsor en secciones circulares.
Flexión (Figura 4)	Calcular las tensiones debidas a la flexión en vigas de sección rectangular o circular. Identificar la posición de la sección más solicitada, los puntos más desfavorables de la misma y la posición de la línea neutra.
Rectangular	Obtener las lecturas de las deformaciones de una galga o de una roseta en cualquier punto del contorno exterior de una viga de sección rectangular.
Circular	Obtener las lecturas de las deformaciones de una galga o de una roseta en cualquier punto del contorno exterior de una viga de sección circular.

Tabla 1. Laboratorios virtuales actualmente disponibles para la docencia y el aprendizaje de la asignatura "Elasticidad y Resistencia de Materiales".

vidida en varias subventanas), mientras que en el segundo pueden abrirse varias ventanas y mostrarse los distintos resultados obtenidos. Como se ha comentado, en un laboratorio virtual de ventana única el usuario tiene una visión simultánea de toda la simulación; sin embargo, si se emplea un laboratorio virtual de ventanas múltiples puede cubrirse un mayor abanico de opciones de simulación.

- *Plataforma* (Windows, Mac, Android). Es difícil decidir cuál es la más idónea, habida cuenta de las distintas preferencias de los estudiantes, que son los usuarios potenciales más numerosos.

- *Modo de ejecución*. Se refiere al modo en el que el usuario abre un laboratorio virtual: *online* a través de un navegador, como un programa instalado, a través de una *app*, etc.

### El uso de laboratorios virtuales en el contexto de la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales

Como se ha comentado en el apartado introductorio, el advenimiento del Plan Bolonia y la aparición de los nuevos títulos de grado han propiciado la proliferación de objetos digitales de

aprendizaje en las enseñanzas universitarias. En este trasfondo, que se sitúa siete años atrás, los autores vislumbraron la oportunidad de desarrollar una serie de aplicaciones informáticas con el objetivo dual de servir de apoyo al proceso de aprendizaje de los estudiantes y apoyar a la labor docente del profesor en el contexto de la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales<sup>6</sup>.

En las primeras discusiones sobre el tema, se estudió la posibilidad de realizar un único programa informático que abordase todos los contenidos de la asignatura o buena parte de ellos<sup>7</sup>. Sin embargo, se reconoció la existencia de muchos y excelentes paquetes informáticos comerciales capaces de lograr el fin previsto. Además, como la asignatura se ubica en segundo curso de los cuatro que conforman el grado, en ese estadio de la titulación los estudiantes carecen del conocimiento, la experiencia y la habilidad necesarias para manejar con soltura un programa de tales características. En consecuencia, se optó por la realización de varios laboratorios virtuales que, reuniendo las características descritas en el apartado anterior, permitiesen la simulación de aspectos particulares de la asignatura. Se pretendía, y se sigue

haciendo, que el estudiante, con el uso conjunto de los laboratorios virtuales desarrollados, pudiese profundizar y ampliar su propio cuerpo de conocimientos en la materia, reforzando las lecciones recibidas en el aula y en el laboratorio tradicional.

En cuanto a los aspectos técnicos, los autores escogieron Matlab (The Mathworks, 2017) como lenguaje de programación, dada su experiencia previa, su extendida presencia en el ámbito de la ingeniería y, principalmente, por su flexibilidad a la hora de generar las GUI (The Mathworks, 2002). El desarrollo de la programación de los laboratorios virtuales, así como el acceso a los mismos y su ejecución por parte de los usuarios presentan las siguientes características:

- Su modo de ejecución es local. Los usuarios deben descargarse un archivo ejecutable para poder usar el laboratorio virtual.

- Para usar el laboratorio virtual no es necesario disponer de una licencia de Matlab. El usuario debe descargar unos archivos intermediarios en forma de librerías enlazadas dinámicamente (*dynamic linked libraries* o archivos *dll*) que posibiliten la ejecución del laboratorio virtual.

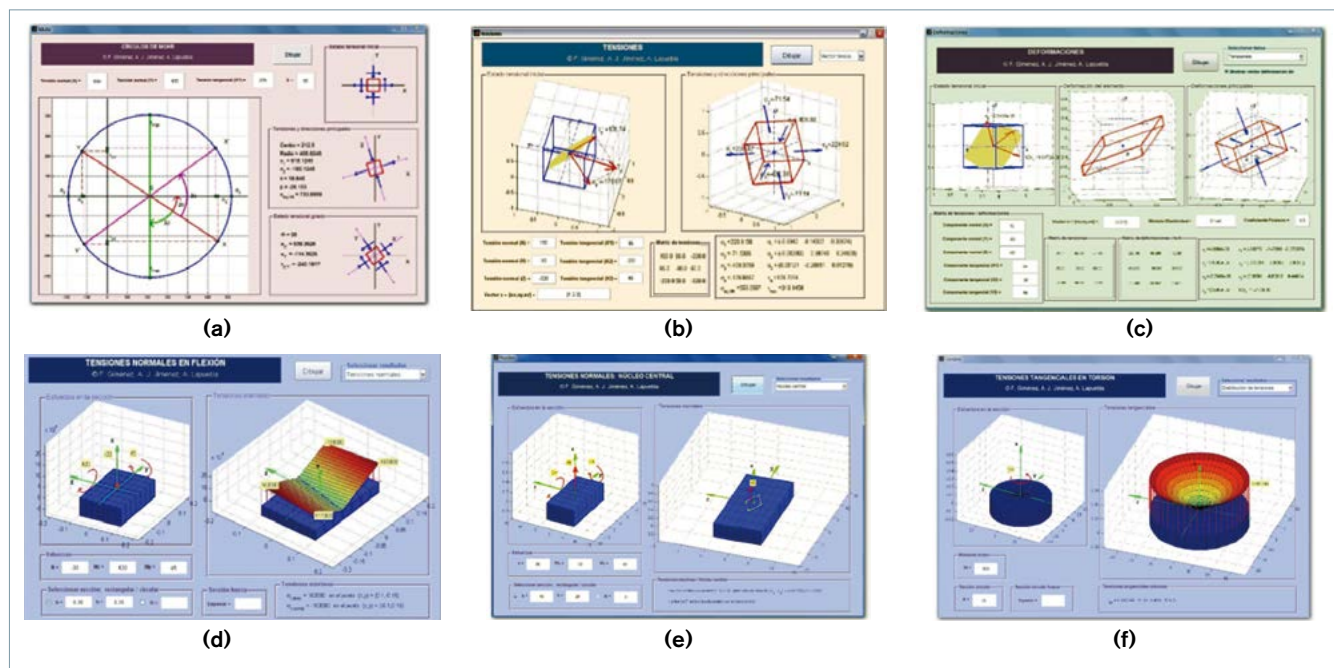


Figura 3. Ejemplos de uso de algunos de los laboratorios virtuales descritos en la Tabla 1. (a) Mohr. (b) Tensiones. (c) Deformaciones. (d) Navier. (e) Núcleo. (f) Torsión.

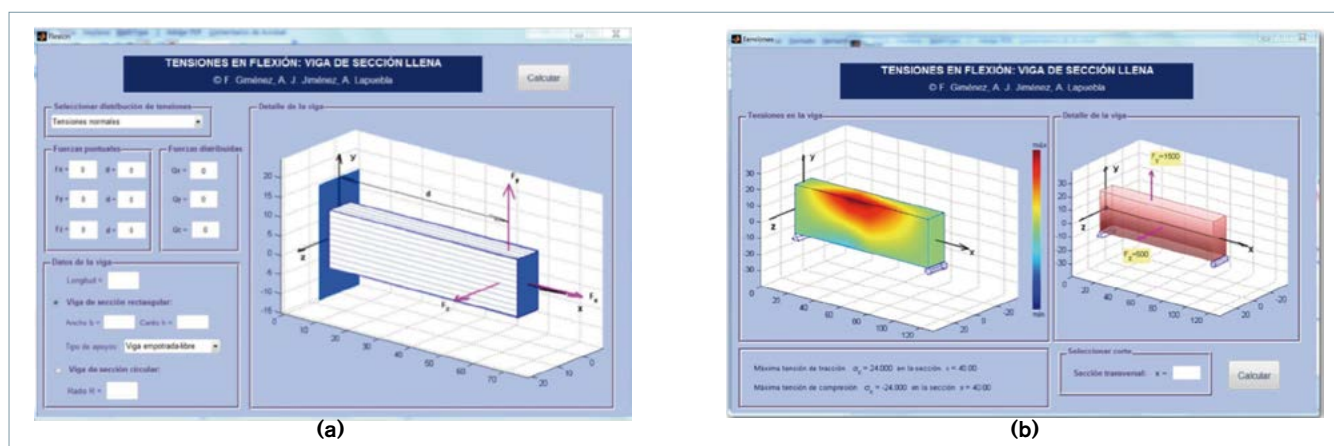


Figura 4. Ejemplo de uso del laboratorio virtual Flexión. (a) Ventana principal. (b) Representación de las tensiones normales en flexión para una viga de sección rectangular en una ventana secundaria.

• Los laboratorios virtuales se encuentran disponibles la colección *Elasticidad y Resistencia de Materiales, materiales docentes* del repositorio institucional de recursos en línea RIUNET8 de la UPV, al cual tiene acceso toda la comunidad universitaria.

Los laboratorios virtuales que los autores han desarrollado a lo largo de los últimos siete años se listan en la tabla 1 junto a una somera descripción de la finalidad de cada uno de ellos.

Las figuras 3 y 4 muestran capturas de pantalla de algunos de los laboratorios virtuales.

Los primeros laboratorios virtuales eran de tipo estático y de ventana única. Con el tiempo, a los sucesivos laboratorios virtuales se les fue dotando de

alguna característica para incrementar el grado de interactividad del usuario con el objeto de aprendizaje. Por ejemplo, en algunos de los laboratorios virtuales (Mohr3d, Tensiones, Deformaciones, Navier, Núcleo, Tangenciales, Flexión, etc.) se pueden rotar los gráficos obtenidos en cada ventana de la GUI para su mejor visualización; en el laboratorio virtual Rectangular se genera asimismo un archivo de texto con los resultados, el laboratorio virtual Flexión tiene ventanas múltiples, etc.

Los últimos laboratorios virtuales recientemente desarrollados por los autores son Rectangular y Circular. Su principal característica diferenciadora del resto es que han sido concebidos con el fin de recrear (es decir, simular

virtualmente) los montajes empleados en las prácticas de laboratorio mecánico de la asignatura, que son de índole tradicional (Fig. 5).

### Resultados obtenidos

**Desde el punto de vista del profesorado**  
A título cualitativo, los profesores están satisfechos con el papel que desempeñan los laboratorios virtuales como herramientas de apoyo a la labor docente, reforzando el contenido impartido durante las clases teóricas. En la actualidad, todos los profesores de la asignatura los emplean al menos una vez a lo largo del curso, y de un curso a otro se ratifica su aceptación.

Los resultados obtenidos por el profesorado también se pueden expresar,

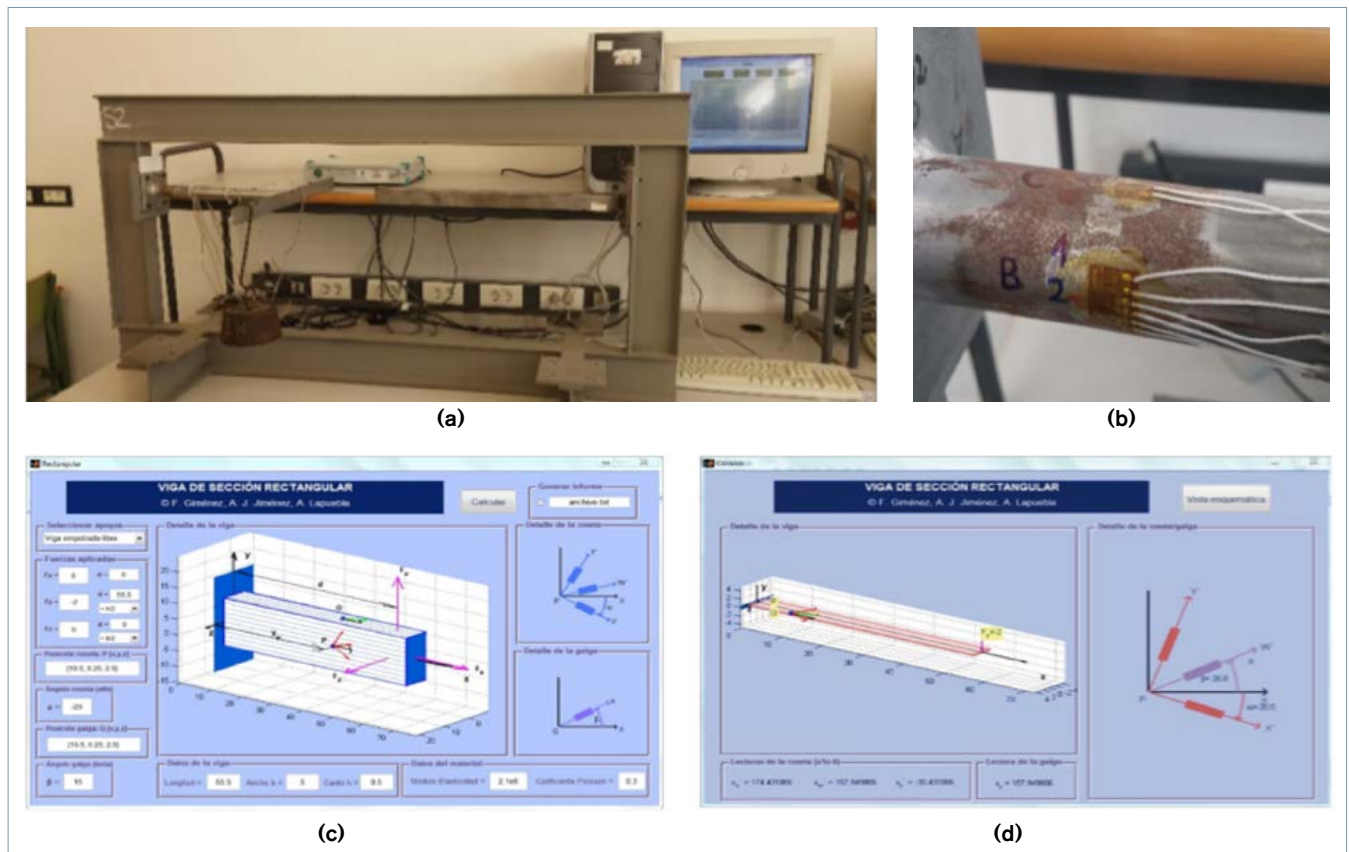


Figura 5. (a) Montaje de prácticas de laboratorio. (b) Detalle de una galga y una roseta adheridas a una pieza metálica. (c) y (d) GUI del laboratorio virtual Rectangular: ventana de introducción de datos y ventana de resultados, respectivamente.

desde un punto de vista cuantitativo, a partir de las numerosas publicaciones que se han realizado al respecto en forma de comunicaciones a congresos docentes y artículos en revistas que tratan sobre la enseñanza de materias científico-técnicas (Giménez-Palomares et al, 2011a) (Giménez-Palomares et al, 2011b) (Jiménez-Mocholí et al, 2011b) (Jiménez-Mocholí et al, 2013) (Jiménez-Mocholí et al, 2014) (Giménez-Palomares et al, 2017).

#### Desde el punto de vista de los estudiantes

Si los estudiantes disponen de la colección de laboratorios virtuales, pueden comprobar la solución de muchos ejercicios de la asignatura que previamente se hayan resuelto a mano. Por otro lado, un laboratorio virtual también posibilita que el estudiante realice sus propios experimentos, "trasteando" con los datos de entrada para ver su influencia sobre la salida.

Cualitativamente hablando, los estudiantes que han usado los laboratorios virtuales (aunque solo sea alguno de ellos y de forma esporádica) han transmitido a los profesores su satis-

facción en cuanto al papel prestado por estos de cara al aprendizaje de la asignatura. Asimismo, y con el fin de obtener una valoración cuantitativa de la experiencia del alumnado con los laboratorios virtuales, los profesores piden a los estudiantes de cada curso que rellenen una encuesta de valoración. Las preguntas de la encuesta están agrupadas en tres factores distintos:

1) *Motivación*. Valora la motivación del estudiante con la experiencia docente desarrollada dentro del contexto de la asignatura y de cara a mostrar aplicaciones reales de la misma.

2) *Aprendizaje*. Valora la aportación de la experiencia de cara al proceso de aprendizaje de la asignatura.

3) *Manejo*. Valora la sencillez y facilidad de uso de la aplicación, así como el tiempo invertido necesario para su correcto manejo.

En la tabla 2 se muestran las preguntas de la encuesta y las puntuaciones medias en cada una a lo largo de los tres cursos en los que ha estado activa (cursos 2014-15 y 2015-16, ya que en el curso 2016-17 la muestra no se consideró estadísticamente significativa).

La Figura 6 ilustra las puntuaciones obtenidas.

#### Conclusiones

En la época de EEES, las universidades españolas que imparten títulos del Plan Bolonia impulsan el uso de metodologías activas con la intención de aumentar la calidad de la enseñanza y así mejorar el rendimiento académico de los alumnos. Esta finalidad propicia el desarrollo y el uso de objetos de aprendizaje, entre los que se prefieren aquellos que involucran TIC y que poseen un marcado componente de contenidos multimedia o de interacción con el usuario. Un ejemplo de estos últimos son los laboratorios virtuales, de los que se ha hablado en este artículo.

Los objetos de aprendizaje basados en TIC tienen, más allá de su finalidad docente y su repercusión positiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje, un interés coyuntural. Por la propia experiencia de los autores, los estudiantes reciben con grado toda información (docente o no) que se les presenta de l modo en que le gustaría recibirla, a saber: contenidos audiovisuales, herramientas interactivas, módulos de

Pregunta		Puntuación media
A	El laboratorio virtual refuerza los conceptos teóricos explicados en clase y facilita su comprensión.	8,0
B	El laboratorio virtual permite seguir el hilo de los problemas explicados en clase y facilita su resolución ya que se pueden visualizar espacialmente las magnitudes físicas que se manejan en los problemas.	8,1
C	El uso del laboratorio virtual da a la asignatura un enfoque más aplicado, pudiendo extenderse también a problemas de la vida real y profesional.	8,0
D	El uso de estas nuevas tecnologías da a la asignatura básica un enfoque más actual, acorde con los medios al alcance del estudiante.	7,0
E	Los conocimientos de informática necesarios para su utilización son básicos	8,3
F	En conjunto, el uso del laboratorio virtual resulta fácil y sencillo, con una interfaz de usuario atractiva e intuitiva en su manejo.	7,2
G	El tiempo invertido en su utilización resulta adecuado.	6,1
H	La utilización de varios laboratorios virtuales de la colección permite conectar los contenidos de diferentes temas de la asignatura y dotarlos de una mayor continuidad en el curso.	6,7
I	Este tipo de experiencia consigue motivar al estudiante en el estudio de la asignatura.	7,1
J	Resultaría también interesante realizar más experiencias de este tipo en otras asignaturas del curso.	8,3

Tabla 2. Puntuaciones medias de las preguntas de la encuesta de la valoración de los laboratorios virtuales, realizadas por los estudiantes.

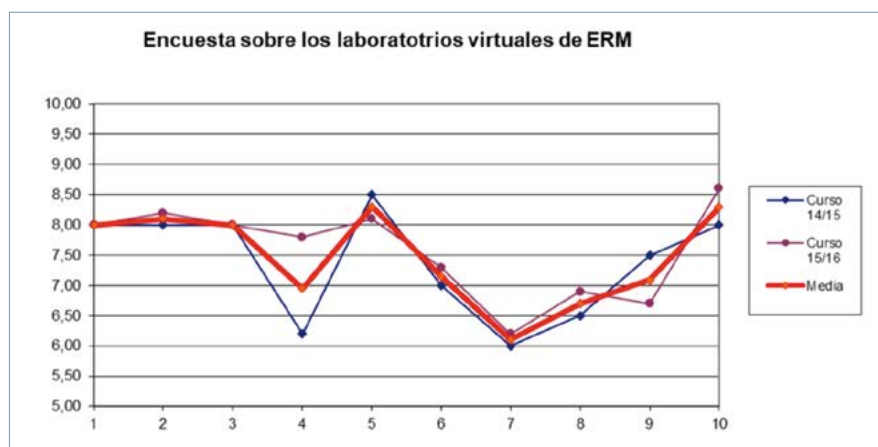


Figura 6. Gráfica que ilustra las puntuaciones medias de las preguntas de la encuesta de valoración.

aprendizaje en plataformas en línea e incluso herramientas orientadas a amenizar el arduo proceso que conlleva la adquisición del conocimiento<sup>9</sup>. En el caso particular de la UPV, se está impulsando e incentivando el llamado *Plan de Docencia en Red*<sup>10</sup> que incluye la generación de laboratorios virtuales, entre otros objetos de aprendizaje. Cabe añadir que una de las líneas prioritarias de actuación estratégica en el ámbito docente es la docencia inversa (*flipped teaching*), en la que los estudiantes deben aprender de manera autónoma los conocimientos que luego se reforzarán en las sesiones del

aula. En este contexto tecnificado de las herramientas de docencia y aprendizaje (y de los propios procesos en sí), la elaboración de laboratorios virtuales puede contribuir enormemente a las mencionadas líneas estratégicas institucionales.

En particular, en la experiencia adquirida con el desarrollo y el uso de laboratorios virtuales en la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales de GITI, los autores quieren destacar los siguientes aspectos:

- Los buenos resultados obtenidos, en cuanto a valoración por parte de los usuarios (estudiantes y profesores).

- La colaboración transversal entre departamentos. Los autores de este trabajo tienen distintas afiliaciones, y las diferentes disciplinas que imparten en su labor docente han contribuido de manera sinérgica en la generación de los laboratorios virtuales. Este hecho constituye, de por sí, una fortaleza que debe tener en cuenta la institución, ya que se enriquece el trabajo realizado por los autores y así se transmite a los estudiantes.

- La decisión de desarrollar muchos laboratorios virtuales, de modo que cada uno cubra aspectos concretos de la asignatura, ha demostrado ser mucho más acertada que la pretensión de desarrollar un programa informático de amplio espectro que cubra todos los contenidos de la asignatura.

- El uso de los laboratorios virtuales es favorable al enfoque educativo actual basado en competencias, en especial las relacionadas con el uso de herramientas específicas, como son las informáticas.

- Se constata que el usuario de un laboratorio virtual puede obtener los mismos resultados que si se encontrase realizando el experimento en un laboratorio tradicional. Sin embargo, esta afirmación debe matizarse: un laboratorio virtual, con sus experimentos virtuales, no puede reemplazar jamás

a uno tradicional (el paradigma es un laboratorio de química), con sus experimentos reales (Infante, 2014). Se puede hablar, a lo sumo, de enfoques complementarios, pero jamás de sustituir una modalidad de laboratorio real por un laboratorio virtual. Esta afirmación podría echarse por tierra por condicionantes económicos, ya que el gasto en equipamiento de un laboratorio tradicional supera a menudo, y con creces, la inversión en el desarrollo de laboratorios virtuales, y más cuando es el propio alumno quien pone a disposición su ordenador personal para usarlos. No obstante, esto es un caso particular del que no se ocupa el presente artículo.

En cuanto a las propuestas de mejora, se pueden citar las siguientes:

- La oferta de laboratorios virtuales actualmente disponible no cubre la totalidad de los contenidos de la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales. Resulta necesario desarrollar más laboratorios virtuales en un futuro.

- Desde un punto de vista técnico, sería más conveniente que los laboratorios virtuales estuviesen disponibles en una plataforma *online*, de modo que los usuarios únicamente precisarían de un navegador web para trabajar con ellos. De este modo, el laboratorio virtual se podría usar con independencia de la plataforma del dispositivo de destino. Es un hecho, además, que la necesidad de descarga del archivo ejecutable del laboratorio virtual y la instalación de los archivos *dll* para poder usarlos en modo local es un factor disuasorio para los usuarios más perezosos.

- Pese a que las encuestas de valoración de los estudiantes arrojan resultados positivos y motivadores, es cierto que las encuestas las responden menos de un 50% de los alumnos matriculados en cada curso. Con el fin de tener una mejor realimentación, deberían ser más los alumnos que participasen.

Como conclusión final, los autores remarcan que el uso de las TIC en la enseñanza superior no lleva aparejada, necesariamente, una formación *completamente satisfactoria* de los alumnos, ni mucho menos debe entenderse como un reemplazo del buen hacer del profesional docente universitario. Las TIC tampoco deben servir como excusa para dejar de asistir a

las clases presenciales<sup>11</sup>. El desarrollo de laboratorios virtuales no se motiva por la mera necesidad de innovar por innovar, ni mucho menos por dar una innecesaria apariencia de modernidad. Se trata de dotar al alumnado de herramientas que complementen la formación recibida por los profesores y que les sirva de ayuda para los estudios.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Ciencias de la Educación de la Universitat Politècnica de València la ayuda prestada al Equipo de Innovación y Calidad Educativa MOMA a través del proyecto PIME-2017-B26.

#### Notas

- 1 Cualquier plan de estudios universitarios que haya surgido (o se haya modificado) a raíz de dicha declaración se le conoce también de manera genérica y coloquial como *Plan Bolonia*.
- 2 El denominado *crédito ECTS (European Credit Transfer System)*, Sistema Europeo de Transferencia de Créditos, el equivalente académico del euro.
- 3 Este enfoque está en la línea de las denominadas *teorías constructivistas* (Duffy y Jonassen, 1992).
- 4 Según la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), un objeto de aprendizaje es cualquier entidad, digital o no, que pueda ser utilizada para el aprendizaje, la educación o la capacitación.
- 5 Grabación en forma de video de lo que muestra la pantalla de un ordenador. Se ha empleado extensamente como video tutorial de aplicaciones informáticas, operaciones de mantenimiento del ordenador y demás. En la última década, su uso se ha extendido al ámbito docente en todos los niveles.
- 6 En esta asignatura se estudia el comportamiento mecánico del sólido deformable, con el fin de obtener resultados en forma de esfuerzos internos, tensiones, deformaciones, etc. En el contexto del plan de estudios de GITI, se considera que es la primera asignatura tecnológica del recorrido curricular de las asignaturas del grado relacionadas con la ingeniería estructural.
- 7 El temario de la asignatura a la que se refiere el presente artículo puede consultarse en una publicación de los autores (Jiménez y otros, 2011a). Por otro lado, si el lector desea profundizar en las disciplinas Teoría de la Elasticidad o Resistencia de Materiales puede consultar, respectivamente, las obras de Ortiz (1998) y Gere y Timoshenko (2009).
- 8 <https://riunet.upv.es/> (consultado el 15 de febrero de 2018).
- 9 Los autores se refieren a todas aquellas acciones encaminadas a ludificar o gamificar de las actividades del aula, neologismos empleados para soslayar cualquier connotación infantil.
- 10 En la página web de la UPV dedicada al Plan Docencia en Red se cita textualmente: "Para trabajar en la mejora del rendimiento académico de los estudiantes, la Universitat Politècnica de València ha definido una línea de acción de intensificación del uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en la docencia. En este marco, la UPV ofrece el Plan Docencia en Red, cuyo objetivo es incentivar en el profesorado la elaboración de materiales educativos reutilizables en formato digital". (<https://www.upv.es/contenidos/DOCENRED/indexc.html>)

<sup>11</sup>A este respecto, se sugiere la lectura del artículo de Villa (2017) aparecido en esta misma revista.

#### Referencias

- Bartolomé A. R. (2004). *Nuevas tecnologías en el aula: guía de supervivencia*. Barcelona, España: Graó.
- Depcik C. y Assanis D. N. (2005). *Graphical User Interfaces in an Engineering Educational Environment*. Computer Applications in Engineering Education 13: 48 – 59.
- Duffy T. y Jonassen K. (1992). *Constructivism and the technology of instruction*. New Jersey, NY, EEUU: Hillsdale.
- Gere J. M. y Timoshenko S. P. (2009). *Resistencia de Materiales*. Madrid, España: Thompson.
- Giménez-Palomares F., Lapuebla-Ferri A., Jiménez-Mocholí A. J., Monsoriu-Serra J. A. (2011a). *Simulación de esfuerzos en pórticos*. Modelling in Science Education and Learning 4(16): 207-221.
- Giménez-Palomares F., Monsoriu-Serra J. A., Lapuebla-Ferri A., Jiménez-Mocholí A. J. (2011b). *Un laboratorio virtual para la enseñanza de momentos de inercia de figuras planas*. Modelling in Science Education and Learning 4(18): 231-239.
- Giménez-Palomares F., Jiménez-Mocholí A. J., Lapuebla-Ferri A., Monsoriu-Serra J. A. (2017). *Representación de distribuciones tensionales en elementos lineales prismáticos y cilíndricos*. Modelling in Science Education and Learning 10(2): 45-65.
- Infante Jiménez C. (2014). *Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas*. Revista Mexicana de Investigación Educativa 19(62): 919-937.
- Jiménez-Mocholí A. J., Lapuebla-Ferri A., Romero-García M. e Ivorra-Chorro S. (2011a). *Elasticidad y Resistencia de Materiales: apuntes de clase para las titulaciones de grado en ingeniería*. Valencia, España: editorial de la Universitat Politècnica de València.
- Jiménez-Mocholí A. J., Giménez-Palomares F., Lapuebla-Ferri A. (2011b). *Obtención de las características seccionales de secciones metálicas de pared delgada abiertas*. Modelling in Science Education and Learning 4(20): 251-261.
- Jiménez-Mocholí A. J., Giménez-Palomares F., Lapuebla-Ferri A. (2013). *Círculos de Mohr: un laboratorio virtual para la enseñanza y el aprendizaje de estados tensionales planos*. Modelling in Science Education and Learning 6(1): 157-171.
- Jiménez-Mocholí A. J., Giménez-Palomares F., Lapuebla-Ferri A. (2014). *Utilización de laboratorios virtuales para la enseñanza y el aprendizaje de la Elasticidad*. Modelling in Science Education and Learning 7(1): 37-47.
- López, F. (2005). *Metodologías participativas en la enseñanza universitaria*. Madrid, España: Narcea.
- Michavila F., Ripollés M. y Esteve F., editores (2011). *El día después de Bolonia*. Madrid, España: Tecnos.
- Ministerio de Educación. Gobierno de España. *Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades*. Boletín Oficial del Estado (versión on-line, accedida el 14/02/2018).
- Ortiz L. (1998). *Elasticidad*. Madrid-España: McGraw-Hill.
- Rué J. (2009). *El aprendizaje autónomo en educación superior*. Madrid, España: Nacerca.
- The Mathworks (2002). *Creating graphical user interfaces*. Natick, MA, EEUU: The MathWorks.
- The Mathworks (2017). *Matlab 2017a user's manual*. Natick, MA, EEUU: The Mathworks.
- Villa García, L. M. (2018). *Influencia del grado de exigencia en las asignaturas sobre la valoración de la docencia por parte de los estudiantes de enseñanzas técnicas de la rama industrial*. Técnica Industrial 318: 40-47.