

## Monográfico «Aplicaciones para el aprendizaje móvil en educación superior»

### ARTÍCULO

# *Mobile learning* en el ámbito de la arquitectura y la edificación. Análisis de casos de estudio

### **Ernest Redondo Domínguez**

ernesto.redondo@upc.edu

Doctor arquitecto, profesor titular de universidad. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

### **David Fonseca Escudero**

fonsi@salle.url.edu

Doctor ingeniero. Profesor titular de la Escuela Universitaria, Arquitectura La Salle. Universidad Ramon Llull

### **Albert Sánchez Riera**

albert.sanchez.riera@upc.edu

Doctor arquitecto. Profesor ayudante. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica II. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

### **Isidro Navarro Delgado**

isidro.navarro@upc.edu

Arquitecto, estudiante de doctorado. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Fecha de presentación: mayo de 2013

Fecha de aceptación: octubre de 2013

Fecha de publicación: enero de 2014

### **Cita recomendada**

Redondo, E., Fonseca, D., Sánchez, A. y Navarro, I. (2014). *Mobile learning* en el ámbito de la arquitectura y la edificación. Análisis de casos de estudio. Aplicaciones para el aprendizaje móvil en educación superior [monográfico]. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*. Vol. 11, n.º 1. págs. 152-174. doi <http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v11i1.1844>

## Resumen

En esta investigación educativa nos hemos centrado en el uso del aprendizaje móvil (ML) en el campo de la arquitectura y la construcción. Se llevó a cabo en distintos niveles de la enseñanza universitaria de grado y de máster, a fin de evaluar la integración de la tecnología de la Realidad Aumentada (RA) en dispositivos móviles. Se han realizado varios estudios de caso, en los que se han abordado diferentes estrategias, que van desde el uso de los códigos QR (*quick reference*) o marcadores específicos para descargar contenidos multimedia generados por los estudiantes tales como los modelos 3D georeferenciados para ser ajustados y evaluados en el lugar. Por lo tanto, se diseñaron prácticas específicas en el marco de diferentes temas, donde los dos tipos más comunes de registro han sido probados (reconocimiento óptico de imagen y posicionamiento GPS). También se ha abordado la integración de la luz en la escena. Debido al alto costo y a la disponibilidad limitada de estos dispositivos, hemos creado grupos experimentales con pocos alumnos que comparten, si es necesario, los terminales. La mejora del rendimiento académico y la manejabilidad de los sistemas han sido evaluadas en cada caso específico utilizando cuestionarios estandarizados, en comparación con el grupo de estudiantes de control. Los resultados muestran que estos dispositivos se han convertido en una herramienta eficaz, eficiente y satisfactoria para el uso de esta tecnología móvil, la RA en su versión (*hand-held*) manejable a mano.

## Palabras clave

investigación educativa, aprendizaje móvil y realidad aumentada, representación arquitectónica, experiencia de usuario

## *Mobile learning in the field of Architecture and Building Construction. A case study analysis*

### *Abstract*

*This educational research focuses on the use of mobile learning (m-learning) in the field of Architecture and Building Construction. It was conducted at various levels of university teaching (bachelor's and master's degree courses) to assess the integration of augmented reality (AR) technology on mobile devices. Several cases employing different strategies were studied. These strategies ranged from using Quick Response (QR) codes or specific markers to download multimedia content created by the students, to 3D georeferencing models that allowed information to be visualised, adjusted and assessed on site. Specific practical exercises were therefore designed for different topics, where the two most common forms of registering were tested (optical image recognition and GPS positioning). Light integration at the scene was also addressed. Owing to the high cost and limited availability of these devices, experimental groups made up of small numbers of students were formed so that devices could be shared if necessary. Improvement in academic performance and system usability were assessed in each specific case using standardised questionnaires, and the results were compared to those obtained for the control group students. The results show that these devices have become an effective, efficient and satisfactory tool for the use of hand-held AR technology.*

### *Keywords*

*educational research, mobile learning, augmented reality, architectural representation, user experience*

## 1. Introducción

La experiencia que presentamos no tiene el formato de una asignatura tradicional, sino que se basa en la utilización de tecnologías concretas como la realidad aumentada (RA) en formato de cursos de corta duración, módulos ML (*mobile learning*), integrados en diversas materias del ámbito de la arquitectura y las ciencias y tecnologías de la edificación. Para ello, se utilizan aplicaciones y prácticas específicas para visualizar modelos virtuales en escenas reales mediante teléfonos y tabletas (*hand-held*), incorporadas en momentos concretos de cursos de grado y máster. Siguiendo el modelo propuesto, los alumnos que disponen de dispositivos móviles avanzados conforman los grupos experimentales (GE o escenario S2) y visualizan contenidos virtuales, en la mayoría de los casos generados por ellos mismos en un lugar específico. El resto de los alumnos que siguen el curso ordinario configuran el grupo de control (GC o escenario S1).

La estrategia ha sido diseñada como módulo independiente para la evaluación visual de proyectos o detalles constructivos sobre su emplazamiento. La hipótesis que se desarrolla es constatar si aporta nuevos valores al proceso de aprendizaje al implicar a los alumnos en la generación, la visualización y el ajuste de modelos virtuales arquitectónicos como paso previo a su construcción, aportando conocimiento muy cercano del tema con la posibilidad de interactuar con ellos, compartiendo sus opiniones desde el propio emplazamiento. Todo ello permite hacer partícipes a los estudiantes de su proceso formativo, utilizando además dispositivos y tecnologías que los motivan porque forman parte de su entorno natural. La comparación entre el logro de los objetivos generales de la materia de los dos grupos (GE y GC) y las posibles mejoras en el rendimiento académico de los grupos experimentales evaluados como casos de estudio son la base de nuestro proyecto.

Las materias en las que se han llevado a cabo estas prácticas se reparten en las titulaciones de Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona-Universidad Politécnica de Cataluña (ETSAB-UPC), Ciencias y Tecnologías de la Edificación de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona-Universidad Politécnica de Cataluña (EPSEB-UPC), Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana de la UPC y grados de Arquitectura y Ciencias y Tecnologías de la Edificación de La Salle Campus Barcelona-Universidad Ramon Llull (URL). En este ámbito se ha ensayado el uso de la RA-ML, desde la utilización de códigos QR para visualizar y descargar contenidos multimedia hasta el posicionamiento (registro) de los modelos virtuales en el entorno (por reconocimiento óptico de imágenes o por geolocalización).

La experiencia parte de la hipótesis de que las nuevas herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) utilizadas en el entorno web 3.0 permiten con bajo coste (usando aplicaciones gratuitas o licencias educativas) mejorar los procesos de aprendizaje (Álvarez y Bassa, 2013) y las habilidades de los estudiantes (Álvarez, 2012), con una disminución de su temporalidad. Todo ello sin necesidad de experiencia previa, gracias a las interfaces táctiles intuitivas de los dispositivos móviles de última generación. Además, si a estas capacidades unimos los avances de la tecnología *cloud computing* (CC), que permite compartir aplicaciones y servicios a través de internet de forma ubicua, se genera un flujo de trabajo que permite que la experiencia docente empleando RA-ML sea un nuevo paradigma de los procesos de formación continua y el autoaprendizaje contextual.

Para demostrar nuestras hipótesis hemos empleado diversas estrategias, empezando con un pre-test, que fija el perfil tecnológico del estudiante y sus conocimientos propios de la tecnología, y a su vez define el GE. Posteriormente, hemos utilizado cuestionarios centrados en la usabilidad de las metodologías y de los procesos planteados, incluyendo en el posttest parámetros que evalúan el rendimiento académico una vez finalizadas las experiencias. En general, los alumnos del GE, además de estar más motivados con los experimentos diseñados, han conseguido unos mejores resultados en su rendimiento académico, lo que, a falta de mayores comprobaciones, vincula el correcto uso de esas tecnologías a una mejora curricular del estudiante.

## 2. Objetivos

Como se ha comentado, en esta investigación se pretende abordar la evaluación de una variante de la tecnología de RA (*hand-held*) en los procesos de aprendizaje. Por un lado, hemos evaluado la usabilidad de los sistemas empleados y, por otro, la mejora en el rendimiento académico de los alumnos. Dicha evaluación se enmarca en el estudio de la interacción persona-dispositivo móvil en los procesos docentes (Argüelles, Callejo y Farrero, 2013), así como en el de las capacidades de visualización de modelos virtuales o la realización de apuntes y bocetos digitales mediante este tipo de dispositivos. Estos aspectos son lo que podríamos considerar como la versión actual del frotomontaje arquitectónico, buscando propiciar un mayor interés hacia las disciplinas que se integran con el fin de revertir en la mejora del rendimiento académico de los alumnos.

Para llevar a cabo las experiencias se han desarrollado contenidos y metodologías específicas de evaluación, utilizando terminales móviles para la visualización de contenidos de forma local o ubi-cua, y sobre aplicaciones tanto comerciales (ARmedia©, Layar©) como propias, diseñadas dentro del grupo de trabajo para su libre distribución y uso gratuito bajo el sistema operativo Android©. Esta última aplicación con el nombre U-AR se consideró necesaria para permitir la creación y la gestión personalizada de contenido virtual mediante RA, que ofrece ventajas potenciales, en nuestro campo de estudio, respecto a otras existentes en el mercado (Sánchez Riera, Redondo y Fonseca, 2012).

Los objetivos específicos de cada experiencia se han centrado en evaluar si existen diferencias significativas en los resultados académicos, así como en el grado de satisfacción y motivación alcanzado por parte de los estudiantes, en función del escenario docente utilizado (S1, basado en las metodologías tradicionales, y S2, basado en la tecnología de la RA-ML), formulando las siguientes preguntas de investigación: (P1) ¿Hay alguna diferencia en el grado de satisfacción de los estudiantes y la motivación en función de cuál de los dos escenarios de enseñanza propuesto se utiliza? y (P2) ¿Existen diferencias en los resultados académicos en función de los dos escenarios docentes propuestos?

### 3. Antecedentes

Los primeros trabajos de *mobile learning* son los de Kristoffersen y Ljungberg (2000). Otras experiencias (Lehner y Nosekabel, 2002) extienden la idea en una universidad virtual basada en internet y los dispositivos móviles mediante el desarrollo de una plataforma de ML llamada Welcome. Esta competencia educativa ya ha sido reivindicada como básica por diversos autores (Prahald y Hamel, 1990) y ha sido ampliada en nuestras experiencias (Fonseca *et al.*, 2013), donde estaríamos hablando de un concepto a caballo del ML y el *ubiquitous learning* (UL), en el que los datos se depositan en la nube. Ante estas referencias y carencias, sobre todo en el entorno de la arquitectura y de la edificación, consideramos interesante profundizar en esta investigación educativa. Con relación a la tecnología de realidad aumentada, son muchos los estudios sobre las posibilidades de esta tecnología: en medicina (Paiva, Machado y Oliveira, 2012), en operaciones de mantenimiento y montaje (Benbelkacem *et al.*, 2009; Hincapie *et al.*, 2011), en turismo (Guttentag, 2010; Hsu, 2011), en museos (Tillon, Marchal y Houlier, 2011) o en publicidad y marketing (Honken *et al.*, 2012), así como en ámbitos más cercanos como el de la arqueología y el patrimonio histórico (Haydar *et al.*, 2008) o la planificación y el urbanismo y en procesos de construcción y mantenimiento (Allen, Regenbrecht y Abbott, 2011).

Algunos autores sugieren que es viable la introducción de la RA en distintas áreas como el diseño, la excavación, el replanteo, la inspección, la coordinación o la supervisión de tareas (Shin y Dunston, 2008), o la supervisión de instalaciones (Schall *et al.*, 2008). En la rehabilitación de edificios, se ha ensayado visualizar mediante dispositivos móviles y a escala 1:1 la apariencia final de la obra (Tonn *et al.*, 2008) y se ha testado su utilidad como herramienta para la representación de espacios interiores (Wang, 2008), experimentando aplicaciones que no precisan experiencia previa (Oksman, Siltanen y Ainasoja, 2012). En el entorno educativo se ha demostrado su utilidad en la mejora de la enseñanza de las matemáticas (Kondo, 2006), las habilidades espaciales (Martín Gutiérrez, 2010) o la música (Peula, P. *et al.*, 2007). Se han abordado propuestas bajo el término *edutainment* (*education+entertainment*) como Construct3D, (Kaufmann, Schmalstieg y Wagner, 2000), así como existen webs que ofrecen a los estudiantes la compra de libros «aumentados» para la mejora de sus habilidades (Martin *et al.*, 2011).

## 4. Metodología

### 4.1. Evaluación de la usabilidad de los sistemas empleados

Hemos utilizado tanto cuestionarios en papel como *on-line*, generalmente diseñados con dos objetivos: evaluar un elemento concreto y obtener un *feedback* cualitativo del alumno. Generalmente las preguntas han sido diseñadas para ser contestadas utilizando escalas de Likert (valoraciones regladas del 1: en desacuerdo al 5: totalmente de acuerdo). Los resultados se analizan en cada uno de los cursos realizados y posteriormente se tratan conjuntamente. Cada cuestionario se dividió en cuatro apartados A, B, C y D, de acuerdo con la siguiente descripción: A: cuestiones personales relativas al

sexo, edad, nombre, estudios, etc.; B: cuestiones relativas al conocimiento previo de la tecnología, útiles para valorar el perfil técnico de los alumnos; C: opinión sobre el curso y el material didáctico empleado, y D: opinión sobre la tecnología de RA-ML y el modelado de objetos en 3D.

Las respuestas obtenidas sirvieron de base para el análisis sobre la base de la norma ISO 9241-11, que establece directrices de usabilidad a partir de tres componentes principales: la eficacia, entendida como la capacidad del usuario para completar las tareas durante el curso, en relación con la «exactitud y la integridad»; la eficiencia, como los recursos asignados relacionando preguntas sobre el gasto de tiempo y esfuerzo para resolver los ejercicios propuestos; y la satisfacción, entendida como las reacciones subjetivas de los estudiantes sobre el curso. Especialmente destacable ha sido el ejercicio en el que se usó Layar, caso de estudio 3, donde se ha incorporado al proceso de visualización *in situ* la posibilidad de responder a ciertas preguntas, geolocalizadas, que permiten evaluar la opinión de los alumnos sobre cómo se integran en el sitio las diferentes propuestas. El formato que se empleaba siempre ha sido el de Google Docs, lo que permite la recogida y el análisis de los resultados de forma inmediata (figura 1).

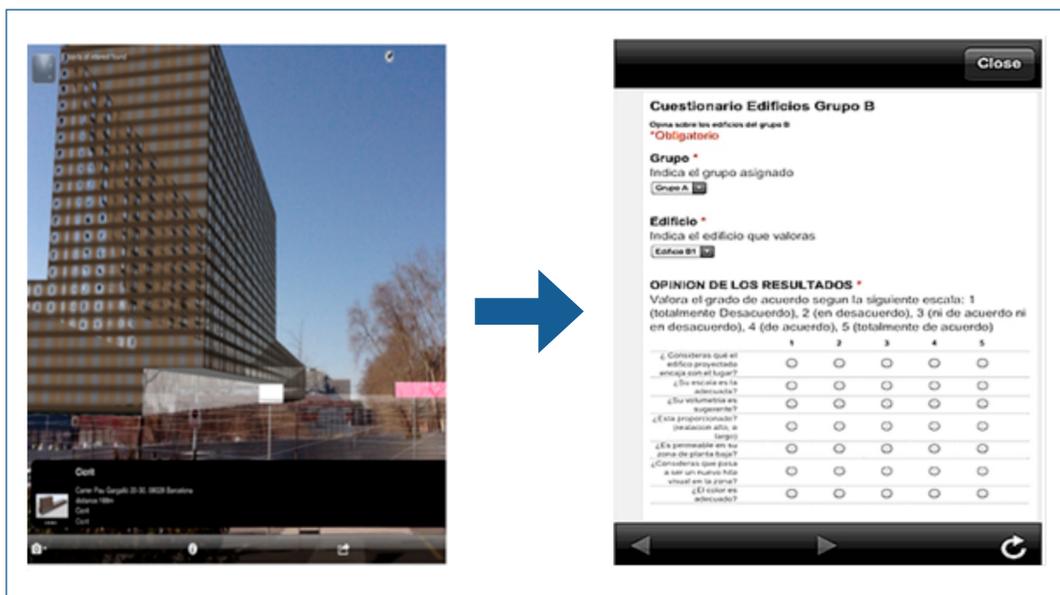


Figura 1.

## 4.2. La mejora en el rendimiento académico

Un aspecto primordial es la evaluación curricular de los alumnos que usan dichas tecnologías, para comprobar si obtienen mejoras respecto al resto (que no las utilizan). Para ello es necesario comparar sus calificaciones en un test preliminar (pretest) y contrastarlas con los resultados de sus calificaciones obtenidas después de hacer el curso (postest). Los alumnos han sido divididos en dos grupos, experimental (usando RA) y de control (realizando el curso convencional). Al tratarse de grupos reducidos, no podemos basarnos estrictamente en las medias de cada grupo, sino que debe estimarse la probabilidad de que los grupos sean coincidentes antes y después de la realización del curso (pretest

y postest). Se utiliza para ello el procedimiento estadístico desarrollado por Gosset (1908) y conocido como *t de Student*, adecuado para hacer estimaciones precisas a partir de datos con muestras escasas. Con el objeto de verificar que los grupos son inicialmente similares, es decir, que la variación en las calificaciones (pretest) entre los diferentes grupos no resulta significativamente mayor que la variación existente dentro de los grupos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), que permitió contrastar esta hipótesis nula ( $H_0$ ) de que las calificaciones de distintos grupos coinciden (no existen diferencias). El esquema seguido para la evaluación del rendimiento se muestra a continuación (figura 2).

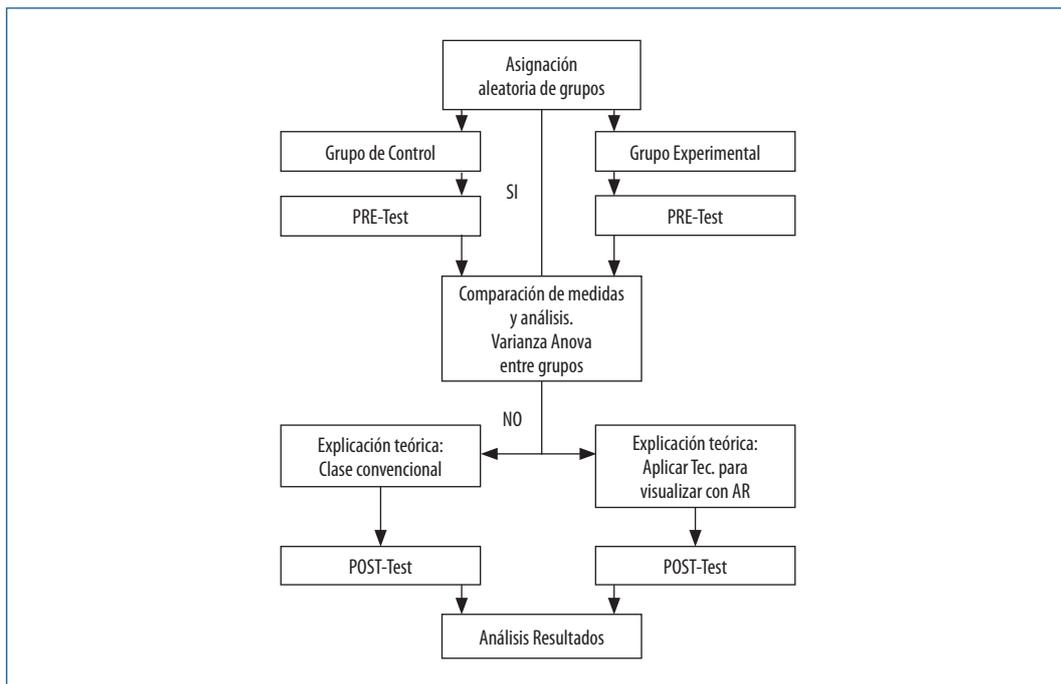


Figura 2.

## 5. Casos de estudio

Los alumnos integrados en el grupo experimental han recibido una formación específica en RA. Las prácticas diseñadas tienen una duración de tres sesiones de dos horas, la primera para recibir formación genérica sobre la práctica y la gestión de las aplicaciones de RA que se utilizarán. En la segunda sesión se ensaya cómo visualizar los modelos importados, cómo interactuar con los visores específicos (U-AR, ArPlayer y Layar). En una tercera sesión fuera del aula, se experimenta *in situ* el ajuste de los modelos virtuales, evaluando tanto el modelo como la experiencia. De entre los diversos casos de estudio desarrollados (véase la tabla 1), desarrollaremos del 3 al 6 (encuadrados en negrita), caracterizados por representar las variantes más claras de las tecnologías de RA empleadas. Dichos casos se enmarcan en el final de la fase de estudios preliminares (casos 3 y 4) y como punto de partida de la evaluación y la usabilidad de la aplicación propia creada para tales efectos (5 y 6).

Tabla 1

| FASES   | EJERCICIOS  |      | ENTORNO    | REGISTRO | MARCADOR        | SOFTWARE                     | HARDWARE         | EVALUACIÓN  |
|---|-------------|------|------------|----------|-----------------|------------------------------|------------------|-------------|
| 0. VIABILIDAD   | 0 GIRONELLA |      | Ext.       | ÓPTICO   | AR_toolkit /img | AR_Media / JUNAIO            | PC-port./ móvil  | Viabilidad  |
| 1. ESTUDIOS PRELIMINARES MEDIANTE SOFTWARE Y PLATAFORMAS EXISTENTES | 1 BEST      | 1.1  | Int.       | ÓPTICO   | AR_toolkit /img | AR_Media / Build AR / JUNAIO | PC-port. / movil | Usabilidad  |
|   |             | 1.2  | Int.       |          |                 |                              |                  |             |
|   | 1.3         | Ext. |            |          |                 |                              |                  |             |
|   | 2 DAC       |      | Int.       |          | AR_toolkit      | AR_Media                     | PC-port.         |             |
| 3 EGIII   |             | Int. | AR_toolkit | AR_Media | PC-port.        | Usabilidad                   |                  |             |
| 4 TICS (layar)  |             | Ext. | GPS        | ---      | LAYAR           | Móvil                        | Usabilidad       |             |
| 2. APP PROPIA   | 5 APF       |      | Ext.       | ÓPTICO   | Img.            | U-AR                         | Móvil            | Usab / rend |
|   | 6 PT II     |      | Int.       |          |                 | U-AR                         | Móvil            | Usab / rend |

## 5.1. Caso de estudio 1

Aplicaciones Informáticas, APF (3 créditos), Arquitectura de la ETSAB-UPC, 2012. El objeto de la materia es modelizar conjuntos urbanos, plazas o tramos de calles y dentro de ellos hacer proyectos de diseño urbano con incorporación de elementos escultóricos. Este proceso se materializa en dos áreas temáticas: procesamiento digital de imágenes y uso de herramientas ágiles para crear escenarios virtuales 3D. En este caso, nos centramos en el estudio de las intervenciones en el paisaje urbano de Barcelona, el lugar de intervención fue la plaza de Flassaders y el modelo de referencia las esculturas. El grupo de trabajo fue de 25 alumnos divididos en 3 grupos: un grupo de control (8 estudiantes) sin teléfono 3G que seguía el curso tradicional, y dos grupos experimentales, iOS (9 estudiantes) y Android (8 estudiantes), los cuales recibieron formación específica sobre la utilización de la RA específica. Los usuarios de Android utilizaron la aplicación U-AR de desarrollo propio y los usuarios de iPhone® la de ARmedia© (figura 3).

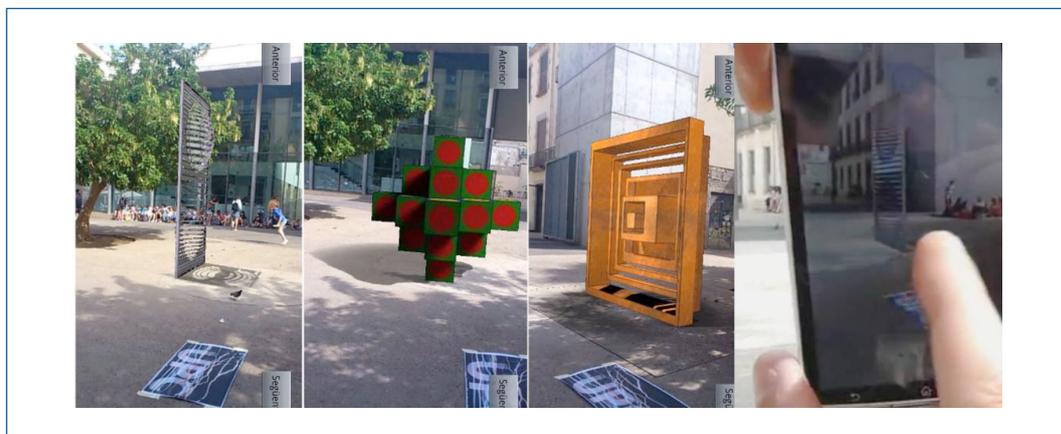


Figura 3.

El objetivo del grupo experimental se centró en evaluar el mejor ajuste en tamaño y ubicación de los modelos respecto a las dimensiones de la plaza. Este aspecto básico del ejercicio se constató, ya que los alumnos del grupo de control realizaron propuestas desproporcionadas en contraposición al grupo experimental, que ajustó adecuadamente el tamaño de las propuestas (Redondo *et al.*, 2012).

## 5.2. Caso de estudio 2

Proyectos Técnicos II, PT II (3 créditos), Ciencias y Tecnologías de la Edificación de la EPSEB-UPC, 2012. El objeto de estudio se ha centrado en la aplicación de las TIC en los procesos constructivos y de mantenimiento. El ejercicio se centró en la visualización del proceso constructivo de un apeo en una pared de carga. Participaron en la experiencia 146 alumnos divididos en 3 grupos de control y uno experimental (figura 4). Los detalles del experimento los podemos encontrar descritos en Sánchez *et al.* (2013).



Figura 4.

## 5.3. Caso de estudio 3

TIC aplicadas en el análisis territorial, TIC (60 h), Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana, ETSAB-UPC, 2012. El tema del experimento se centró en el ámbito del Barcelona Knowledge Campus (BKC). Participaron en el experimento un total de 11 alumnos en un grupo único experimental. Se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) capaz de integrar los datos obtenidos (edificios modelados y ubicados digitalmente en sus coordenadas físicas reales) de forma georreferenciada. En este caso se utilizó Layar®, aplicación gratuita que permite georreferenciar contenidos tanto alfanuméricos como de modelos digitales para su visualización integrada en dispositivos móviles (figura 5). Los detalles del experimento los podemos encontrar descritos en Redondo *et al.* (2013).

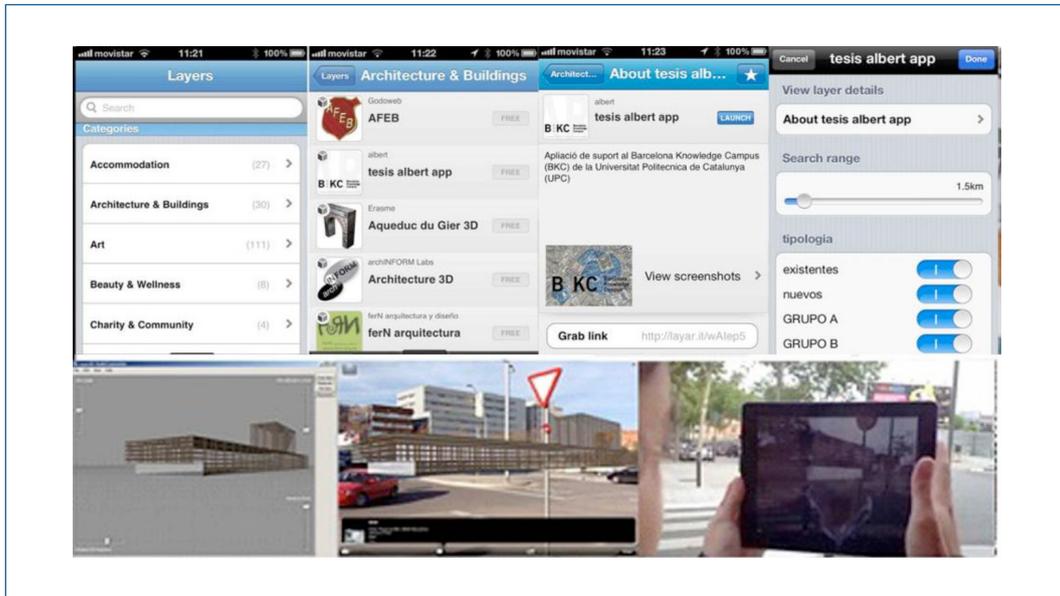


Figura 5.

## 5.4. Caso de estudio 4

Sistemas de Representación II (9 créditos), identificado como EG III; Arquitectura de La Salle Barcelona, URL 2011-2012. El proyecto fue realizado por un total de 57 estudiantes. Se tomó como grupo de control a los alumnos del curso anterior. Todos los estudiantes habían recibido previamente formación en CAD 2D y 3D. En este caso se utilizaron de forma integrada diversas estrategias de RA-ML para la presentación de los proyectos, mediante códigos QR que remitían a contenidos multimedia: vídeos, CAD, modelos virtuales 3D integrados en RA, enlaces a webs específicas, etc. (figura 6). Los resultados de las encuestas y evoluciones académicas los podemos encontrar en Fonseca *et al.* (2012).



Figura 6.

## 6. Análisis de resultados

### 6.1. Con relación a la usabilidad

Los resultados conjuntos de los cuatro cursos evaluados en este supuesto, donde cada variable tiene el mismo peso en la formación del indicador que explica, se muestran a continuación en la figura 7, que muestra los resultados medios de los cursos realizados con relación a la eficacia, la eficiencia y el grado de satisfacción alcanzado. Se puede observar que los tres componentes que forman la usabilidad obtienen una calificación muy similar. En torno a 3,5 puntos sobre 5. Situándose la satisfacción por encima del resto.

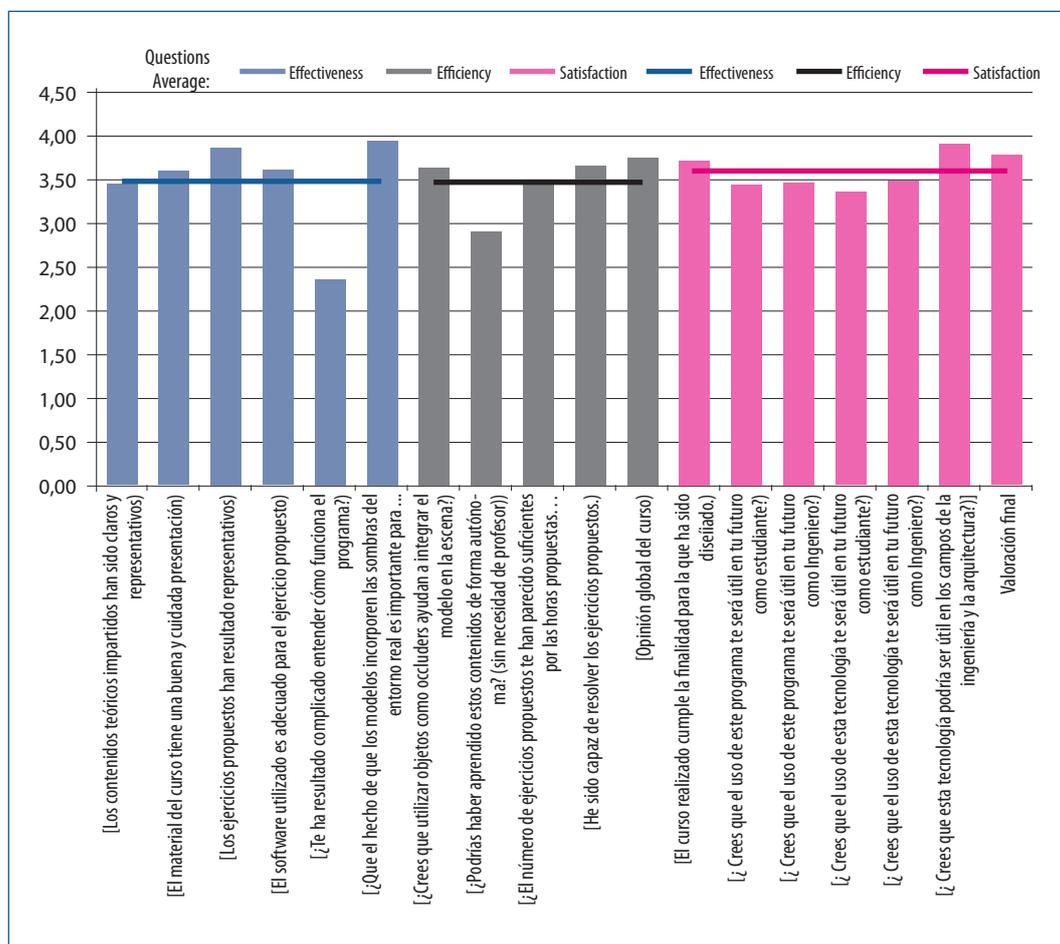


Figura 7.

Ahora bien, ¿cómo se relacionan cada uno de estos tres indicadores entre sí?, ¿qué relación existe entre estos componentes de la usabilidad y ella misma? o ¿qué relación existe entre cada uno de ellos y otras variables como la valoración final, el número de horas que un alumno utiliza el ordenador o el propio rendimiento, en el caso donde este se ha evaluado? Para responder estas preguntas se construyeron indicadores compuestos (que llamaremos de nivel II). Se utilizó para ello el análisis

de componentes principales extraídos del grupo de indicadores simples originales que debían formar cada indicador. A partir de su valor y del porcentaje de varianza explicada, y de acuerdo con la siguiente fórmula, se construyó cada índice compuesto.

$$I_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^r Z_{rj} \cdot \sqrt{\lambda_r}}{\sum_{i=1}^r \sqrt{\lambda_r}}$$

Ecuación para construir el indicador de calidad a partir de cada componente y sus «autovalores», según Peters y Butler (1970), donde:  $I_{mj}$  representa el indicador compuesto que se quiere obtener (eficiencia, satisfacción, eficacia, etc.) para cada alumno  $j$ -ésimo;  $Z_{rj}$  es la puntuación del componente  $r$ -ésimo (factor) para el alumno  $j$ -ésimo; y  $\sqrt{\lambda_r}$  la raíz cuadrada del «autovalor» para dicho componente. Se garantizaba así que los componentes con una mayor varianza explicada tuvieran una mayor ponderación en la calificación de la nueva variable que se está derivando. Una vez obtenido el índice se normaliza en una escala de 0 a 1. El valor obtenido ilustra la situación de cada alumno en comparación con el resto de los participantes en el cuestionario para cada uno de estos índices. Así se construyeron las siguientes variables: nivel de formación, eficiencia, eficacia, satisfacción y usabilidad. La tabla 2 muestra a modo de ejemplo un resumen de resultados de la evaluación de la usabilidad obtenida en los diversos experimentos.

Tabla 2

|                           | BEST | DAC  | EG III | TICS | APF  | PT_II |
|---------------------------|------|------|--------|------|------|-------|
| [SO LINUX-UNIX]           | 0.59 | 0.10 | 1.22   | 1.27 | 1.00 | 1.26  |
| [SO WINDOWS]              | 2.29 | 2.71 | 4.19   | 4.36 | 4.00 | 4.31  |
| [SO Macintosh]            | 0.76 | 1.67 | 1.57   | 2.00 | 2.00 | 2.14  |
| [Procesadores de Texto]   | 1.76 | 1.86 | 3.78   | 3.73 | 3.33 | 3.71  |
| [Hojas de Cálculo]        | 1.76 | 1.29 | 3.19   | 2.82 | 2.33 | 3.46  |
| [Bases de Datos]          | 1.29 | 1.62 | 2.35   | 2.73 | 2.17 | 2.80  |
| (SIG)                     | 0.82 | 0.43 | 1.86   | 1.64 | 1.33 | 2.09  |
| [Edición de Imágenes]     | 1.59 | 1.86 | 2.68   | 2.91 | 3.50 | 3.06  |
| (CAD)                     | 1.59 | 2.90 | 3.76   | 4.00 | 3.83 | 4.00  |
| [Aplicaciones Multimedia] | 1.65 | 1.14 | 2.86   | 3.55 | 3.50 | 3.11  |
| [Motores de búsqueda]     | 2.59 | 2.24 | 4.22   | 3.91 | 3.67 | 3.97  |
| [Correo Electrónico]      | 2.59 | 2.95 | 4.38   | 4.27 | 3.67 | 4.29  |
| [Aplicaciones de RA]      | 0.71 | 0.19 | 0.24   | 1.00 | 1.83 | 2.06  |

|                                    |  | BEST | DAC  | EG III | TICS | APF  | PT_II |
|------------------------------------|--|------|------|--------|------|------|-------|
| <b>Opinión del curso</b>           | [Los contenidos teóricos impartidos han sido claros y representativos]                                 | -    | -    | 3.62   | 3.73 | 3.67 | 3.17  |
|                                    | [El material del curso tiene una buena y cuidada presentación]   | 4.18 | 3.52 | 3.70   | 3.64 | 3.50 | 3.34  |
|                                    | [Los ejercicios propuestos han resultado representativos]  | 4.53 | 4.05 | 3.97   | 3.91 | 3.50 | 3.49  |
|                                    | [El software utilizado es adecuado para el ejercicio propuesto]  | 4.00 | 3.76 | 3.92   | 3.09 | 3.50 | 3.29  |
|                                    | [El curso realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado.]                                 | 4.35 | 3.86 | 3.76   | 3.73 | 3.83 | 3.31  |
|                                    | [¿Podrías haber aprendido estos contenidos de forma autónoma? (sin necesidad de profesor)]             | 2.88 | 2.57 | 2.89   | 2.82 | 1.83 | 3.37  |
|                                    | [¿El número de ejercicios propuestos te han parecido suficientes por las horas propuestas de trabajo?] | 4.18 | 3.62 | 3.41   | 3.18 | 3.50 | 3.17  |
|                                    | [He sido capaz de resolver los ejercicios propuestos.]   | 4.18 | 3.57 | 3.76   | 3.64 | 3.33 | 3.54  |
|                                    | [Opinión global del curso]   | 4.07 | 3.62 | 3.86   | 4.00 | 4.17 | 3.46  |
| <b>Modelado 3d y tecnología RA</b> | [Conocimiento previo sobre el uso de programas de modelado.]   | -    | 2.95 | 2.41   | 2.27 | -    | -     |
|                                    | [Conocimiento previo sobre el uso de la RA en dispositivos móviles]                                    | -    | 1.24 | 1.22   | 1.18 | 1.00 | 2.03  |
|                                    | [¿Te ha resultado complicado entender cómo funciona el programa?]                                      | -    | 2.71 | 2.24   | 2.00 | 2.67 | 2.40  |
|                                    | [¿Crees que el uso de este programa te será útil en tu futuro como estudiante?]                        | -    | 3.67 | 3.38   | 3.73 | 3.50 | 3.37  |
|                                    | [¿Crees que el uso de este programa te será útil en tu futuro como Ingeniero?]                         | -    | 3.81 | 3.32   | 3.64 | 4.00 | 3.34  |
|                                    | [¿Crees que el uso de esta tecnología te será útil en tu futuro como estudiante?]                      | -    | 3.86 | 3.11   | 3.45 | 3.50 | 3.31  |
|                                    | [¿Crees que el uso de esta tecnología te será útil en tu futuro como Ingeniero?]                       | -    | 3.90 | 3.27   | 3.36 | 3.83 | 3.54  |
|                                    | [¿Crees que esta tecnología podría ser útil en los campos de la ingeniería y la arquitectura?]         | -    | 4.10 | 3.84   | 4.09 | 4.00 | 3.83  |
|                                    | [¿La incorporación de sombras en el entorno real es importante para hacer la escena más realista?]     | -    | 4.29 | 4.03   | 3.27 | 4.33 | 3.89  |
|                                    | [¿Crees que utilizar objetos como occluders ayudan a integrar el modelo en la escena?]                 | -    | -    | 3.84   | 3.55 | 3.50 | 3.57  |
|                                    | Valoración Final   | 4.18 | 3.67 | 3.78   | 4.27 | 3.83 | 3.51  |

Centrándonos en la evaluación concreta de los alumnos y su relación con la posible mejora curricular, a modo de ejemplo podemos observar que el alumno 122 (véase la tabla 3) obtuvo la mayor puntuación y media en sus calificaciones. Mientras que el alumno 125 obtuvo la peor media en sus respuestas y por ello recibió peor calificación, lo que sugiere la posible existencia de una relación directa entre la media de las respuestas y el índice de usabilidad asignado a cada alumno. El alumno 48, sin embargo, con una media idéntica a la del alumno anterior, no obtuvo la calificación 0, sino que fue sensiblemente superior. De forma análoga, el alumno 67 obtuvo el segundo mejor resultado, considerando solo la media de sus respuestas, sin embargo, este alumno obtuvo un índice de usabilidad inferior al alumno 41, el cual, con media de respuestas inferior, obtuvo un índice de usabilidad más elevado, básicamente debido a una mejor consideración global de la eficiencia, la eficacia y el grado de satisfacción mostrado. Dicho de otro modo, el 41 se mostró menos satisfecho con el curso realizado, pero sin embargo consideró que es eficiente y eficaz, en mayor grado que el 67, lo cual le confiere una mayor puntuación respecto al resto de los alumnos. Así pues, el índice construido, nos sirvió para correlacionar otras variables como pudiera ser el rendimiento académico, no se relacionó directamente con la media de las respuestas, pues se derivó de los indicadores que explican un mayor porcentaje de este. La comparación en este apartado de todos los experimentos realizados se muestra en la tabla adjunta.

Tabla 3

| <i>Variables</i>              | <i>Alumno 122</i> | <i>Alumno 125</i> | <i>Alumno 48</i> | <i>Alumno 67</i> | <i>Alumno 41</i> |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>W_contents</i>             | 5                 | 2                 | 2                | 5                | 3                |
| <i>W_material</i>             | 4                 | 2                 | 2                | 5                | 4                |
| <i>W_exercises</i>            | 5                 | 1                 | 2                | 5                | 5                |
| <i>W_software</i>             | 5                 | 2                 | 3                | 5                | 5                |
| <i>W_course_purpose</i>       | 5                 | 2                 | 3                | 5                | 5                |
| <i>W_learn_indep</i>          | 3                 | 3                 | 3                | 4                | 5                |
| <i>W_num_exercises</i>        | 4                 | 2                 | 3                | 4                | 5                |
| <i>W_solve</i>                | 5                 | 3                 | 3                | 4                | 5                |
| <i>W_Global_opinion</i>       | 5                 | 2                 | 1                | 5                | 5                |
| <i>T_hard_program</i>         | 1                 | 2                 | 1                | 3                | 1                |
| <i>T_soft_useful_student</i>  | 5                 | 2                 | 2                | 5                | 5                |
| <i>T_soft_useful_engineer</i> | 5                 | 3                 | 3                | 5                | 5                |
| <i>T_AR_useful_student</i>    | 5                 | 2                 | 1                | 5                | 3                |
| <i>T_AR_useful_engineer</i>   | 5                 | 3                 | 2                | 5                | 3                |
| <i>T_AR_useful_areas</i>      | 5                 | 2                 | 2                | 5                | 4                |
| <i>T_shadows</i>              | 5                 | 2                 | 2                | 3                | 5                |
| <i>T_occluders</i>            | 5                 | 2                 | 2                | 3                | 4                |

| Variables                        | Alumno 122  | Alumno 125  | Alumno 48   | Alumno 67   | Alumno 41   |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Final_assessment</i>          | 5           | 2           | 2           | 5           | 4           |
| <i>Media de las puntuaciones</i> | <b>4,56</b> | <b>2,17</b> | <b>2,17</b> | <b>4,50</b> | <b>4,22</b> |
| <i>EFICIENCIA</i>                | 0,73        | 0,03        | 0,06        | 0,57        | 0,89        |
| <i>EFICACIA</i>                  | 0,96        | 0,00        | 0,21        | 0,66        | 0,87        |
| <i>SATISFACCIÓN</i>              | 1,00        | 0,15        | 0,13        | 1,00        | 0,74        |
| <i>USABILIDAD</i>                | <b>1,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,09</b> | <b>0,82</b> | <b>0,93</b> |

## 6.2. Con relación a la mejora del rendimiento académico

Como se ha comentado, al terminar los cursos APF y PT II los alumnos entregan sus propuestas y estas son valoradas por el profesor. La tabla siguiente muestra, a modo de ejemplo, y por grupos y subgrupos, los resultados y la ganancia obtenida con las mediciones pretest y posttest del curso de Proyectos Técnicos II, PT II (véase la tabla 4), el que contó con mayor número de alumnos y del que se pueden extraer las conclusiones más relevantes.

Tabla 4

| SUBGRUPO/GRUPO      |                    | PRETEST            | POSTEST            | GANANCIA            |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1M                  | Media (D.S)        | 2,52 (1,32)        | 4,24 (1,13)        | 1,72 (-0,19)        |
|                     | N                  | 26                 | 26                 |                     |
| 2M                  | Media (D.S)        | 3,14 (1,45)        | 4,36 (1,02)        | 1,22 (-0,43)        |
|                     | N                  | 44                 | 44                 |                     |
| 3T                  | Media (D.S)        | 2,66 (1,71)        | 4,80 (0,95)        | 2,14 (-0,76)        |
|                     | N                  | 38                 | 38                 |                     |
| <b>Control</b>      | <b>Media (D.S)</b> | <b>2,82 (1,53)</b> | <b>4,49 (1,04)</b> | <b>1,67 (-0,49)</b> |
|                     | <b>N</b>           | <b>108</b>         | <b>108</b>         |                     |
| 4T                  | Media (D.S)        | 2,62 (1,74)        | 4,81 (0,86)        | 2,19 (-0,88)        |
|                     | N                  | 38                 | 38                 |                     |
| <b>Experimental</b> | <b>Media (D.S)</b> | <b>2,62 (1,74)</b> | <b>4,81 (0,86)</b> | <b>2,19 (-0,88)</b> |
|                     | <b>N</b>           | <b>38</b>          | <b>38</b>          |                     |
| <b>Total</b>        | <b>Media (D.S)</b> | <b>2,77 (1,58)</b> | <b>4,57 (1,01)</b> | <b>1,80 (-0,57)</b> |
|                     | <b>N</b>           | <b>146</b>         | <b>146</b>         |                     |

Los resultados muestran que el grupo experimental (4T) recibe mejor calificación (4,81) después del entrenamiento (posttest) y se sitúa 0,24 puntos por encima de la media de los grupos de

control (4,49). Además muestra mayor ganancia con relación a la media de los grupos de control (figura 8).

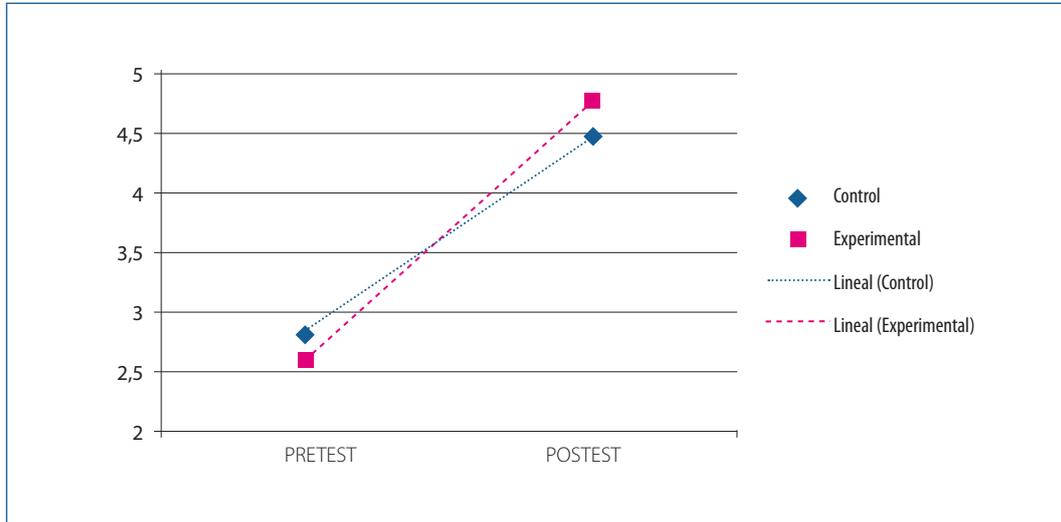


Figura 8.

## 7. Conclusiones generales

Con relación a las preguntas planteadas al inicio de la experiencia, cabe decir que en todos los cursos se encontraron diferencias significativas en función de los dos escenarios planteados y que estas se reflejaron tanto en el grado de motivación mostrado por los alumnos del grupo experimental como en la mejora en su rendimiento académico. Así, los resultados obtenidos muestran que los grupos que utilizan la nueva metodología (RA-ML) adquieren una mejora en las calificaciones. Estas, obtenidas de la evaluación posttest, muestran la mayor ganancia con relación al test previo realizado al inicio del curso. Del mismo modo, y de acuerdo con los datos, contrastables en las encuestas realizadas, la experiencia despertó un alto grado de expectación en los alumnos, lo que revirtió en una mayor motivación y compromiso durante el desarrollo del curso. Estos alumnos muestran altas puntuaciones con relación a los materiales y contenidos del curso, y sobre la metodología empleada, lo cual sugiere que esta tecnología puede resultar eficaz en los procesos de aprendizaje como complemento a la formación convencional.

En la relación entre las variables que influyen en la opinión global del curso, las correlaciones obtenidas no son demasiado altas comparadas con el resto de los cursos. Las relacionadas con la calidad de la presentación y la representatividad de los ejercicios son las que obtienen una relación más clara (0,70 y 0,73 respectivamente). En cambio, las variables relacionadas con el conocimiento previo de la tecnología, uso del software y sistemas operativos no se correlacionaron significativamente con la opinión global del curso. Finalmente, podemos afirmar que la tecnología RA-ML para la visualización de proyectos arquitectónicos de todo tipo ofrece muchas posibilidades ya sea para ver *in situ* su escala, la apariencia, las diferentes etapas de ejecución, y contribuye a mejorar su compren-

sión y comunicación. Este hecho permite verificar y comparar diferentes propuestas virtuales antes de su construcción real. Por todo lo antes expuesto, consideramos que esta experiencia educativa aporta nuevos valores pedagógicos que permiten el desarrollo de contenidos y metodologías ya consolidadas, e impactan directamente en los estudios de Arquitectura y Edificación. Como trabajo futuro estamos elaborando nuevos cuestionarios que incorporen aspectos cualitativos, basados en entrevistas personales.

**Agradecimientos.** Proyecto financiado. VI Plan Nacional de Investigación Fundamental No Orientada, 2008-2011, Gobierno de España. EDU-2012-37247/EDUC.

## Bibliografía

- Álvarez, G. (2012). New Technologies in the University Context: The Use of Blogs for Developing Students' Reading and Writing Skills. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, (S.I) 3-17 | 185-199, jul. 2012. DOI:10.7238/rusc.v9i2.1160
- Álvarez, G. y Bassa, L. (2013). ICTs and collaborative learning: a case study of a class blog for improving the writing skills of pre-university students. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, (S.I) 5-19 | 254-268, jul. 2013. DOI:10.7238/rusc.v10i2.1740
- Allen, M., Regenbrecht, H. y Abbott, M. (2011). Smart-phone augmented reality for public participation in urban planning. *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference on - OzCHI'11*. Nueva York, Nueva York, EE.UU.: ACM Press, 11-20, DOI:10.1145/2071536.2071538
- Argüelles, M. J., Blanco, M. y Castán, J. M. (2013). Dimensions of Perceived Service Quality in Higher Education Virtual Learning Environments. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, (S.I) 89-106 | 268-285, jan. 2013. DOI:10.7238/rusc.v10i1.1411
- Benbelkacem, S. Zenati-Henda, N; Belhocine, M. Malek, S. (2009). Augmented Reality System for E-maintenance Application. *AIP Conference Proceeding, 1107*, 185-189. DOI:10.1063/1.3106470
- Fonseca, D. Martí, N. Navarro, I.; Redondo, E.; Sanchez, A. (2012). Uso de la realidad aumentada como plataforma educativa en la visualización arquitectónica. XIV Simposio Internacional de Informática Educativa. Andorra la Vella, Andorra: La Salle Open University, Eds. 1-6. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6403157&isnumber=6403152>
- Fonseca, D.; Martí, N. ; Redondo, E. ; Navarro, I.; Sánchez, A.(2013). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*. Elsevier. DOI:10.1016/j.chb.2013.03.006
- Gosset, W. S. (1908). The Probable error of a mean. *Biometrika*, 6(1), 1-25. DOI:10.1093/biomet/6.1.1
- Guttentag, A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637-651. DOI:10.1016/j.tourman.2009.07.003
- Haydar, M.; Maida, M.; Rouseel, D.; Mallem, M.; Drap, P.; Bale, K.; Chapman, P. (2008). Virtual Exploration of Underwater Archaeological Sites : Visualization and Interaction in Mixed Reality Environments. En:

- K.R.-E.M. Ashley, S. Hermon y A. Proenca (ed.). *Proceedings of VAST: International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*. 141-148. DOI:10.2312/VAST/VAST08/141-148
- Hincapie, M. Caponio, A.; Rios, H.; González, E. (2011). An introduction to Augmented Reality with applications in aeronautical maintenance. *2011 13th International Conference on Transparent Optical Networks*, 1-4. IEEE. DOI:10.1109/ICTON.2011.5970856
- Honken, R.; Jazz, K.; Boudreau, Z.; Yearous, J. (2012). Building a sustainable mobile device strategy to meet the needs of various stakeholder groups. *Proceedings of the ACM SIGUCCS '12* (pág. 41). Nueva York, Nueva York, EE.UU.: ACM Press. DOI:10.1145/2382456.2382466
- Hsu, C. (2011). The Feasibility of Augmented Reality on Virtual Tourism Website. *2011 Fourth International Conference on Ubi-Media Computing*, 253-256. IEEE. DOI:10.1109/U-MEDIA.2011.66
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D. y Wagner, M. (2000). Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Education and Information Technologies*, 5(4), 263-276. DOI:10.1023/A:1012049406877
- Kondo, T. (2006). Augmented Learning Environment using Mixed Reality Technology. En: T. Reeves y S. Yamashita (eds.). *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2006* (págs. 83-87). Japón: AACE.
- Kristoffersen, S. y Ljungberg, F. (1999). Mobile informatics. 29-34. Consultado el 22 de enero de 2013 en <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=329671.329685>.
- Lehner, F. y Nosekabel, H. (2002). The role of mobile devices in E with a wireless E-Learning environment. En: *Wireless and Mobile*. Consultado el 22 de enero de 2013 en <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1039229>.
- Martín Gutiérrez, J. (2010, 20 de abril). *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería*. Universitat Politècnica de València.
- Martin, S.; Díaz, G.; Sancristobal, E.; Gil, R.; Castro, M.; Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906. DOI:10.1016/j.compedu.2011.04.003
- Oksman, V., Siltanen, S. y Ainasoja, M. (2012). User participation in co-creative services: Developing Virtual and Augmented Reality Tools for Do-it-Yourself Home Design. *Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference on - MindTrek '12*, 229-230. Nueva York, Nueva York, EE.UU.: ACM Press. DOI:10.1145/2393132.2393181
- Paiva, P.V.F., Machado, L. S. y Oliveira, J. C. de (2012). A Peer-to-Peer Multicast Architecture for Supporting Collaborative Virtual Environments (CVEs) in Medicine. *2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality*, 165-173. IEEE. DOI:10.1109/SVR.2012.7.
- Peters, W. S. y Butler, J. Q. (1970). The construction of regional economic indicators by principal components. *The Annals of Regional Science*, 4(1), 1-14. DOI:10.1007/BF01287726
- Peula, J. Zumaquero, M. Urdiales. C. Barbancho, A. Sandoval, F. (2007). Realidad aumentada aplicada a herramientas didácticas musicales. Grupo ISIS.
- Pralhad, C. y Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 9-91.
- Redondo, E.; Sánchez, A.; Fonseca, D.; Peredo, A. (2103). Architectural Geo-E-Learning Geolocated Teaching in Urban Environments with Mobile Devices: A Case Study and Work in Progress (in press)

- R. Shumaker (ed.): VAMR/HCI 2013, Part II, LNCS 8022, pp. 188-197, 2013. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-642-39420-1
- Redondo Domínguez, E.; Sánchez Riera, A.; Fonseca Escudero, D. (2012). Developing an augmented reality application in the framework of architecture degree. In Proceedings of the 2012 ACM MultiMedia, Nara, Japan, Workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education – UXeLATE, Fonseca, Zabulis, Kurti, Pileggi, Ko & Ramzan, eds. '12, 37-42 ACM Press, Nueva York. DOI: 10.1145/2390895.2390905
- Sánchez Riera, A., Redondo, E. y Fonseca, D. (2012). Developing an augmented reality application in the framework of architecture degree. *Proceedings of the 2012 ACM workshop on User experience in e-learning and augmented technologies in education - UXeLATE '12* (pág. 37). Nueva York, Nueva York, EE.UU.: ACM Press. DOI:10.1145/2390895.2390905
- Sánchez, A.; Redondo, E.; Fonseca, D.; Navarro, I. (2013). Construction processes using mobile augmented reality. A study case in Building Engineering degree. WCISTI 2013, The 2013 World Conference on Information Systems and Technologies, Algarve, Portugal, 27-30 marzo de 2013. Proceedings by Springer. Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 206, 2013, págs. 1053-1062. DOI: 10.1007/978-3-642-36981-0\_100
- Schall, G. Mendez, E.; Kruijff, E.; Veas, E.; Junghanns, S.; Reitingner, B.; Schmalstieg, D. (2008). Handheld Augmented Reality for underground infrastructure visualization. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(4), 281-291. DOI:10.1007/s00779-008-0204-5
- Shin, D. H. y Dunston, P. S. (2008). Identification of application areas for Augmented Reality in industrial construction based on technology suitability. *Automation in Construction*, 17(7), 882-894. DOI:10.1016/j.autcon.2008.02.012
- Tillon, A. B., Marchal, I. y Houlier, P. (2011). Mobile augmented reality in the museum: Can a lace-like technology take you closer to works of art?. *2011 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities*, 41-47. IEEE. DOI:10.1109/ISMAR-AMH.2011.6093655
- Tonn, C.; Petzold, F.; Olivier B.; Grundhofer, A.; Donath, D. (2008). Spatial Augmented Reality for Architecture – Designing and planning with and within existing buildings. *International Journal of Architectural Computing*, 6(1), 41-58. DOI:10.1260/147807708784640126
- Wang, X. (2008). Implementation and Experimentation of a Mixed Reality Collaborative Design Space. En: W. Shen, J. Yong, Y. Yang, J. Barthes y J. Luo (eds.). *Lecture Notes in Computer Science* (vol. 5236, págs. 111-122). Berlín: Springer-Verlag.

## Sobre los autores

*Ernest Redondo Domínguez*

ernesto.redondo@upc.edu

Doctor arquitecto, profesor titular de universidad.

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Arquitecto por la ETSAB-UPC (1981). Doctor arquitecto (1992). Premio Extraordinario de Doctorado (1994). Profesor titular de universidad (1993). Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I, EGA-I, Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech. UPC. Director del Departamento de EGA-I (1996-2003). Subdirector de ETSAB-UPC (desde 2011).

Tiene acreditados dos sexenios CNAEI, dos tramos de investigación AGAUR, Generalitat de Cataluña. Investigador principal del Proyecto de I+D+i Nacional, EDU-2012-37247/EDUC. Evaluador de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. Evaluador de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (desde 2006). Director del grupo de investigación UPC, ARM, Arquitectura, Representación y Modelización. Del comité ejecutivo del GILDA-ICE-UPC. Miembro del comité científico y editorial de diversas publicaciones.

Profesor de diversas materias del área de Expresión Gráfica Arquitectónica del grado y la titulación de Arquitectura, tanto por medios tradicionales como digitales, y presidente de Tribunales de PFC en la ETSAB-UPC y del Máster de Investigación en Gestión y Valoración Urbana, UPC (desde 2008). Investigador principal de Proyectos de Investigación Educativa AGAUR, ICE-UPC, 1999ARCS-00230 y 2007MQD00025. Autor de más de veinticinco publicaciones indexadas, WOK, SCOPUS, Avery, RIBA, centradas en el uso de las TIC en la arquitectura. Ha dirigido cuatro tesis doctorales.

Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Av. Diagonal 649, 2

08028 Barcelona

España

*David Fonseca Escudero*

fonsi@salle.url.edu

Doctor ingeniero. Profesor titular de la Escuela Universitaria, Arquitectura La Salle.  
Universidad Ramon Llull

Ingeniero técnico en Telecomunicaciones por La Salle-URL (1998). Licenciado en Comunicación Audiovisual por la UOC (2006). Máster de Conocimiento, Sociedad e Información por la UOC (2009). Doctor por la Universidad Ramon Llull (2011). Profesor titular de la Escuela Universitaria (2002). Docente por el Departamento de Arquitectura La Salle Campus Barcelona, Universidad Ramon Llull (desde 1997). Investigador por el Departamento de Tecnologías Media de La Salle Campus Barcelona (desde 2005). Certificación Internacional por Autodesk en AutoCAD (desde 1997) y Revit (desde 2011).

Gestor de proyectos del Departamento de Arquitectura La Salle (desde 2010): IntUBE (224286), OikodomosII (177090-LLP-1-2010-1-ES-ERASMUS-EAM), Repener (BIA2009-13365). Actualmente forma parte como investigador del proyecto EDU-2012-37247/EDUC. Es miembro del GILDA-ICE-UPC y del comité científico y editorial de diversas publicaciones.

Responsable de tutorías y tutor académico, profesor de diversas materias de Herramientas Informáticas del grado de Arquitectura y de Ciencias y Tecnologías de la Edificación. Presidente de Tribunales TFC, PFC, PFG y Máster en La Salle-UPC (desde 1999). Miembro de varios tribunales doctorales en UPC y UPF (desde 2011). Autor de más de diez publicaciones indexadas, centradas en la usabilidad, accesibilidad y educación arquitectónica así como en el uso de las TIC en la arquitectura. Ha codirigido dos tesis doctorales.

Universidad Ramon Llull

C/ Quatre Camins, 2

08022 Barcelona

España

*Albert Sánchez Riera*

albert.sanchez.riera@upc.edu

Doctor arquitecto. Profesor ayudante. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica II.

Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona.

Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Arquitecto por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès-UPC, BarcelonaTech. Univ. 1999.

Curso de posgrado de Proyecto ejecutivo (UPC-Sert School, Barcelona, 2001). Curso de posgrado

de Gestión urbanística (UAB-APCE, Barcelona, 2005). Máster en Gestión y Valoración Urbana por el Centro de Política del Suelo y Valoraciones (UPC-BarcelonaTech, Barcelona, 2010).

Doctor arquitecto en 2013, con la tesis titulada «Evaluación de la tecnología de realidad aumentada móvil en entornos educativos del ámbito de la arquitectura y la edificación», enfocada a la evaluación de la tecnología en entornos docentes del ámbito de la arquitectura, el urbanismo y la edificación.

Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Av. Gregorio Marañón, 44-50

08028 Barcelona

España

*Isidro Navarro Delgado*

isidro.navarro@upc.edu

Arquitecto, estudiante de doctorado. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Arquitecto por la ETSAB-UPC (1999). Doctorando en el programa Modelado y Simulación Visual en Arquitectura (MVSA) en la ETSAB-UPC. Profesor asociado de universidad (2005) por el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica I, EGA-I, Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech. Profesor titular de escuela universitaria por el Departamento de Arquitectura La Salle Campus Barcelona, Universidad Ramon Llull (desde 1994). Certificación Internacional por Autodesk en AutoCAD (desde 2010), MAX y Revit (desde 2011).

Miembro del grupo de investigación UPC, ARM, Arquitectura, Representación y Modelización. Es miembro del grupo de investigación GILDA-ICE-UPC. Autor de algunas publicaciones indexadas, centradas en la usabilidad, accesibilidad y educación arquitectónica así como en el uso de las TIC y realidad aumentada en la arquitectura.

Responsable de tutorías y tutor académico, profesor de materias del área de Expresión Gráfica Arquitectónica, tanto por medios tradicionales como digitales, del grado y la titulación de Arquitectura y de Ciencias y Tecnologías de la Edificación. Coordinador de la formación en programas paramétricos BIM (REVIT) del CECAD-La Salle (desde 2010).

Coordinador de los másteres del área del Departamento de Arquitectura La Salle (desde 2010). Director del Máster en Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética (desde 2009). Coordinador del posgrado de Arquitectura Medioambiental y Urbanismo Sostenible (desde 2009).

Universidad Politécnica de Cataluña-BarcelonaTech

Av. Diagonal 649, 2

08028 Barcelona

España



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 3.0 España de Creative Commons. Puede copiarlos, distribuirlos, comunicarlos públicamente y hacer obras derivadas siempre que reconozca los créditos de las obras (autoría, nombre de la revista, institución editora) de la manera especificada por los autores o por la revista. La licencia completa se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/deed.es>