

NUEVA HERRAMIENTA VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE MATERIALES

NEW TOOL VIRTUAL FOR TEACHING MECHANICS OF MATERIALS CHARACTERIZATION

Diego Vergara

Universidad Católica de Ávila, Ávila (España)

Manuel Pablo Rubio y Fernando Prieto

Universidad de Salamanca, Salamanca (España)

Resumen

Las nuevas tecnologías están constantemente actualizándose, dejando así obsoletas a versiones anteriores que son retiradas del mercado. En el sector de la educación, las tecnologías educativas también deben actualizarse si no quieren quedar obsoletas y dejar de motivar al alumnado. Teniendo en cuenta la importancia de los *juegos serios* en la actualidad, en este artículo se presenta una plataforma virtual que muestra de manera interactiva el funcionamiento de la máquina universal. Para ello se ha utilizado un *entorno 3D* moderno y sofisticado que motiva al alumnado al estudio de la caracterización mecánica de los materiales. En el artículo se muestra también el resultado de las encuestas realizadas a los estudiantes. Así, se ha comprobado que los alumnos no sólo demandan el uso conjunto de laboratorios reales y virtuales para las clases experimentales, sino también que estos últimos se diseñen en 3D para resultar realmente atractivos y motivadores.

Palabras clave: Laboratorio virtual; juegos serios; caracterización mecánica; 3D

Abstract

The new technologies are being constantly updated, so the previous versions become obsolete and they are withdrawn from the market. In the education sector, the educational technologies must also be updated in order not to become obsolete and to keep student motivation. Taking into account the currently importance of *serious games*, a virtual platform is presented in this paper, which shows the operation of a universal machine in an interactive way. To this end, a modern and sophisticated virtual *3D environment* has been used, which motivates students to study the mechanical characterization of materials. Results

of surveys of students are also shown in this paper. So, it is known that students not only demand the combined use of both real and virtual laboratories in order to give experimental classes, but also they request virtual environments designed in 3D so that they become really attractive and encouraging.

Keywords: Virtual laboratory; serious games; mechanical characterization; 3D

Introducción

El uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la enseñanza es cada vez más potente (Moreno *et al.*, 2010; Rodríguez, 2011). En este sentido, dentro del campo de la ingeniería muchos profesores están empezando a usar laboratorios virtuales en el aula (Muñoz, 2006; Delgado & López, 2009; Dobrzański & Honysz, 2009; Meneses & Ordosgoitia, 2009; Lorandi *et al.*, 2011; Vergara & Rubio, 2013). Además, muchas experiencias docentes verificaron la utilidad didáctica de estas herramientas virtuales, ya que corroboraron su efectividad en el aprendizaje de los estudiantes (Monge & Méndez, 2007; da Silva & Felix, 2011; Angulo *et al.*, 2012). Dada la utilidad cada vez mayor de este tipo de entornos, conviene destacar varios aspectos positivos que se consiguen con ellos: (i) paliar los problemas relacionados con la masificación de las clases prácticas, que implican que muchos alumnos no llegan a ver el funcionamiento de la máquina correspondiente; (ii) disponibilidad horaria para poder manejar la herramienta tantas veces cuando uno quiera y a la hora que cada uno desee; (iii) posibilidad de implementar en el entorno virtual aplicaciones didácticas para reforzar los conocimientos adquiridos; (iv) motivar al alumnado al estudio de la materia, al acercarle a un entorno amigable y familiar; (v) economizar costes de algunas clases prácticas, además poco efectivas si las clases están masificadas; e incluso (vi) evitar posibles riesgos de peligrosidad que se dan en algunos laboratorios reales al utilizar ciertos materiales.

En este artículo se presenta una nueva herramienta virtual, diseñada como una *plataforma virtual interactiva* (PVI), con la que el usuario puede ejecutar virtualmente un *ensayo de tracción* de un material hasta fractura total. En relación con este tema, ya existen otros entornos virtuales en 2D que se han diseñado buscando un fin bastante parecido (Dobrzański & Honysz, 2008; Dobrzański *et al.*, 2010; Brophy, 2013) o incluso páginas web donde, además de mostrarse un ensayo virtual de tracción, se ha diseñado una colección de ejercicios interactivos

relacionados con este tema (SteelUniverty.org). O simplemente vídeos de un ensayo real colgados en internet, que aunque no tienen un carácter directamente didáctico y simplemente son expositivos, pueden ser una herramienta bastante útil para el profesor (cf. vídeos de YouTube). Aun así, ninguno de los laboratorios virtuales publicados hasta el momento se ha diseñado en un entorno interactivo tridimensional (3D), lo cual supondría una simulación mucho más realista que el entorno 2D y, por lo tanto, mucho más amena y motivadora para el alumno (Balamuralithara & Woods). Hay destacar de este tipo de PVI que, al emplear efectos similares a los de los videojuegos, son realmente atrayentes –y por lo tanto motivadoras– para los estudiantes (Luengas *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2011). Aun así, el uso de recursos virtuales en el aula no garantiza una mejora de los procesos de desarrollo curricular *per se*, y por ello está siendo actualmente un aspecto de relevante interés científico (Rodríguez & Gomes, 2013).

La PVI mostrada en este artículo se basa en un entorno virtual 3D que simula de manera interactiva un ensayo de tracción, presentando absoluta libertad de movimientos interactivos para el usuario. Además, la herramienta tiene implementado un complemento educativo con ejercicios relacionados con el tema tratado, pretendiendo reforzar así el aprendizaje de los parámetros que caracterizan mecánicamente a un material. Este complemento ha ido evolucionando a partir de las opiniones de los usuarios (estudiantes y algún profesor) que han trabajado con esta PVI, alcanzando así una mayor efectividad didáctica. En este artículo se explica con qué programas se pueden diseñar esta tipología de herramientas y cuál es la opinión de los estudiantes de este entorno virtual educativo.

Herramienta virtual

La presente herramienta virtual se ha diseñado con los programas 3D Studio Max® y Quest 3D®. El uso conjunto de ambos programas ayuda a que la herramienta virtual diseñada sea tridimensional, interactiva, muy realista, fácil de usar, amena y motivadora, con movimientos en tiempo real, y además, permite implementar un complemento didáctico para reforzar

los conocimientos propios de la materia de estudio. El programa 3DStudioMax[®] supone una aplicación informática de creación de gráficos y animaciones 3D. Es de propósito general y permite la exportación e importación de diferentes modelos y animaciones, a otras aplicaciones, e.g. AutoCAD[®] o Quest3D[®]. Este programa ha servido para (i) modelar en 3D el entorno del laboratorio, el mobiliario y la propia máquina universal de ensayos; (ii) asignar el tipo de material a cada dispositivo; (iii) crear la iluminación más adecuada con el fin de que la herramienta parezca lo más real posible. Posteriormente, los modelos obtenidos con 3DStudioMax[®] se han exportado al programa Quest3D[®], que supone una herramienta que engloba un motor gráfico en tiempo de ejecución (movimientos en tiempo real) y un sistema de programación visual orientada a objetos. El entorno Quest3D[®] se utiliza para incorporar la interactividad de movimiento por el escenario y de interacción con los elementos del mismo. En este sentido, Quest 3D[®] presenta varias ventajas respecto a otros programas que permiten implementar componentes visuales interactivos (Pérez *et al.*, 2011): rapidez para integrar o suprimir elementos en el modelo; sencillez a la hora de definir el flujo de trabajo; flexibilidad para cambiar la geometría y características de los componentes en el modelo;

integración visual 3D con capacidad para importar y exportar entidades de otras fuentes; accesibilidad para cualquier entidad educativa mediante licencias académicas; programación basada en la filosofía WYSIWYG (*What you see is what you get*, lo que ves es lo que puedes hacer), es decir, que los resultados se ven directamente en el programa sin necesidad de renderizar ni exportar la aplicación para comprobar si la programación se hizo correctamente. Todos estos aspectos favorecen que los autores del presente trabajo hayan decidido usar este entorno para diseñar la PVI del ensayo de tracción.

La idea de esta herramienta está encuadrada dentro de los *juegos serios* (*serious games*) que pueden estar dirigidos a una amplia variedad de usuarios, desde estudiantes a profesionales. Este tipo de herramientas virtuales puede ser de cualquier género, usar cualquier tecnología de juegos y estar desarrollada para cualquier plataforma. En la PVI presentada en este artículo hay dos componentes principales, una primera que está basada en esta tipología de juegos serios, en este caso de carácter didáctico (Figuras 1 y 2), y una segunda en la que se ha implementado una colección de ejercicios virtuales puramente educativos (Figura 3).

Figura 1. Realismo de la máquina virtual de ensayos de tracción dentro de un laboratorio.

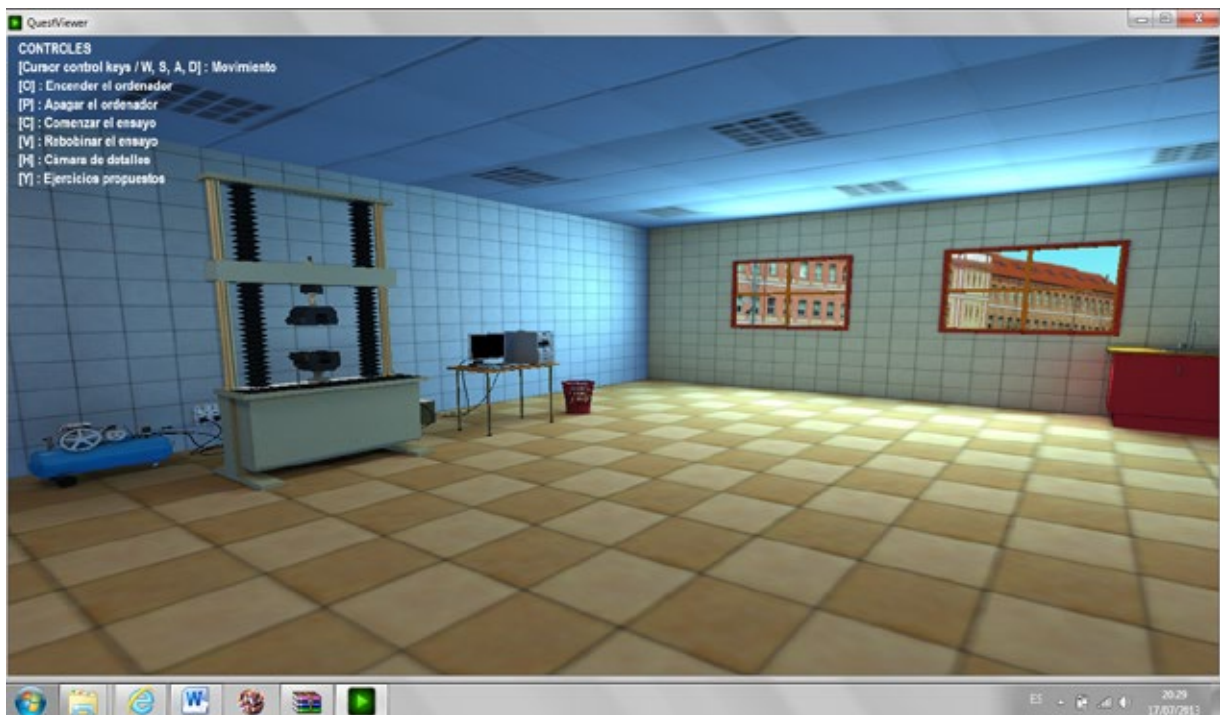
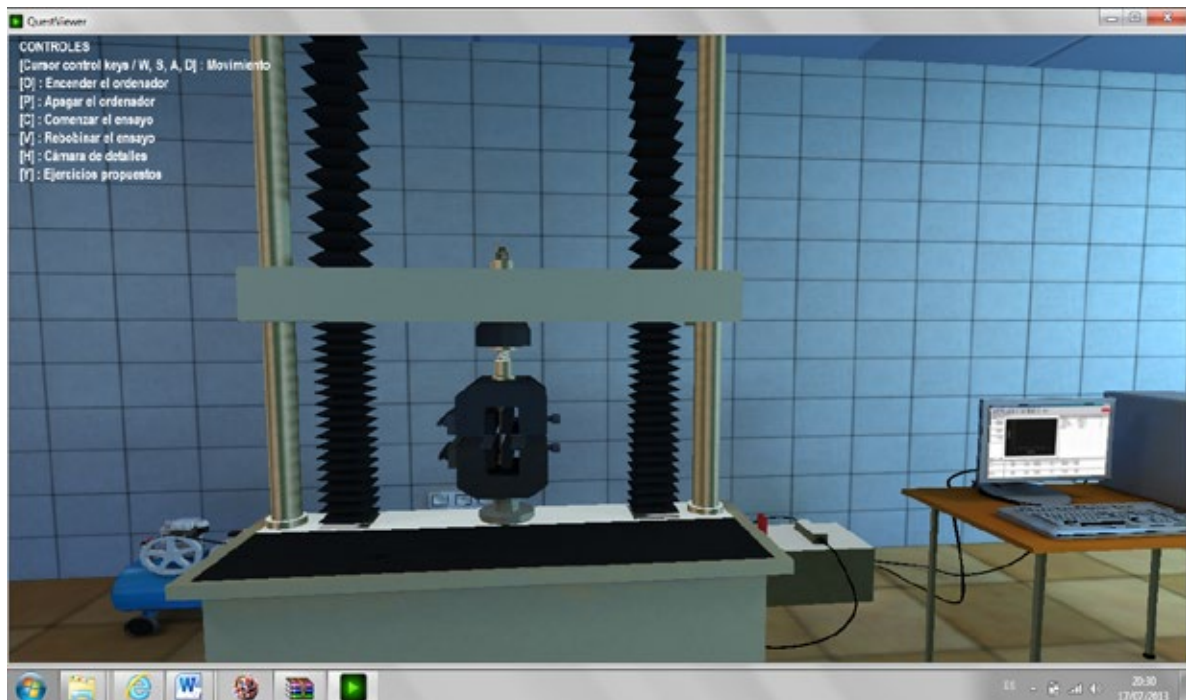


Figura 2. Curva tenso-deformacional en la pantalla del ordenador virtual.

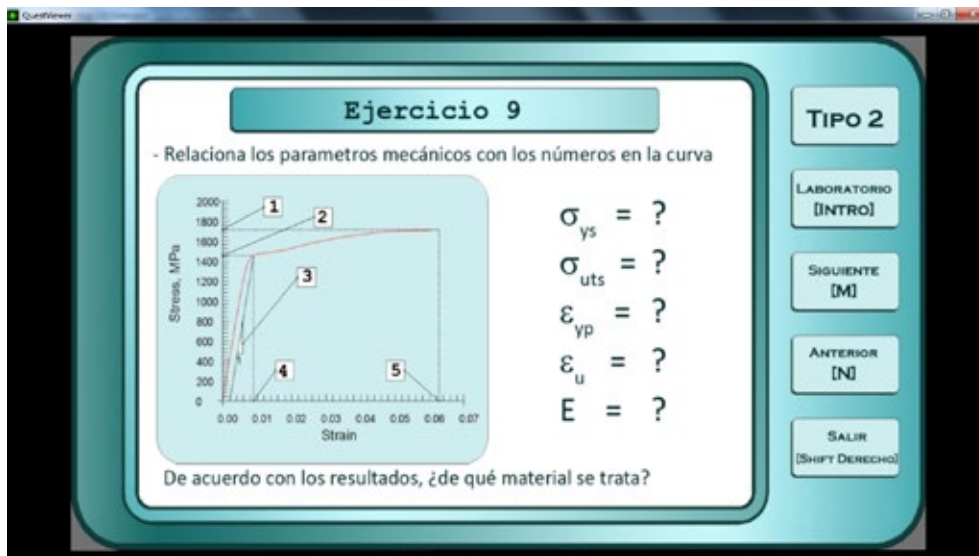


En la primera parte (juego serio) uno de los aspectos es el *realismo*, para que el alumno tenga la sensación de encontrarse realmente en el laboratorio de ensayos. Para ello se ha recreado no sólo el propio realismo de la máquina sino también el entorno del mismo laboratorio (Figura 1). Además, dado que el uso del entorno Quest 3D® permite al usuario moverse libremente por el laboratorio virtual, ubicándose en la posición que desee e incluso rotando sobre sí mismo para poder visualizar su entorno desde cualquier punto de vista, esta PVI consigue plasmar un grado de realismo superior a otros laboratorios virtuales usados previamente en la docencia de los ensayos de tracción, ya que todos están simulados en un entorno 2D (Dobrzański & Honysz, 2008; Dobrzański *et al.*, 2010; Brophy, 2013).

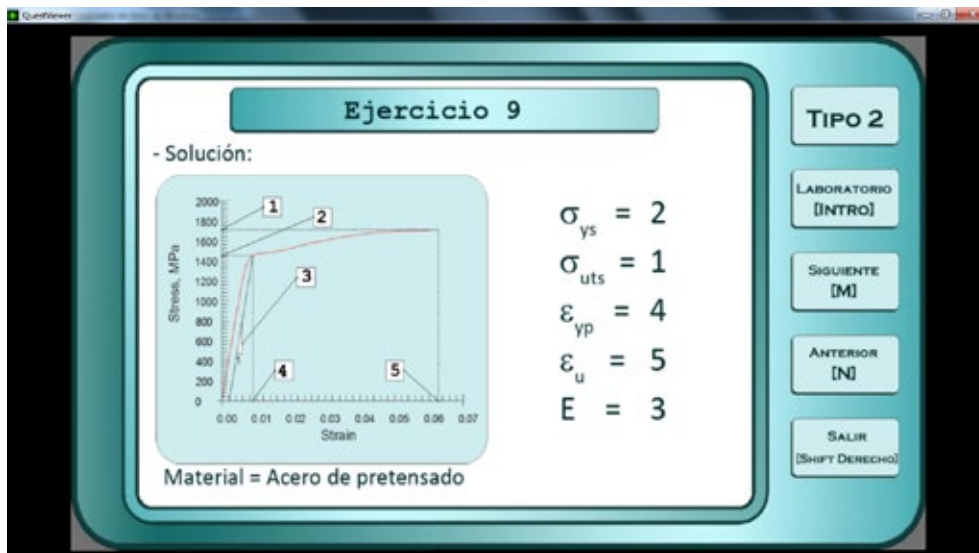
Por otro lado, la *interactividad* de esta PVI ayuda al estudiante a comprender por sí mismo el funcionamiento de la máquina (*autoaprendizaje*), ya que él mismo decide en qué momento colocar la probeta en

la máquina, en qué momento activar la carga, puede visualizar cómo se va alargando la probeta durante la ejecución del ensayo a la vez que se puede observar la progresión de su curva tenso-deformacional en la pantalla del ordenador virtual (Figura 2), puede comprobar cómo el punto de carga máxima coincide con el inicio del fenómeno de estricción, etc., es decir, el usuario tiene la sensación de estar ejecutando un ensayo real (con la ventaja añadida de repetir cualquier acción si no ha comprendido algún aspecto). Además, para reforzar aún más el realismo del entorno, esta herramienta tiene implementados los *sonidos* típicos que se producen en la ejecución de un ensayo de tracción (aplicación de la carga y rotura de la probeta) e incluso el del propio encendido de Windows® del ordenador virtual. Por otro lado, se ha pretendido que la herramienta fuese *fácil de manejar*, aplicando para ello una leyenda lo más sencilla y simple posible, que permanezca visible constantemente en la pantalla para que resulte cómoda de encontrar en caso de dudas (ver parte arriba-izquierda de las Figuras 1 y 2).

Figura 3. Ejercicios virtuales interactivos implementados en la PVI: (a) ejercicio; (b) solución.



(a)



(b)

Opinión del alumnado

Esta PVI ha sido sometida a evaluación mediante encuestas que se plantearon a estudiantes de ingeniería de diferentes universidades (Universidad de Salamanca y Universidad Católica de Ávila) e incluso a una gran diversidad de estudiantes de varios países europeos en un curso de la OAPEE (Organismo Autónomo Programas Educativos Europeos). En total 60 alumnos

han sido encuestados para llegar a los resultados mostrados en este artículo. Los alumnos pertenecían a las siguientes titulaciones: Ingeniería Industrial, Ingeniería Geológica, Ingeniería Civil, Arquitectura y Geología. La metodología empleada en el aula consistió en aplicar la PVI después de haber explicado previamente la teoría correspondiente al tema. La duración total de la clase basada en el manejo de la PVI fue de 2 horas: (i) 15 minutos para realizar el

ensayo virtual de manera interactiva y comprenderlo perfectamente, analizando a la vez el desarrollo de la curva tenso-deformacional; y (ii) 1 hora y 45 minutos para resolver los ejercicios prácticos implementados en la PVI y comprobar las soluciones (Figura 3). Esta última fase de resolución de problemas conviene realizarla mediante aprendizaje cooperativo basado en grupos de trabajo reducidos de 2-3 personas (Smith, 1996; Vergara, 2012), ya que éstos pueden favorecer por sí mismos que el aprendizaje cooperativo sea más eficaz.

Las encuestas valoraron los siguientes aspectos: interactividad, facilidad de uso, realismo, similitud con el entorno de un videojuego, motivación por ser una herramienta intuitiva y de fácil comprensión, calidad didáctica, aplicación didáctica, etc. A partir de la media aritmética de los resultados se obtuvo la Figura 4, donde queda comprobado que esta PVI ha sido realmente bien valorada por parte de dichos alumnos (todas las propiedades han sido valoradas por encima de 9 puntos sobre 10). Las propiedades sometidas a evaluación se han colocado en la Figura 4 en orden ascendente de valoración por parte del alumnado. Se preguntó a los alumnos si consideraban que para entender la PVI se requería de una explicación previa o, por el contrario, creían que la PVI era autoexplicativa. Las repuestas indican ambas opciones, en primer lugar piensan que la parte similar al videojuego es autoexplicativa y se entiende por sí misma, pero que el complemento educativo de

ejercicios precisa de clases previas con el profesor en el aula.

Además, hay que destacar que *los alumnos demandan claramente laboratorios virtuales en 3D*, dada la importancia que le dan al realismo y a la similitud con los videojuegos. Esta idea se refleja en los resultados de la Figura 5, donde se comprueba que cuando se les pregunta por la elección entre (i) “PVI en 3D” o (ii) “Indiferencia entre PVI en 2D o 3D, lo importante es sólo lo didáctica que sea la herramienta”, la mayoría de los estudiantes (61.7%) eligen claramente la herramienta en tres dimensiones. Con este gráfico queda constancia de la importancia actual de los *juegos serios* en la docencia universitaria.

Por otro lado, en la encuesta también se le ha dado a elegir al estudiante la mejor metodología para los créditos prácticos (de asignaturas de carácter experimental), dándoles las siguientes opciones de elección: (i) laboratorio virtual (LV); (ii) Laboratorio real (LR); y (iii) Mezcla de LR y LV. Los resultados, mostrados en la Figura 6, indican que los alumnos demandan el uso de LV en el aula, aunque conjuntamente con la realización de ensayos en LR (el 78.3% de los alumnos eligieron la elección conjunta LR+LV). Además, en la encuesta se incluyó la siguiente cuestión: “¿Te gustaría recibir más clases con PVI en otras asignaturas? En caso afirmativo cita en cuáles”. Entre todas las respuestas de los diferentes estudiantes se citaron prácticamente todas las asignaturas de carácter experimental de las titulaciones de ingeniería.

Figura 4. Valoración del alumnado de la PVI de la máquina de tracción.

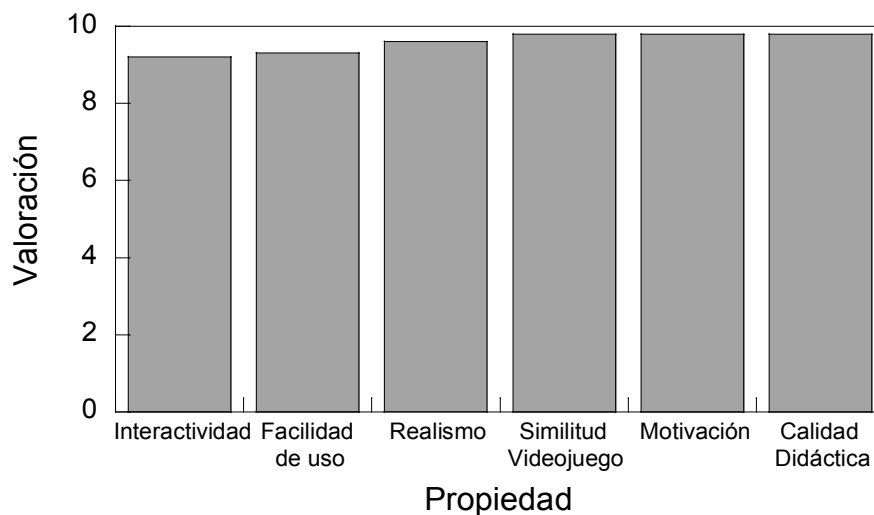


Figura 5. Valoración del alumnado respecto al entorno del laboratorio virtual.

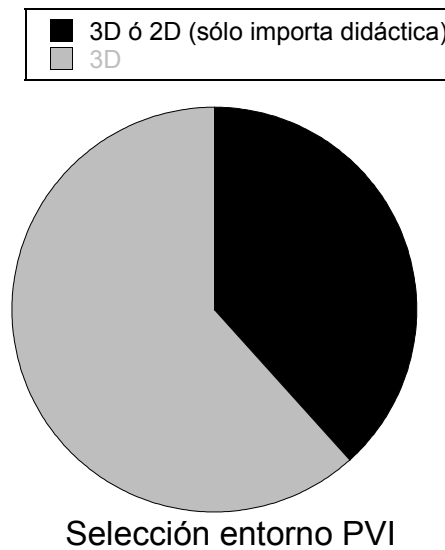
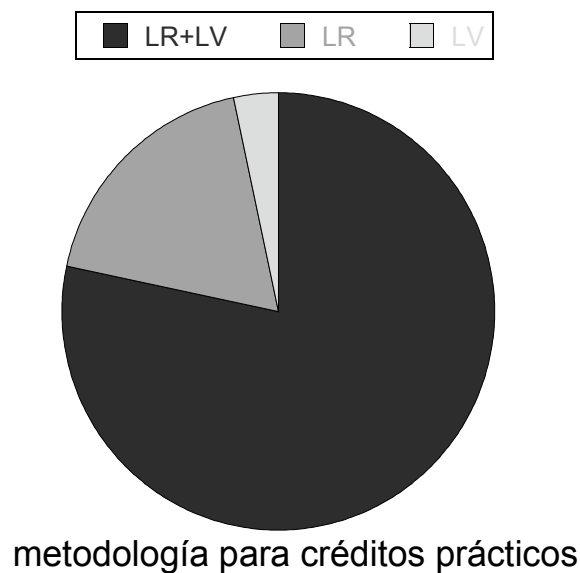


Figura 6. Elección del alumnado de la mejor metodología seguida para los créditos teóricos.



Discusión y Conclusiones

El avance tecnológico de cualquier herramienta o máquina que utilice dispositivos electrónicos supone que los tiempos de permanencia en el mercado de casi cualquier producto sea corto, ya que en un plazo breve de tiempo habrá un nuevo modelo comercial que hace que el anterior quede obsoleto. Esto mismo ocurre con las tecnologías educativas y, por ello, los docentes implicados en su profesión

deben actualizarse constantemente. En este sentido, motivar al alumnado y captar su atención con entornos virtuales que desde el punto de vista estético parecen obsoletos es cada día más difícil y, teniendo esto en cuenta, los autores de este artículo creen que es realmente conveniente aprovechar los recursos de los programas más actuales y sofisticados para crear un entorno virtual didáctico. Esta idea queda reforzada con los resultados obtenidos en las respuestas de las encuestas de este artículo.

Por lo tanto, los laboratorios virtuales empleados en el aula deben tener, además de una buena calidad didáctica, una estética *lo más realista posible* si se quiere motivar al alumnado a usarla y que éste se implique realmente en este tipo de enseñanza. Esto está claramente favorecido con un entorno 3D, de hecho acorde a la opinión de los alumnos se puede dilucidar que *las herramientas virtuales en 2D están quedando actualmente obsoletas en cuanto a la motivación que despiertan*. Esto supone que el docente debe actualizar periódicamente el laboratorio virtual (con la tecnología más moderna del momento) para que éste no quede anticuado. Acorde a los resultados de las encuestas (Figura 5), no sólo es necesaria una herramienta virtual que sea didáctica sino que además ésta debe captar la atención del estudiante para ser eficaz. En caso contrario, los alumnos no se sentirán realmente motivados por el uso de recursos virtuales.

A fecha de hoy, la PVI presentada en este artículo, supone una estética y diseño que atrae claramente a los estudiantes (incluso también a algunos profesores que la han manejado). Esto queda avalado con los resultados de las encuestas realizadas (Figura 4). Aun así, sabiendo la demanda tan exigente del alumnado respecto a mantener atractivas las herramientas virtuales, los autores están actualmente ampliando el complemento educativo incluyendo curvas tenso-deformacionales de las diferentes familias

de materiales: metálicos, cerámicos y polímeros, evitando así caer en el tradicional enfoque de la ciencia de materiales del uso casi exclusivo de metales para el ensayo de tracción. Con esta ampliación el estudiante podrá aprender *interactivamente* la diferencia entre un comportamiento frágil y uno dúctil, y podrá también comparar de manera razonada el comportamiento mecánico de diferentes materiales (igual que en las aplicaciones de la página web de SteelUniverty.org).

Los autores han querido dejar constancia con este artículo de un avance en el diseño de las tecnologías educativas empleadas para simular laboratorios virtuales en el campo ingenieril de la ciencia de materiales, empleando para ello entornos 3D basados en los juegos serios (serious games). Aunque son conscientes que, como en el caso de cualquier herramienta virtual que pretenda seguir captando la atención al usuario, tendrán que realizar mejoras periódicas con el fin de mantener el aspecto moderno que actualmente presenta (Figura 1). Para ello es conveniente realizar encuestas anuales a los estudiantes con el objetivo de apreciar cuándo la herramienta empieza a dejar de ser motivadora y efectiva desde el punto de vista didáctico. Además, otro aspecto que influye en la opinión del alumnado es la metodología en la que se implemente la herramienta virtual, que también es un aspecto que debe ir actualizándose con el tiempo.

Referencias

- Angulo, G.A., Vidal, L.O. & García, G. (2012). Impacto del laboratorio virtual en el aprendizaje por descubrimiento de la cinemática bidimensional en estudiantes de educación media. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 40, 1–12.
- Balamuralithara B. & Woods, P.C. (2009). Virtual laboratories in engineering education: the simulation lab and remote lab. *Computer Applications in Engineering Education*, 17(1), 108–118.
- Brophy, S.P., Magana, A.J. & Strachan, A. (2013). Lectures and simulation laboratories to improve learners' conceptual understanding. *Advances in Engineering Education*, 1–27.
- Da Silva, A.C. & Félix, N. (2011). Avaliação do uso de mundos virtuais como apoio ao processo de ensino e aprendizagem de projeto. *Educação Gráfica*, 15(1), 6–20.
- Delgado, M.A. & López, J.A. (2009). Laboratorio virtual de control inteligente. *Revista Educación en Ingeniería*, 8, 102–110.
- Dobrzański, L.A., Jagiełło, A. & Honysz, R. (2008). Virtual tensile test machine as an example of Material Science Virtual Laboratory post. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 27(2), 207–210.

- Dobrzański, L.A. & Honysz, R. (2009). On the implementation of virtual machines in computer aided education. *Journal of Materials Education*, 31(1-2), 131–140.
- Dobrzański, L.A. & Honysz, R. (2010). The idea of material science virtual laboratory. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 42(1-2), 196–203.
- Lorandí, A.P., Hermida, G., Silva, J.H. & Ladrón, E. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, 24–30.
- Luengas, L., Guevara, J. & Sánchez, G. (2009). Cómo desarrollar un Laboratorio Virtual? Metodología de Diseño. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 5, 165–170.
- Meneses, G.A. & Ordosgoitia, D.A. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP. *Revista Educación en Ingeniería*, 7, 62–73.
- Monge, J. & Méndez, V.H. (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Revista Educación*, 31(1), 91–108.
- Moreno, M., Ovalle, D.A. & Vicari, R.M. (2010). Hacia una taxonomía en la educación asistida por computador. *Revista Educación en Ingeniería*, 9, 27–36.
- Muñoz, A. (2006). Ambiente virtual de aprendizaje para el desarrollo de la asignatura teoría general de sistemas. *Revista Educación en Ingeniería*, 2, 1–6.
- Pérez, R., Jöns, S., Hernández, A. & Young, D. (2011). Tutorial de simulación básica utilizando Quest®. *Conciencia Tecnológica*, 41, 28–34.
- Rodríguez, R.M. (2011). Repensar la relación entre las TIC y la enseñanza universitaria: problemas y soluciones. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 15(1), 9–22.
- Rodríguez-Hoyos, C. & Gomes, M.J. (2013). Videojuegos y educación: una visión panorámica de las investigaciones desarrolladas a nivel internacional. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 17(2), 479–494.
- Smith, K.A. (1996). Cooperative learning: making “groupwork” work. *New Directions for Teaching and Learning*, 67, 71–82.
- Sánchez, P.A., Alfageme, M.B. & Serrano, F.J. (2011). Opiniones sobre los videojuegos del alumnado de educación secundaria obligatoria. *EDUtec-e, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 8, 1–14.
- SteelUniversity.org. World Steel Association & MATTER (University of Liverpool). Recuperado el 16 de julio de 2013 de <http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/default.asp?catid=150&pageid=2081271506>.
- Vergara, D. (2012). Una experiencia educativa de aprendizaje cooperativo en la universidad. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 16(2), 339–354.
- Vergara, D., Rubio, M.P. & Prieto, F. (2013). Diseño de nuevas herramientas virtuales para la enseñanza de la radiología industrial. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología - TE&ET*, 11, 76–82.

Sobre los autores

Diego Vergara Rodríguez

Doctor por la Universidad de Salamanca, en el programa de doctorado de Ingeniería Mecánica y de Materiales. Ingeniero de Materiales e Ingeniero Técnico de Obras Públicas. Actualmente Profesor Contratado Doctor en la Universidad Católica de Ávila en el Departamento Tecnológico. Su campo de investigación en innovación docente está relacionado con el desarrollo de recursos virtuales con aplicación directa en la docencia de diversas asignaturas de ingeniería. dvergara@usal.es

Manuel Pablo Rubio Caverio

Postgrado en Sistemas Inteligentes, Ingeniero de Materiales e Ingeniero Técnico Industrial. Actualmente Profesor Colaborador de la Universidad de Salamanca, en el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Su campo de investigación en innovación docente está relacionado con el desarrollo de recursos virtuales con aplicación directa en la docencia de diversas asignaturas de ingeniería. mprc@usal.es

Fernando Prieto Acera

Ingeniero Técnico Industrial. Su campo de investigación en innovación docente está relacionado con el

desarrollo de recursos virtuales con aplicación directa en la docencia de diversas asignaturas de ingeniería.
fernandopa@usal.es

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.