

## GENERACIÓN DE RECURSOS BASADOS EN REALIDAD AUMENTADA Y 3D PARA INGENIERÍA CIVIL

Castro Malpica M.<sup>1\*</sup>, Sánchez Fernández, J. A.<sup>2</sup>, Zamorano Martín C. I.<sup>1</sup>, García Palacios J.<sup>2</sup>, Guisández González I.<sup>2</sup>, Herrero Martínez N.<sup>2</sup>, Martínez de Lucas G.<sup>2</sup>, Pérez Díaz J. I.<sup>2</sup> y Suarez Navarro M. J.<sup>2</sup>

1: Departamento de Ingeniería Civil: Transporte y Territorio  
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: {maria.castro, clara.zamorano}@upm.es

2: Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica, Energía y Medio Ambiente  
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: {joseangel.sanchez, jaime.garcia.palacios, i.guisandez, nieves.herrero, guillermo.martinez, ji.perez, mariajose.suarez}@upm.es>

**Resumen.** *Se han desarrollado aplicaciones de realidad aumentada y 3D para la docencia de cuatro asignaturas de ingeniería civil ligadas a las infraestructuras de energía o del transporte. Se pretende que el alumno se implique con la realidad que le rodea y descubra su entorno desde una perspectiva cercana al mundo digital con el que está familiarizado. Además, se busca aumentar el aprovechamiento docente de recursos físicos existentes en los laboratorios, bien ampliando su tiempo de uso, sin aumentar sus costes de conservación, bien aumentando, con un coste mínimo, el número de alumnos que se beneficien de su existencia. Asimismo, se trata de poner en valor y aprovechar mejor para la docencia elementos, como maquetas ferroviarias, situados en los pasillos del Centro. Por otra parte, los modelos digitales 3D y videos generados facilitan la comprensión del diseño de las infraestructuras espaciales por parte del alumno.*

**Palabras clave:** material multimedia, objetos 3D, realidad aumentada, video educativo

### 1. Introducción

Un problema común a muchas asignaturas con un número grande de alumnos es la dificultad de hacer prácticas con equipos reales en laboratorio. Esto se debe a la necesidad de tener un número suficiente de equipos y un número suficiente de horas de profesor para atender a los alumnos en grupos reducidos. Adicionalmente, el coste unitario de estos equipos puede ser elevado o su manipulación puede ser compleja y requerir personal especializado para evitar riesgos tanto al equipo como a los alumnos. Todo ello hace que existan equipos que, en la práctica, estén infrutilizados. Este problema se puede intentar solucionar mediante la utilización de laboratorios virtuales o mediante la realidad aumentada (“aquella información adicional que se obtiene de la observación de un entorno, captada a través de la cámara de un dispositivo que previamente tiene instalado un software específico” [1]).

También existen asignaturas en las que el ámbito de estudio es de gran tamaño (infraestructuras territoriales) y, por tanto, en las que es imposible trabajar directamente con él. Por ello, habitualmente se recurre a manejar la información

mediante representaciones gráficas (cartografía, planos). En este caso, una herramienta útil es el empleo de la visualización de simulaciones tridimensionales del entorno. Asimismo, hay materias en las que la visualización 3D de la infraestructura a proyectar es de gran importancia, como por ejemplo en el diseño de las carreteras. El trazado de carreteras se realiza tradicionalmente en 2D (planta, alzado y sección transversal), lo que puede ocasionar problemas en la perspectiva 3D percibida por los usuarios (cuando la carretera ya ha sido construida) que pueden ocasionar una falsa interpretación de la realidad. Es importante que los alumnos comprendan bien la relación entre el diseño geométrico 2D que realizan y los resultados 3D, así como la manera de resolver en la fase de diseño los defectos en la perspectiva. La comprensión del relieve del terreno y el encaje de la infraestructura en el entorno también es relevante en el caso del diseño de líneas de ferrocarril. Puede conseguirse mediante simulaciones 3D o mediante maquetas físicas (cuya información puede ser complementada también mediante realidad virtual).

Por otra parte, en las materias relacionadas con sistemas ferroviarios también juega un papel esencial conocer las características y evolución del material móvil (locomotoras, etc.). En la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos existen diversas maquetas de equipos ferroviarios dispuestas en los pasillos. Se trata, por ejemplo, de maquetas de locomotoras antiguas y otros dispositivos que, en el mejor de los casos, tan sólo disponen de una pequeña placa con el nombre del equipo. El uso de la realidad aumentada, adosando a estas maquetas unos códigos QR que permitan el enlace a páginas web con información adicional, es particularmente útil. De este modo, los alumnos pueden, en su móvil o tableta, ver el equipo en funcionamiento o acceder a explicaciones acerca de su origen, utilidad, características, etc.

En el caso de estudiantes de máster es muy importante potenciar las habilidades ligadas al aprendizaje autónomo [2]. La utilización de la realidad aumentada en asignaturas de máster favorece la adquisición de dicha competencia. Además, al involucrar mecanismos ligados a las emociones y situados más abajo en la pirámide del conocimiento permite conseguir un aprendizaje más profundo y persistente.

Por todo ello, los autores han decidido explorar en sus asignaturas de máster el uso de la realidad aumentada o de la visualización de simulaciones tridimensionales del entorno. A continuación, se resumen las principales características de las asignaturas, los recursos existentes y los desarrollados.

## **2. Recursos generados**

Se han generado recursos para cuatro asignaturas que se imparten en las titulaciones del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (MUICCP) y del Máster Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil (MUSIC) impartidas en la ETSI Caminos, Canales y Puertos (UPM): “Sistemas Energéticos”, “Ingeniería Hidroeléctrica”, “Sistemas Ferroviarios” y “Diseño Viario”.

“Sistemas Energéticos” es una asignatura obligatoria de 3 ECTS. Se imparte en el tercer semestre del MUICCP. Tiene un tema de “Generación eléctrica” en el que se explica el funcionamiento de los alternadores. En el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica existe una bancada de alternadores que permite realizar prácticas a los alumnos. Sin embargo, dado el elevado número de alumnos (138 de media), no es posible organizar presencialmente dichas prácticas. Se ha optado por grabar en video varias maniobras

realizadas por un profesor. Dichos videos, además de estar colgados en un servidor que incluye información adicional, están accesibles a través de unos códigos QR situados en la propia bancada. De este modo, una persona que posea un teléfono móvil con un lector de códigos QR puede ver simultáneamente los alternadores físicos y videos que muestran diversas maniobras realizadas por un profesor con los mismos y lecturas de los aparatos de medida, o acceder a explicaciones sobre las máquinas que está viendo.

“Ingeniería Hidroeléctrica” es una asignatura optativa de 4,5 ECTS común a MUSIC (primer semestre) y a MUICCP (tercer semestre). Se imparten varios temas de “Turbinas Hidráulicas” en los que se explican los diferentes tipos de turbinas existentes, su principio de funcionamiento, rangos de operación y como realizar un dimensionamiento preliminar. En el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica existe una bancada con una turbina Pelton y otra con una Turbina Francis que permiten realizar prácticas con los alumnos. Sin embargo, sus circuitos hidráulicos se vacían, por motivos de conservación, fuera del periodo de prácticas. En consecuencia, estos equipos dejan de estar accesibles a los alumnos. La solución implementada consiste en grabar en video varias maniobras realizadas por un profesor. Dichos videos, además de estar colgados en un servidor que incluye información adicional, están accesibles a través de unos códigos QR situados en los depósitos de las turbinas. De este modo, mediante un teléfono móvil es posible ver simultáneamente las turbinas físicas y un video con ellas funcionando, o acceder a explicaciones sobre sus características.

“Sistemas Ferroviarios” es una asignatura obligatoria de 4,5 ECTS del MUICCP (primer semestre). Cuenta con la característica peculiar de que entre los alumnos matriculados (más de 200) existe un porcentaje, que puede superar el 40%, que no han cursado con anterioridad ninguna asignatura relacionada con el ferrocarril, mientras que el resto han tenido una asignatura específicamente ferroviaria en su currículum académico, por lo que están familiarizados con la tecnología y los conceptos que se desarrollan en la asignatura. Esta particularidad hace especialmente complicada la docencia en la asignatura, ya que es necesario conseguir un equilibrio entre aumentar el conocimiento de los alumnos familiarizados con la tecnología ferroviaria y conseguir integrar a aquellos que descubren por primera vez el sistema ferroviario. Este apasionante reto se ha conseguido en el último año gracias a una exhaustiva información facilitada a los alumnos y bien definida en cuanto a su objetivo preciso y trabajos personalizados por parte de los alumnos. Un paso siguiente en este desafío consiste en utilizar los fondos que posee la Escuela para afianzar los conocimientos adquiridos en clase. Pese a que en el desarrollo de la asignatura se proporciona material gráfico y videos, es muy importante para el alumno el “descubrimiento” en 3D de los objetos que se presentan en el aula. En este sentido, destaca la colección de elementos ferroviarios y maquetas con que cuenta la Escuela y que, en la mayoría de los casos, no están documentados. Para poder integrar los interesantes fondos con que cuenta la Escuela de Caminos en la docencia y aprovechar la curiosidad innata de los alumnos frente a los objetos diseminados por las distintas dependencias, se ha desarrollado en este proyecto de innovación educativa una prueba piloto, dotando a tres objetos característicos ferroviarios de información que los estudiantes pueden obtener en su móvil o tableta gracias a la lectura de un código QR situado en el entorno del objeto. Los tres objetos seleccionados han sido una maqueta del paso ferroviario por el puerto de Pajares, una mesa de enclavamientos y una maqueta de la locomotora denominada Ysabel II. En los tres casos se incluye información relativa al objeto y links a videos o páginas web que permiten ampliar la información. En todo momento se ha limitado el alcance de la

información a un nivel básico y divulgativo, que acreciente el interés del alumno por la materia, más que tratar de incluir contenidos demasiado técnicos o elaborados que serían de difícil lectura y entendimiento en el soporte digital para el que están pensados. Se pretende que la información facilitada sea el primer paso para el conocimiento que podrá profundizarse con los apuntes de clase o los fondos bibliográficos con que cuenta la Biblioteca de la Escuela.

“Diseño Viario” es una asignatura optativa de 4,5 ECTS que se cursa en el último semestre de MUSIC y MUICCP. También se pueden matricular estudiantes del programa de Doctorado en Sistemas de Ingeniería Civil (DOSIC). Con la finalidad de mostrar el problema de los defectos en la perspectiva de la carretera debido a la falta de coordinación de la planta y el alzado y cómo resolverlo en la fase de diseño de la infraestructura, se han desarrollado tres casos de estudio. Corresponden a los tres tipos más conocidos de defectos: reaparición del trazado, puntos angulosos en los bordes de la calzada y falsas inflexiones en los bordes de la calzada. En todos los casos, pertenecientes a carreteras reales, se han elaborado videos simulando perspectivas (3D) de cómo vería la carretera un conductor a medida que circulara por ella. Unos videos corresponde a la situación existente, donde se aprecian los mencionados defectos, y otros, después de ser corregidos cambiando el diseño geométrico de la carretera. Estos videos están disponibles mediante la página web del proyecto ([http://vulcano.caminos.upm.es/PIE\\_2016/index.html](http://vulcano.caminos.upm.es/PIE_2016/index.html)). Asimismo, en dicha página web se encuentra información técnica de los trazados inicial/final y cómo resolver el problema.

### **3. Conclusiones**

Se han desarrollado aplicaciones de realidad aumentada que tratan de dinamizar el proceso de docencia, haciendo que el alumno se implique con la realidad que le rodea y le permita descubrir su entorno desde una perspectiva cercana al mundo digital en el que se mueve con soltura y con el que está familiarizado. Además, se ha buscado aumentar el aprovechamiento docente de los recursos físicos existentes. En algunos casos, como las turbinas situadas en laboratorios, se logra ampliar el tiempo de uso sin aumentar sus costes de conservación. En otros, se consigue aumentar, con un coste mínimo, el número de alumnos que se pueden beneficiar de su existencia. Asimismo, se proporciona un valor añadido a elementos, como maquetas ferroviarias, situados en los pasillos del Centro favoreciendo su aprovechamiento docente o divulgativo (de cara a los visitantes de la Escuela). Por otra parte, el empleo de modelos 3D y la generación de videos que simulan lo que vería el usuario de infraestructuras espaciales a medida que las recorriera, facilita la comprensión del alumno de los defectos de perspectiva originados en la fase del diseño y cómo resolverlos.

### **REFERENCIAS**

- [1] Blázquez Sevilla, A., “Realidad Aumentada en Educación”, Gabinete de Tele-Educación del Vicerrectorado de Servicios Tecnológicos de la Universidad Politécnica de Madrid, (2017).
- [2] Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Texto consolidado a 3 de junio de 2016.