

- ▲ **Palabras clave/** Realidad aumentada, geometría descriptiva, arquitectura, TIC.
- ▲ **Keywords/** Augmented reality, descriptive geometry, architecture, ITCs.
- ▲ **Recepción/** 7 enero 2015
- ▲ **Aceptación/** 9 marzo 2015

Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la geometría descriptiva.

Increased reality applied to the teaching of the descriptive geometry.

Franz Calderón Uribe

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Magíster en Comunicación Visual en Arquitectura y Diseño, Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Académico Universitaria Agustiniana - Uniagustiniana, Bogotá, Colombia.

franz.calderon@uniagustiniana.edu.co

RESUMEN/ La realidad aumentada permite que el estudiante visualice los volúmenes tridimensionales al poder girarlos y manipularlos en la palma de su mano. El 'sacar' del computador este objeto mejora la percepción que tienen los estudiantes de los tres planos de proyección. Con esta nueva herramienta de representación se diseñó una aplicación pedagógica. Se realizaron modelos tridimensionales utilizando el programa de licencia abierta de Google Sketchup para visualizar estos modelos 3D usando la realidad aumentada. La manipulación de los modelos en 3D por parte del estudiante permite que la percepción de las tres dimensiones sea más clara. Este proyecto también permitió evaluar aspectos pedagógicos, por ejemplo, cómo el estudiante mejora su experiencia de aprendizaje y cómo el docente puede usar este tipo de herramientas para crear un ambiente de aprendizaje más interactivo donde el estudiante tenga un papel activo en la construcción de su propio entorno de conocimiento. **ABSTRACT/** Augmented reality allows students to visualize tridimensional shapes by turning and handing them in the palm of their hand. Taking objects "away" from the computer improves the students' perception of the three projection planes. A pedagogical application was designed with this new representation tool. Tridimensional models were made using the Google Sketchup open license software to view these 3D models using augmented reality. Handling the 3D models by students improves the clarity of tridimensional perception. The project also allowed for the assessment of pedagogical aspects, including the ways through which students improve their learning experience and how teachers can use these tools to build a more interactive setting where students can play an active role in the construction of their own learning environment.

INTRODUCCIÓN. El auge de los teléfonos móviles inteligentes y la posibilidad de acceder a internet, ha facilitado la utilización de aplicaciones que usan la 'realidad aumentada' para facilitar la localización y mostrar al usuario información relacionada con su ubicación. Existen muchas definiciones sobre el origen de la realidad aumentada. Azuma la definió en 1997 como "una tecnología que combina elementos reales y virtuales, que es interactiva en tiempo real y está registrada en tres dimensiones" (Azuma, 1997). A partir de ese año se empezó a manejar este concepto entre los investigadores y desarrolladores de esta tecnología, aunque en 1994 ya se había presentado el primer prototipo, Karma

[Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance], en la conferencia sobre diseño de interfaces, del proyecto de investigación del laboratorio de interfaces de Universidad de Columbia. El sistema fue presentado como una ayuda para hacer el mantenimiento de una impresora láser (MacIntyre, 1994).

En 1999 Hirokazu Kato desarrolla ARToolkit, software que aún es empleado en el desarrollo de algunas aplicaciones, gracias al uso de bibliotecas en código abierto y que está disponible en descarga gratuita en el sitio <http://artoolkit.org> (Kato y Billingham, 1999). En el 2000 se crea ARQuake, el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de realidad aumentada. En una

versión de Quake, un video juego de moda en todo el mundo en ese momento, el usuario llevaba una maleta con todos los dispositivos necesarios para visualizar el juego además de unas gafas, una antena wi-fi y un casco con una webcam incorporada (Thomas et al., 2000). Actualmente el método de Realidad Aumentada (RA) es aplicado en muchas áreas del conocimiento, pero es la publicidad quien ha impulsado su desarrollo. Prácticamente todas las grandes marcas tienen algún tipo de aplicación web que utiliza RA para interactuar con sus usuarios. En el área del diseño, el uso de RA se ha limitado a la representación de modelos 3D. Sin embargo, en algunas universidades españolas (como la Universidad Politécnica de Cataluña) se ha usado este método para que los estudiantes de la Escuela de Arquitectura visualicen sus proyectos de diseño urbano directamente en el espacio para el que fueron proyectados. Este proyecto fue pionero en el uso de RA en la representación de proyectos de arquitectura. El grupo de investigación que realizó este proyecto diseñó los marcadores para que fueran visualizados por los estudiantes desde sus tabletas digitales y teléfonos inteligentes (Sánchez, Redondo y Fonseca, 2012).

DISCUSIÓN. El aprendizaje es un proceso que permite a los individuos manipular instrumentos de conocimiento. Estos instrumentos son todas aquellas herramientas que permiten conocer y comprender la realidad (Squire, 1987). En esta última década, el desarrollo de la tecnología ha ampliado estos instrumentos y ahora se han incorporado al salón de clases tablas digitales, portátiles, teléfonos inteligentes y todas las herramientas de la web 2.0 que el docente quiera incorporar: blogs, wikis, foros (Dror, 2008). Desde el año 2000 la RA ha venido experimentando una evolución importante gracias al desarrollo de aplicaciones destinadas principalmente al marketing y a la publicidad que han aprovechado esta nueva tecnología para impactar a sus clientes con contenidos 3D. En la educación, esta nueva herramienta está siendo usada de diferentes formas y es importante analizar el proceso de aprendizaje y la experiencia del usuario (Portalés Ricart, 2007).

Desde el punto de vista pedagógico constructivista (Gruber y Vonèche, 1995), el uso de estas herramientas podría facilitar al estudiante construir su propio entorno de aprendizaje, si consideramos que cada individuo tiene una forma única de crear conocimiento. Cada individuo recrea una realidad subjetiva que finalmente puede o no ser asimilada. El rol del docente en este proceso de aprendizaje es el de proveer información, ser un guía, un facilitador (Ausubel, 1968).

Actualmente, a pesar de las herramientas existentes, este proceso no es interactivo y en algunos casos el docente simplemente se limita a exponer la información. No hay interacción entre el estudiante y el docente. El estudiante es un sujeto pasivo que se limita a recibir información que luego será memorizada, lo que limita su proceso de aprendizaje y lo deja a un nivel memorístico. No hay construcción ni creación de conocimiento por parte del estudiante, situación que en ocasiones afecta su motivación por aprender conocimiento nuevo (Di Serio, Ibañez y Delgado, 2013). Cuando los estudiantes están motivados,

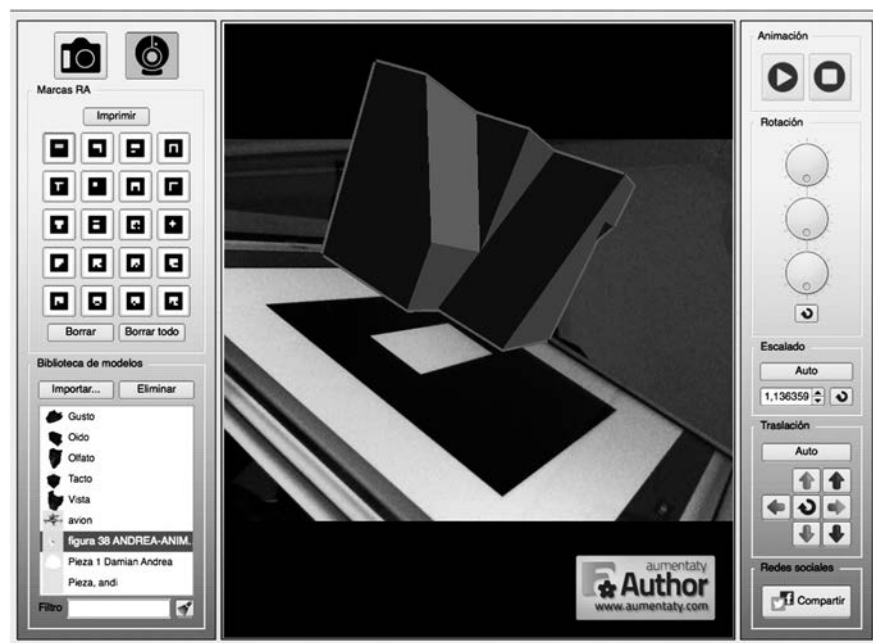


Imagen 1. Vista de la interface del programa Aumentaty Autor 1.1, modelo 3D (fuente: elaboración propia).

participan e interactúan con los contenidos expuestos en los procesos de aprendizaje. La construcción de conocimiento se activa y mejora. El estudiante logra llegar a adquirir una competencia que le permitirá aplicar estos conocimientos y apropiarse de ellos. La pregunta que surge es: ¿podrían estas nuevas tecnologías del aprendizaje cambiar la actitud pasiva del estudiante? Para Dror (2008), este cambio se puede dar si la tecnología es usada como un medio para promover tres aspectos: control, desafío y compromiso.

Es aquí donde la Realidad Aumentada puede mejorar este proceso y activar estos tres aspectos, además de mejorar la participación y la interacción, lo que mejora los procesos cognitivos de aprendizaje del estudiante.

La RA tiene algunos elementos en común con la realidad virtual pero tiene dos características que la convierten en una herramienta muy útil en el aula de clase. Estos son: uno, permite la transformación de un entorno colaborativo gracias a que recrea un entorno real con objetos 3D que ellos mismos han creado; y, dos, permite una interacción tangible, que ayuda al estudiante a crear su propio entorno de aprendizaje, la personalización de los contenidos y de los elementos que activan estos contenidos (como los marcadores, elementos gráficos que activan el contenido 3D), además de motivar al estudiante a mejorar la materia de aprendizaje y compartir esta experiencia con el resto de la clase.

MÉTODO Y MATERIALES. La población académica que formó parte de esta experiencia estaba conformada por dieciocho estudiantes de arquitectura de primer semestre. La edad de los participantes oscilaba entre los 17 y 19 años. Como instrumentos de investigación se realizaron encuestas y observación *in situ*. El curso se desarrolló en dieciséis semanas de las cuales la mitad se hizo con métodos tradicionales y la otra mitad usando Realidad Aumentada.

El proyecto se inició con el dibujo de los modelos en 3D. Para ello se usó la versión gratuita de Sketch Up, programa que permite exportar modelos a la extensión collada (*.dae) que es aceptada por cualquier programa que genere contenidos para RA. Los contenidos fueron cargados a la web de Moodle del curso, para que los estudiantes entraran a la web y descargaran los modelos 3D según la clase. Los computadores tenían instalado el programa Sketch Up y se visualizaban los volúmenes usando el monitor como dispositivo visualizador.

En algunas escuelas de arquitectura el uso de programas CAD (*computer assisted design*) en la enseñanza de la geometría se ha ido popularizando y prácticamente ha reemplazado los métodos tradicionales de expresión gráfica, i.e., lápiz y papel. Sin embargo, no todas las escuelas han migrado a estas nuevas tecnologías y en algunos casos es impensable este cambio. Por esta razón, en muchos de los encuentros en los

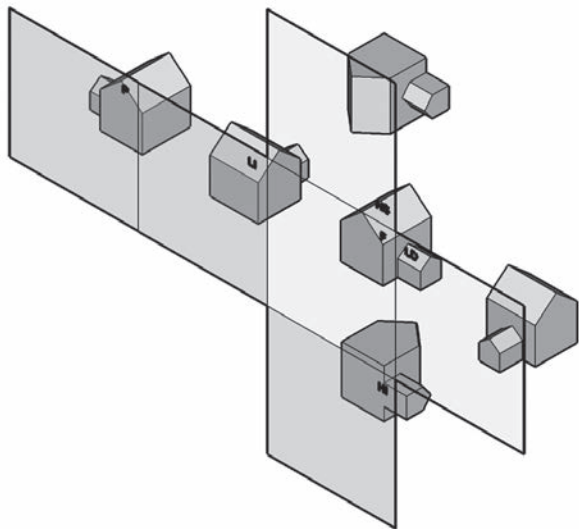


Imagen 2. Vista de un modelo en todas las vistas de proyección (fuente: elaboración propia).

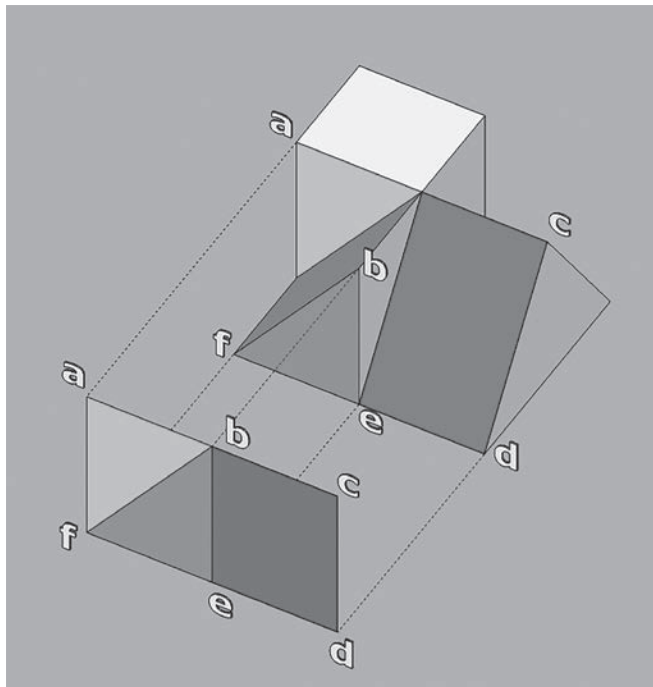


Imagen 3. Modelo 3D creado para explicar la proyección vertical (fuente: elaboración propia).

Ejercicios propuestos	Método tradicional	Realidad aumentada
Identificar puntos en las vistas proyectadas.	45%	85%
Identificar un plano en alguna de las vistas.	42,5%	81,5%
Dibujar las tres vistas correctamente.	39.9%	71%

Tabla 1. Resultados de la evaluación 1 (fuente: elaboración propia).

que este proyecto ha sido presentado, la ponencia termina con una “demostración” que permite que los asistentes entiendan la utilidad de esta metodología.

El proceso de transición entre los modelos 3D y las escenas de realidad aumentada se hizo con Aumentaty 1.1, un programa informático de licencia abierta para aplicaciones educativas que permitió asociar el modelo a una marca gráfica que activa la proyección de contenidos en RA al ponerse sobre la webcam. La aplicación es multiplataforma. Esto permitió que se pudiera instalar en tabletas digitales y teléfonos inteligentes, lo cual facilitó la visualización de los modelos en 3D (imagen 2).

En este caso, el método de RA permitió manipular el objeto 3D en tiempo real y ayudó al estudiante a comprender el espacio tridimensional y, más específicamente, a entender los planos de proyección. La realidad aumentada permite al estudiante mezclar las proyecciones con el modelo 3D en el mismo entorno. Tradicionalmente esto se hace de forma independiente. Cuando el estudiante identifica cómo se proyectan las vistas sobre los planos adquiere la competencia de visualizar un objeto 3D a

partir de sus proyecciones en 2D (imagen 3). Se pudo determinar que esta nueva metodología mejoró la percepción de las tres dimensiones en los dieciocho estudiantes del curso. Se realizó una evaluación usando el método tradicional (lápiz y papel). A los estudiantes se les pidió que dibujaran un modelo 3D en perspectiva isométrica y luego se compararon los resultados de estos ejercicios visualizando los modelos con realidad aumentada. Se comprobó que con el método RA aumentó el porcentaje de objetivos cumplidos planteados al inicio del ejercicio. En el ejercicio no se evaluó la destreza en el desarrollo de los dibujos sino en el proceso de interpretación de un modelo tridimensional a un plano bidimensional, en cada una de las metodologías (tabla 1). La metodología usada para evaluar los dos métodos consistió en comparar los dibujos presentados por los estudiantes y determinar cuál de los dos se acercaba más al objetivo inicial del ejercicio, esto es, representar las vistas de un volumen 3D. De acuerdo con esta representación se daba una calificación de 1 a 5. La calificación de los trabajos presentados se hizo de forma aleatoria entre los estudiantes sin intervención del docente. Con esta evaluación se pudo establecer que este método permitía a los estudiantes mejorar la percepción de las tres dimensiones gracias al uso de RA, además de mejorar la comunicación entre docente y alumno.

Los modelos en 3D fueron subidos a la plataforma virtual de la universidad, de tal manera que el estudiante podía descargar el modelo según el tema, en casa o en cualquier lugar de trabajo. Los modelos se hicieron de acuerdo a los temas a desarrollar en el curso, iniciando por punto y terminando con volúmenes compuestos por planos inclinados (imagen 4). Algunos de los estudiantes con teléfonos inteligentes pudieron visualizar los modelos directamente en sus celulares, lo que para ellos fue realmente una novedad. Los modelos 3D del curso hicieron que estos dispositivos tecnológicos tuvieran un uso pedagógico, algo que para ellos era impensable (consideraban estos dispositivos destinados al ocio y la comunicación). Además de las pruebas hechas en la clase de geometría, un profesor interesado en el tema implementó esta metodología en su clase de Dibujo Técnico en un curso de bachillerato en el Colegio Cooperativo La Calera. Los resultados obtenidos fueron similares a los observados en la clase Geometría Descriptiva. Aunque no se hizo una evaluación de los resultados, se pudo constatar el interés que esta metodología

despierta en los estudiantes. Fue tal interés que algunos estudiantes de forma individual decidieron visualizar los modelos 3D desarrollados de forma autónoma, bajo la supervisión del profesor Pedro Ayala. Los bajos costes y la facilidad en el montaje fue lo que incentivó al profesor a usar esta herramienta totalmente inédita en un Instituto de Bachillerato en Colombia (imágenes 6 y 7).

RESULTADOS.

Los estudiantes al final del curso respondieron en su totalidad una encuesta basada en cuestionarios de la norma ISO 9241-11 [Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD)- Parte 11: Guía sobre usabilidad] (Marcos, 2006). Esta fue realizada de forma virtual y anónima, usando la aplicación de formularios en la nube diseñada para Google Drive que permitió insertar este formulario y ser enviado al correo institucional de cada estudiante. El cuestionario fue respondido por el 100% de los participantes y su objetivo principal fue establecer los niveles de eficacia, eficiencia y satisfacción de los

estudiantes con el producto presentado, viendo los modelos 3D y RA como un elemento innovador (gráfico 1). La calificación global del curso fue de 4.44 puntos sobre 5, lo que da una idea del nivel de satisfacción alcanzado. En la correlación entre la opinión global del curso con las otras variables se detectó una relación muy estrecha entre la representación de los modelos y la comprensión de los conceptos, lo que es muy importante en este tipo de proyecto ya que nos permite establecer que los estudiantes percibieron una mejora en su proceso de aprendizaje. Se pueden establecer otras correlaciones pero en general la encuesta dio una idea global de la forma en que esta nueva tecnología fue percibida por los estudiantes. Prueba de ello es que el 100% manifestó que usarían el método RA como herramienta en otros cursos. La realidad aumentada como herramienta de visualización tuvo un efecto positivo desde el punto de vista pedagógico. Se logró cumplir con los objetivos del curso y el nivel de concentración mejoró ostensiblemente, además de aumentar los niveles de satisfacción.

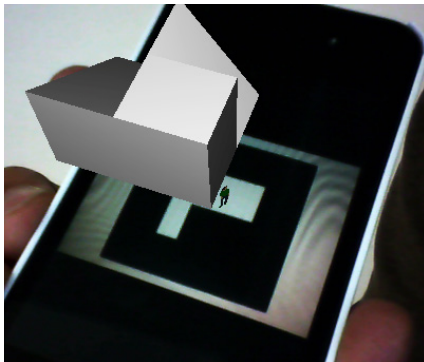


Imagen 4. Imagen de un volumen 3D usando realidad aumentada (fuente: elaboración propia).



Imagen 5. Estudiante usando realidad aumentada (fuente: Pedro Ayala).



Imagen 6. Estudiante visualizando un volumen 3D con realidad aumentada (fuente: Pedro Ayala).

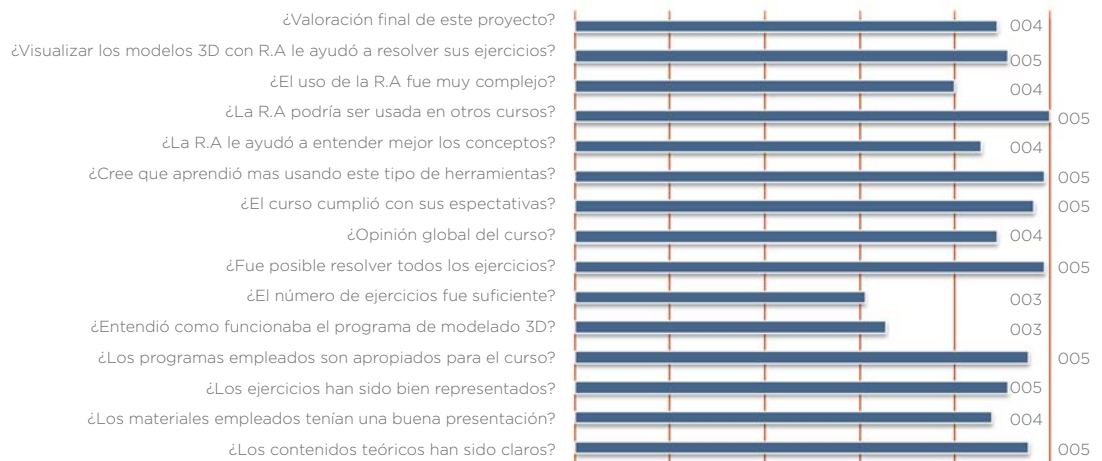


Gráfico 1. Preguntas de la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción (fuente: elaboración propia).

CONCLUSIONES.

La realidad aumentada (RA) se ha desarrollado en la última década gracias a sus aplicaciones en publicidad, mercadotecnia e ingeniería, entre otras. Las aplicaciones de carácter pedagógico para RA en nuestro continente son aún muy incipientes. Sin embargo, gracias a que la mayoría de los programas usados para desarrollar este tipo de proyectos son *open source*, el número de propuestas de investigación en esta área puede aumentar considerablemente.

RA en este proyecto mejoró la percepción tridimensional de los estudiantes. Gracias a los modelos 3D, el estudiante entendió cómo funciona el sistema diédrico de proyección y los elementos básicos de geometría descriptiva: punto, línea, plano y volumen. La relación entre docente y alumno se vio enriquecida por el interés que despertó entre los estudiantes el uso de esta tecnología, lo que se reflejó en un mayor interés por los contenidos de la clase. La construcción de un entorno más interactivo que implique al estudiante en su proceso de aprendizaje es un reto que

debería ser asumido por los docentes con más compromiso. La aplicación de estas herramientas facilita este proceso y alienta al estudiante a participar como un actor y no como un simple espectador.

En línea con las nuevas tendencias pedagógicas constructivistas, "el constructivismo afirma que el conocimiento reside en los individuos, que el conocimiento no puede ser transferido intacto desde la cabeza de un profesor a la cabeza de los aprendices" (Ilabaca Sánchez, 2004: 77). La frase citada define perfectamente la esencia de este concepto que tiene en el aprendizaje colaborativo su principal herramienta. En este proyecto, el estudiante construye desde la visualización y la experiencia, conceptos que son la base de la geometría descriptiva y que aplicará a lo largo de su carrera y posteriormente en su vida profesional. De ahí la importancia de esta experiencia educativa. Esta experiencia quiere mostrar a la comunidad académica que el uso de estas tecnologías no es muy complejo. Hay muchas formas de aplicar la realidad aumentada en el sector educativo. Aunque no se puede hablar de una solución perfecta ni de una fórmula mágica, simplemente porque no es un proyecto de investigación enfocado en los aspectos pedagógicos, pudimos observar que su implementación en el aula muestra estar en sintonía con algunos aspectos del aprendizaje colaborativo. Se presenta además como una

solución muy sencilla a un problema de falta de atención y de comprensión por parte de los estudiantes.

Según el informe PISA de 2009, el 20.4% de los estudiantes colombianos se encuentra en el nivel 1 de desempeño en ciencias. Esto significa que no sólo se les dificulta participar en situaciones relacionadas con dominios científicos y tecnológicos sino que también evidencian limitaciones para usar el conocimiento científico con el fin de beneficiarse de oportunidades de aprendizaje futuras (ICFES, 2010). El uso de nuevas tecnologías de la representación aún tiene un largo camino por recorrer. Las aplicaciones de RA en la arquitectura y en su enseñanza son cada vez más innovadoras, teniendo en cuenta que ya se puede incorporar animación en los modelos 3D. Esta experiencia se enfocó en la geometría pero bien podría incorporarse esta tecnología en prácticamente cualquier componente de la carrera. ▲▲

REFERENCIAS

- Ausubel, D. 1968. *Educational psychology: A cognitive view*. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.
- Azuma, R. 1997. "A survey on augmented reality." *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355-385.
- Di Serio, Á., M. Ibáñez y C. Delgado. 2013 "Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course." *Computers & Education* 68: 586-596.
- Dror, I. 2008. "Technology enhanced learning: The good, the bad, and the ugly." *Pragmatics & Cognition* 16 (2): 215-223.
- Gruber, H. y J. Vonèche, eds. 1995. *The essential Piaget: An interpretive reference and guide*. 2nd edition. Northvale: Jason Aronson.
- ICFES. 2010. *Colombia en PISA 2009*. Bogotá: Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación ICFES.
- Ilabaca Sánchez, J. 2004. "Bases constructivistas para la integración de TICs." *Revista Enfoques Educativos* 6 (1): 75-89.
- Kato, H. y M. Billinghurst. 1999. "Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system." *En Proceedings: 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99)*, 85-94. San Francisco: IEEE. <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/Papers/IWAR99.kato.pdf>> (consultado: 25.03.2015).
- MacIntyre, B. 1994. KARMA: Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance. <<http://monet.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>> (consultado: 11.12.2012).
- Marcos, M.C., et al. 2006. "Evaluación de la usabilidad en sistemas de información terminológicos online." *Hipertext.net: Anuario Académico sobre Documentación Digital y Comunicación Interactiva* 4. <<http://www.upf.edu/hipertextnet/numero-4/usabilidad.html>> (consultado: 25.03.2015).
- Portalés Ricart, C. 2007. "Live LEGO House: A mixed reality game for the edutainment." *Scottish Online Journal of e-Learning* 1 (1): 19-28.
- Sánchez, A., E. Redondo y D. Fonseca. 2012. "Developing an augmented reality application in the framework of architecture degree." *En UXeLATE 12: Proceedings of the 2012 ACM workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education*, 37-42. Nueva York: ACM.
- Squire, L. 1987. *Memory and Brain*. Londres: Oxford University Press.
- Thomas, B., B. Close, J. Donoghue, J. Squires, P. de Bondi, M. Morr y W. Piekarski. 2000. "ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application." *En The Fourth International Symposium on Wearable Computers*, 139-146. Atlanta: IEEE.