

**MEMORIA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS**  
**PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES**

**CURSO 2013/2014**

**DATOS IDENTIFICATIVOS:**

*1. Título del Proyecto*

*Estudio comparativo del uso de estereoscopia, web3D y realidad aumentada como herramientas docentes en la ingeniería gráfica*

*2. Código del Proyecto*

*2013-12-5010*

*3. Resumen del Proyecto*

En este proyecto se ha llevado a cabo un estudio comparativo de tres técnicas, estereoscopia, web3D y realidad aumentada, complementarias a la enseñanza tradicional de la ingeniería gráfica. La finalidad última que se persigue es alcanzar el objetivo de incrementar el trabajo autónomo del alumno y reducir el tiempo presencial del profesor marcados para el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Así, se han aplicado en la docencia de las asignaturas correspondientes las técnicas antes mencionadas a grupos homogéneos de alumnos evaluando, posteriormente su impacto gracias a las pruebas conocidas como Mental Rotation Test (MRT). Los resultados obtenidos demuestran cierta ventaja de la técnica web3D sobre las otras dos estudiadas ya que, aunque sus resultados son solamente ligeramente superiores, el material docente correspondiente se prepara de manera más sencilla y permite una difusión más adecuada en las plataformas de aula virtual con la consiguiente ventaja para el alumno al poder acceder a este material con los dispositivos de uso habitual.

*4. Coordinador/es del Proyecto*

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente
EDUARDO GUTIÉRREZ DE RAVE AGÜERA	INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA	63
FRANCISCO JOSÉ JIMÉNEZ HORNERO	INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA	63

*5. Otros Participantes*

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Tipo de Personal
ANA BELEN ARIZA VILLARVERDE	INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA	63	CONTRATADA POSTDOCTORAL
PABLO PAVON DOMINGUEZ	INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA	63	CONTRATADO POSTDOCTORAL
FERNANDO MUÑOZ BERMEJO	INGENIERÍA GRÁFICA Y GEOMÁTICA	63	TEU

## 6. Asignaturas implicadas

Nombre de la asignatura	Titulación/es
101235 Sistemas de Representación	Grado en Ingeniería Mecánica
101285 Sistemas de Representación	Grado en Ingeniería Eléctrica
101335 Sistemas de Representación	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial
101370 Diseño Asistido por Ordenador	Grado en Ingeniería Electrónica Industrial
101257 Dibujo Técnico	Grado en Ingeniería Mecánica

## MEMORIA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EDUCATIVA PARA GRUPOS DOCENTES

### Especificaciones

Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de **DIEZ** páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran generado documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de éstos.

### Apartados

#### 1. Introducción (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas, etc.).

En los tres últimos cursos académicos el grupo docente 063 ha desarrollado una intensa actividad innovando en la enseñanza de la ingeniería gráfica mediante el uso de herramientas docentes en el marco de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Estas herramientas, estereoscopia, web3D y realidad aumentada, representan una alternativa a la enseñanza tradicional de la ingeniería gráfica. La validez del uso de estas herramientas se certificó mediante pruebas que comparaban su tasa de éxito frente a los métodos docentes habituales. Así, el diseño de una aplicación que generaba escenas 3D estereoscópicas (e.g. Johnson et al., 2006; Kaufmann, 2004) facilitó a los alumnos la comprensión de los procedimientos más importantes de la Ingeniería Gráfica mediante la generación de modelos tridimensionales. De tal manera, la calificación media de alumnos que usaron las escenas 3D estereoscópicas fue un 15% más alta reduciendo a la misma vez el tiempo necesario para resolver los problemas planteados en un 5%. Por otro lado, la tecnología web3D permite extender los entornos 3D de aprendizaje virtual interactivo a través de Internet (Chittaro y Ranon, 2007; Ieronutti y Chittaro, 2007) sin alto coste. De esta forma, es posible obtener presentaciones interactivas que permiten realizar transformaciones geométricas a objetos estructurados en capas o niveles de visualización para modificar su posición, orientación, tipo de proyección y punto de vista. Al igual que en el caso anterior, se constató una mejora del 17% en la calificación media de los alumnos que usaron la web3D reduciendo el tiempo de resolución en un 8%. Estos resultados confirmaron la mejor identificación de objetos 3D detectada con el Mental Rotation Test (MRT) en estos mismos alumnos. Finalmente, la realidad aumentada ha demostrado ser especialmente adecuada cuando se combina con dispositivos móviles (Kramer, 2009; Naismith et al., 2004), como smartphones y tabletas, debido a que el alumno puede obtener cualquier vista de un modelo 3D e interactuar fácilmente con botones virtuales que muestren diferentes elementos del mismo. Los resultados obtenidos inicialmente son prometedores ya que se ha constatado una mayor destreza en la resolución de problemas por parte de los alumnos que han usado la aplicación de realidad aumentada

diseñada por nuestro grupo en sus dispositivos móviles. No menos importante ha sido la creciente motivación e interés por las asignaturas involucradas que, en general, han mostrado los estudiantes que ha participado en la evaluación de estos proyectos de innovación educativa.

La validez de las herramientas antes mencionadas fue comprobada mediante comparaciones con la metodología tradicional, usando para cada una de ellas modelos 3D diferentes, sin haber estudiado si alguna de ellas ofrecía más ventajas que el resto en la enseñanza de la ingeniería gráfica. Por tanto, es necesario explorar esta cuestión para profundizar en el uso de estas herramientas de manera individual o combinada en un contexto de limitados recursos económicos. Con este fin se propone este estudio comparativo que entronca con los objetivos de incrementar el trabajo autónomo del alumno y reducir el tiempo presencial del profesor marcados para el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

## 2. Objetivos (concretar qué se pretendió con la experiencia).

El objetivo general de este trabajo es explorar la idoneidad de la estereoscopía, escena web3D y realidad aumentada como herramientas docentes en la enseñanza de la ingeniería gráfica. Dos son los objetivos parciales cuya consecución llevará a conseguir el objetivo general:

1. Generación de los mismos modelos 3D para todas las herramientas implicadas en este estudio. De esta manera se completará la colección existente y se posibilita la comparación entre las alternativas consideradas.
2. Evaluación de los beneficios docentes de cada una de las herramientas mediante pruebas que se realizarán a los alumnos, incluyendo su posterior comparación.

## 3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle qué se ha realizado en la experiencia).

El uso de la estereoscopía, web3D y realidad aumentada ha logrado en líneas generales que los diferentes elementos geométricos intervinientes en un escenario problema sean percibidos más fácilmente por el alumno. La interacción con los elementos geométricos visualizados es una forma eficaz de adquirir destreza en la percepción espacial en base a experiencias donde el alumno tiene un papel activo. Así, los resultados que se pueden obtener con una única escena tridimensional son variados, facilitando la comprensión de conceptos teóricos difíciles de adquirir usando las metodologías tradicionales. En una situación como la actual, donde es obligada la economía de recursos, es necesario discernir sobre la idoneidad de cada una de estas tres técnicas en base a los resultados que obtengan los alumnos al realizar pruebas de comprensión espacial sencillas. En los primeros cursos de ingeniería existen alumnos con diferente capacitación sobre visión espacial. La técnica que obtuvo mejores resultados fue web3D y tiene potencial para ser una ayuda adicional para que los alumnos puedan entrenarse fuera del aula conforme a sus necesidades, incrementando así su trabajo autónomo.

## 4. Materiales y métodos (describir el material utilizado y la metodología seguida).

Las actividades a desarrollar en este proyecto se corresponden con cada uno de los objetivos parciales descritos previamente:

### **Actividad 1: Generación de los modelos 3D para las herramientas estudiadas**

Tras concluir la revisión bibliográfica del material docente publicado recientemente sobre los problemas más idóneos de geometría descriptiva, se procedió a elaborar los modelos 3D para las tres técnicas estudiadas.

En el caso de la visión estereoscópica, los modelos 3D (Fig. 1) se generaron mediante el uso de las librerías de OpenGL denominadas GLU y GLUT ([www.opengl.org](http://www.opengl.org)). A continuación, se tuvo la

visión del escenario problema desde diferentes puntos, de forma que se facilitara al alumno la comprensión del concepto que se trata de explicar. En todos los casos, las imágenes generadas se adaptaron para su visión en el monitor del ordenador. La visión en color de la escena 3D es posible gracias a gafas obturadoras o shutter glasses. De esta manera, cada imagen se creaba y enviaba al monitor alternativamente, coincidiendo con el refresco de pantalla. Las gafas obturadoras sincronizaban su parpadeo con este cambio permitiendo ver la imagen 3D.

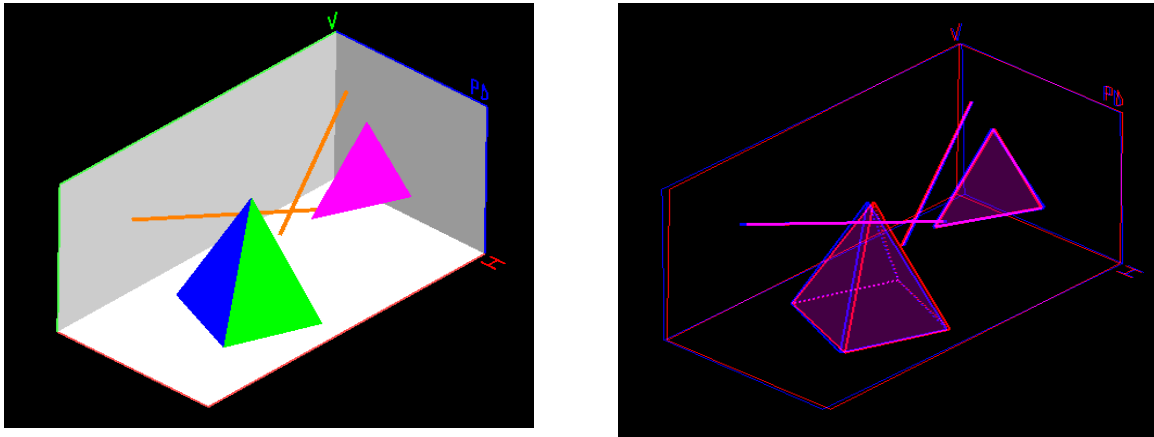


Fig.1. Modelo 3D de diferentes objetos geométricos (recta, plano y pirámide) y escena estereoscópica generada.

Las escenas web3D estaban estructuradas en diferentes capas (Fig. 2) de tal manera que se puedan visualizar las distintas fases constructivas del concepto planteado. Para ello, se usó el software de creación de gráficos y animación Autodesk 3D Studio Max para conseguir modelos con materiales y texturas. Posteriormente, el modelo se almacenó en un archivo X3D (2011) o VRML (1997) que, finalmente, era importado por el programa Demicron WireFusion para diseñar la correspondiente presentación web3D. A continuación, con la interfaz gráfica de Demicron WireFusion se añadieron las funciones necesarias para lograr la interactividad, junto con menús y barras de herramientas, la visión del escenario problema desde diferentes puntos de vista (movimientos de cámara), alejamiento o acercamiento a los elementos (zoom) y desplazamiento de los elementos (movimiento de la escena). También, se dio la posibilidad de activar/desactivar las diferentes capas contenidas en el modelo consiguiendo la configuración más adecuada del mismo para su visualización óptima. De esta forma, el alumno podía comprender el concepto planteado incluyendo, en los casos más complejos, la ayuda de videos (streaming). Las presentaciones realizadas con Demicron WireFusion estaban preparadas para ser ejecutadas en cualquier sistema operativo que soportara Java 1.1+. Esta característica posibilitaba la amplia difusión de las presentaciones al estar disponibles para los entornos más habituales como Windows, Linux y Mac facilitando su uso en plataformas virtuales (Moodle).

Finalmente, la generación de modelos 3D para su visualización con realidad aumentada en dispositivos móviles (Fig. 3) se hizo usando la librería Vuforia SDK 1.5.9 desarrollada por Qualcomm Developer Network para Android. Esta librería ofrece las siguientes ventajas: i) detecta tracks y marcadores, ii) incluye elementos virtuales de interacción (botones virtuales), iii) admite la detección de marcadores múltiples y iv) tiene acceso de alto nivel a hardware del dispositivo, como la cámara del dispositivo móvil. En todos los casos, se aseguró un nivel de alto de detalle de los modelos para su visualización con nitidez a través de los dispositivos en los que la aplicación se ejecute (smartphones y tabletas). Además, el alumno podía observar el escenario problema desde diferentes puntos de vista.

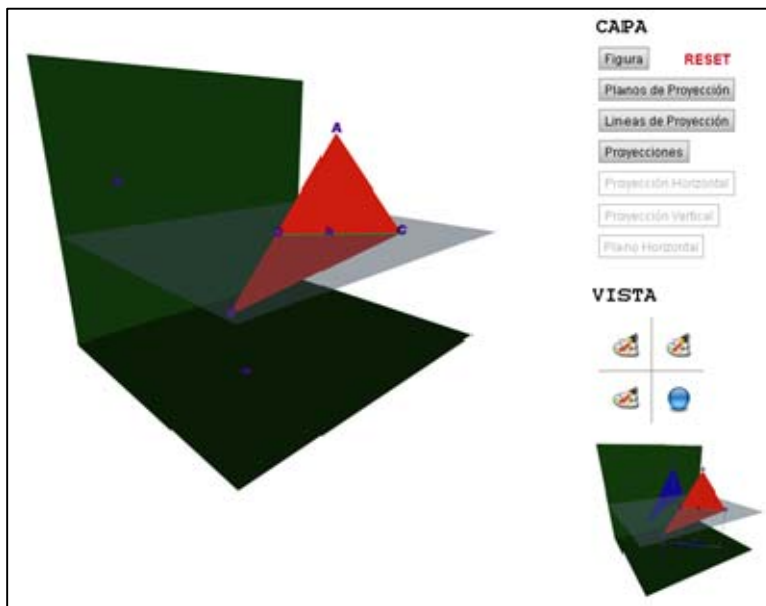


Fig. 2. Presentación web3D de la intersección de un triángulo con un plano horizontal.

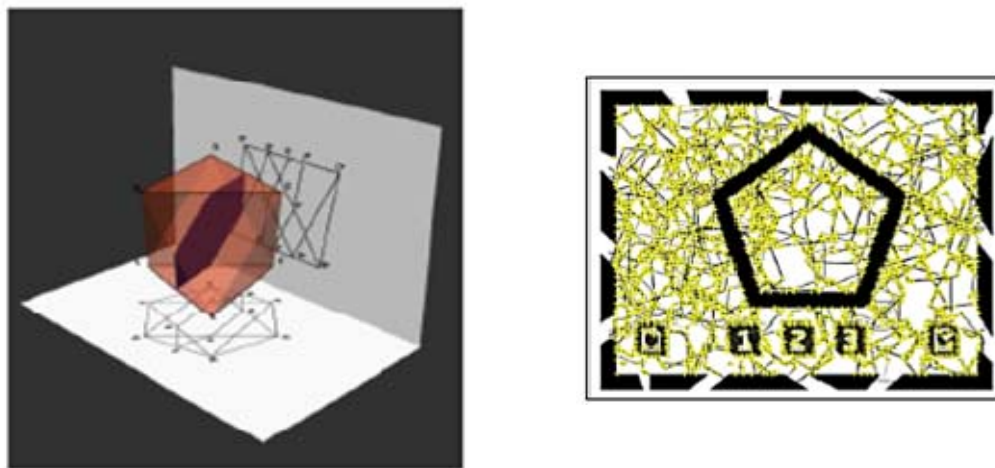


Fig. 3. Vista de modelado 3D y marcador correspondiente.

## Actividad 2: Comparación del impacto del uso de cada herramienta

Para comparar los progresos obtenidos con las herramientas estereoscopia, web3D y realidad aumentada, en la enseñanza de la Ingeniería Gráfica, se dividió el universo de alumnos implicados en cuatro grupos. El primero de ellos, que denominaremos A, recibió la docencia apoyada por la estereoscopia. Al segundo grupo, llamado B, se le facilitó las escenas web3D mientras que al grupo C se le permitió el uso de la realidad aumentada en dispositivos móviles como complemento a las explicaciones recibidas. Finalmente el cuarto grupo denominado D o de control recibió exclusivamente la docencia en la manera tradicional. Una vez concluida la etapa docente, se propuso a los alumnos de los cuatro grupos la resolución de diversos ejercicios de Ingeniería Gráfica y se evaluó tanto la calidad de los resultados obtenidos como el tiempo. Estos resultados se completó con pruebas correspondientes al Mental Rotation Test (MRT) para determinar la mejora de sus habilidades espaciales (e.g. Saorín et al., 2005). Comparando los resultados obtenidos por

los integrantes por los cuatro grupos, se determinó el avance conseguido en el aprendizaje. Este análisis sirvió de base para determinar la idoneidad de cada una de las herramientas analizadas pudiendo, de esta manera, proponer futuras modificaciones en las mismas o en su potencial combinación.

**5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad).

La evaluación de los beneficios docentes del uso de la estereoscopia, web3D y realidad aumentada en la enseñanza de la Ingeniería Gráfica produjo los resultados que a continuación se describen. Lo más relevante es el incremento generalizado en la calificación media de aquellos alumnos que usaron algunas de las técnicas descritas en su estudio frente al grupo de control en el que se aplicó el método tradicional basado en lecciones magistrales con el apoyo de la pizarra, presentaciones de PowerPoint y realización de ejercicios prácticos. Así la técnica web3D obtuvo un incremento del 18% por el 15% y 16%, respectivamente, de la estereoscopia y realidad aumentada.

En cuanto al tiempo de resolución de los ejercicios planteados, se observó una reducción media del 8% para los estudiantes del grupo B (web3D) mientras que los resultados fueron más discretos para las otras dos técnicas ensayadas (4% estereoscopia y 5% realidad aumentada). Estos resultados se completaron con el Mental Rotation Test (MRT), que constató una mejora significativa en los alumnos de los grupos A, B y C frente a los del D (metodología tradicional) a la hora de identificar la posición final tras aplicar un giro a objetos 3D partiendo de una posición inicial conocida.

Este proyecto es la culminación de tres proyectos de innovación educativa desarrollados en años anteriores por el grupo docente 063. En consecuencia todo el material que en esos proyectos previos se puso a disposición de la comunidad universitaria sigue estando vigente y accesible por profesores y alumnos de las asignaturas impartidas en el área de expresión gráfica en la ingeniería.

**6. Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil).

Esta experiencia ha permitido determinar cuál es la técnica más idónea de tres que, actualmente, se aplican como complemento en la enseñanza de asignaturas de ingeniería gráfica. Los resultados permiten concluir que la técnica web3D es muy aconsejable para apoyar el proceso de estudio de los alumnos ya que, unido a sus mejores resultados, presenta una superior adaptación a las plataformas de enseñanza virtual lo que facilita el trabajo autónomo del alumno. Este hecho entronca con una de las bases de la enseñanza en el marco del EEES. Además, la economía de medios, materiales y humanos, que requiere la técnica web3D así como la facilidad que ofrece al docente para crear su material didáctico frente a las otras dos analizadas la convierten en la mejor alternativa de las contempladas en este proyecto. No obstante, se ha comprobado la necesidad de usar técnicas que complementen a los métodos tradicionales de enseñanza pues, en todos los casos, se constató un aumento de la motivación e interés del alumnado en las asignaturas de ingeniería gráfica.

**7. Observaciones y comentarios** (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados).

Como consecuencia de los resultados de este proyecto, se prevé una incorporación progresiva, en los próximos años, de ejemplos basados en la técnica web3D en la docencia del mayor número posible de asignaturas de ingeniería gráfica.

## 8. Bibliografía.

- Chittaro, L., Ranon, R. 2007. Web3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities. *Computers & Education*, 49: 3-18.
- Ieronutti, L., Chittaro, L., 2007. Employing virtual humans for education and training in X3D/VRML worlds. *Computers & Education*, 49: 93-109.
- Johnson, A., Leigh, J., Morin, P., Van Keken, P. 2006. GeoWall: Stereoscopic visualization for geoscience research and education. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26, 10-14.
- Kaufmann, H. 2004. *Geometry Education with Augmented Reality*. Tesis Doctoral. Universidad Técnica de Viena. 169 pp.
- Kramer, M. (2009). Deciphering the future of learning through daily observation. Paper presentation, 3rd WLE Mobile Learning Symposium: Mobile learning Cultures across Education, Work and Leisure, 27 March, WLE Centre, IOE London.
- Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., Sharples, M. (2004). Report 11: Literature review in mobile technologies and learning. A report for NESTA Futurelab. University of Birmingham. Retrieved February 3, 2009, from [http://futurelab.org.uk/research/reviews/reviews\\_11\\_and12/11\\_02.htm](http://futurelab.org.uk/research/reviews/reviews_11_and12/11_02.htm)
- Saorín, J.L., Navarro, R., Martín, N., Contero, M., (2005). Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería. ICECE-2005. Madrid.
- VRML International Standard. 1997. Disponible en: <http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/ISO-IEC-14772-VRML97/> (Último acceso: junio 2014).
- Vuforia™ Augmented Reality SDK 1.5. Qualcomm. <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality> (Último acceso: junio 2014).
- X3D International Standard. 2011. Disponible en: <http://www.web3d.org/x3d/specifications/> (Último acceso: junio 2014).

### Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba a 13 de junio de 2014



Fdo.: Eduardo Gutiérrez de Ravé Agüera