

# Alfabetización digital para la enseñanza de la arquitectura. Un estudio de caso

## Digital literacy for the teaching of architecture. A case study

Ernesto Redondo

ernesto.redondo@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña

David Fonseca

fonsi@salle.url.edu

Universidad Ramon Llull

Lluís Giménez

lluis.gimenez@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña

Galdric Santana

galdric.santana@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña

Isidro Navarro

isidro.navarro@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña

---

**RESUMEN** – Se presenta un artículo fruto de un proyecto de investigación educativa realizado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB) durante el curso 2010-2011 y 2011-2012. El proyecto se basa en un estudio de caso centrado en la secuencia académica del primer año de los estudios de grado, iniciada por el *Curso de Acogida* (curso inicial de informática gráfica) y que finaliza con el curso de *Dibujo II* (curso equivalente a la introducción en Geometría Descriptiva). Con él se propone usar una estrategia pedagógica inversa a la habitual, es decir, que los futuros estudiantes de arquitectura empiecen usando herramientas TIC y tecnologías 3D en lugar del dibujo tradicional. Dado el interés que las mismas despiertan en ellos y por su facilidad de alfabetización digital, los alumnos obtienen resultados sobre su formación gráfica, educación visual, comprensión espacial, rendimiento académico y satisfacción muy superiores a los habituales, a la vez que en periodos de aprendizaje más cortos.

**Palabras clave:** investigación educativa, herramientas TIC, tecnologías 3D, representación arquitectónica, geometría descriptiva, alfabetización digital.

---

**ABSTRACT** – We present this paper as the result of an educational research project conducted at the School of Architecture of Barcelona (ETSAB) during the 2010-2011 and 2011-2012 academic course. The project is based on a case study, focused on the sequence of the first academic course of undergraduate studies that begins with the *Welcome Course* (initial course on computer graphics) and ends with *Drawing II* equivalent to the introductory course on descriptive geometry. With it we propose to use a reverse teaching strategy, where future architecture students begin by using ICT tools and 3D technologies, rather than traditional drawing. Given the interest that they arouse in them and the ease of digital literacy, the results of the students' training in graphics, visual education, space understanding, and their academic performance and satisfaction are much higher than the usual ones, besides being achieved in a shorter period of time.

**Key words:** educational research, ICT tools, 3D technologies, architectural representation, descriptive geometry, digital literacy.

---

## Introducción

El objetivo fundamental de este trabajo es mostrar los primeros resultados de un proyecto de *innovación educativa* que pretende investigar el desarrollo y la mejora de las capacidades espaciales y gráficas, así como el rendimiento académico de los futuros arquitectos a lo largo de toda su formación usando las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). En este caso se ha concentrado en los primeros niveles de aprendizaje de informática gráfica que reciben los alumnos, teniendo como referencia el curso académico 2010-2011 y 2011-2012, inicio del Grado de Arquitectura dentro del nuevo plan de estudios adaptado al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior).

En ese curso inicial se impartieron dos asignaturas gráficas, primero un curso intensivo de acceso al grado de Arquitectura, llamado Curso de Acogida (CA) realizado en el inicio del mismo. Después la asignatura troncal Dibujo II (D2) perteneciente al segundo cuatrimestre del grado y que responde a un nivel de introducción a la Geometría descriptiva. Debe quedar claro que las competencias gráficas citadas son de asimilación obligada para todo arquitecto en su fase formativa, impartidas desde el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA), y que se pueden adquirir con la ayuda de las técnicas de dibujo tradicionales o usando las del diseño asistido por ordenador.

Otra de las habilidades básicas que el estudiante debe aprender es el dibujo a mano alzada, pero tal aptitud, que antiguamente se solía exigir como pre-requisito para acceder a los estudios, ahora no lo es. Como se describe en (Giménez *et al.*, 2009), los nuevos estudiantes proceden del Bachillerato Científico-Tecnológico, donde ya no se les enseña a dibujar a mano alzada, y tan sólo cursan un par de semestres de la asignatura Dibujo Técnico (DT), que usa métodos tradicionales con ayuda de compás, escuadra y cartabón.

También, los nuevos estudiantes se suponen nativos digitales, y son usuarios habituales de las TIC ya que han utilizado durante el bachillerato ordenadores portátiles individuales co-financiados por el Plan Escuela 2.0 del Gobierno de España.

En este mismo sentido, estudios rigurosos sobre la mejora de las capacidades espaciales y gráficas en el campo de la Expresión Gráfica en la Ingeniería (EGI), en general (Martín-Gutiérrez *et al.*, 2009) han demostrado que, incorporando las TIC, se incrementa la capacidad de comprensión espacial y de expresión gráfica de los alumnos. El desarrollo constante de las tecnologías digitales permite nuevas formas de transmisión de la información, y esto requiere un aumento en las habilidades de los usuarios para poder gestionar todo tipo de datos en entornos digitales. Estas habilidades a menudo se conocen como “alfabetización digital” (Gilster, 1997; Inoue *et al.*, 1997; Pool, 1997).

Como describe (Eshet-Alkalai, 2004), se puede citar una descripción detallada de las principales habilidades cognitivas que van desde la motriz, hasta la sociológica y emocional. En este ámbito, algunas de las tareas requeridas incluyen poder interactuar con diferentes pantallas e interfaces de usuario, utilizar reproducciones digitales o navegación hipertextual para obtener un mejor dominio y experiencia con los programas de software (Eshet-Alkali y Chajut, 2010).

En el caso de los estudiantes de arquitectura, con edades comprendidas entre los 18 y 20 años, se debe potenciar la comprensión volumétrica de las formas, la percepción espacial de los modelos virtuales y el desarrollo de la creatividad unida al pensamiento crítico. Así pues, el medio digital parece ser un entorno adecuado para propiciar su conocimiento, sobre todo si el sistema facilita el uso orbital de los objetos virtuales, o los muestra con apariencia corpórea y no abstracta.

A la vista de lo descrito, nuestra propuesta pedagógica se denomina Docencia Inversa (DI), dado que se inicia impartiendo docencia con ayuda de las TIC en lugar del dibujo tradicional con ayuda de herramientas. Esto se debe también al interés y las aptitudes del alumnado hacia las TIC, y a la generalización del modelado tridimensional gracias a los nuevos programas de modelado 3D, cada vez más intuitivos, fáciles de usar y de menor coste. También se ha unido la generalización de la imagen digital y sus dispositivos de captura, rompiendo con los sistemas tradicionales de representación donde la visualización tridimensional o el estudio de sombras eran una finalidad y no el medio para controlar objetos y formas en el espacio.

La otra educación imprescindible, la del dibujo a mano alzada, se propone que el alumno la adquiera en la parte final de los estudios de grado, para un mejor rendimiento y cuando detrás de cada trazo, gesto o propuesta, el alumno pueda invocar una idea o un concepto arquitectónico. Exigir el control del dibujo a mano alzada en el inicio del grado, como se hace actualmente, conlleva que el alumno tenga carencias gráficas, que tardan años en adquirirse, y por consiguiente el poco provecho para ellos y la frustración para los docentes. Por el momento se demuestra (Redondo y Santana, 2010) que el dibujo digital que se realiza a mano alzada sobre pizarras digitales, tabletas-pc o iPads®, es un sustituto más que aceptable del dibujo tradicional, y que su uso en combinación con las TIC mejora la formación gráfica de los alumnos de cursos superiores y su rendimiento académico.

Para alcanzar el objetivo general, se evalúa mediante estudios de caso todo el proceso de educación en la visión espacial y la formación gráfica de los futuros arquitectos, partiendo de la docencia preuniversitaria, pasando por las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU) y finalizando en el grado, postgrado y máster. El primer estudio de caso es el CA+D2, que consta de un primer curso optativo CA, por el que han pasado 293 alumnos de los

380 que deseaban iniciar los estudios de arquitectura en el año 2010. Estos alumnos superaron las PAU con una nota de corte superior al 9,6 en una escala de 0 a 14. El CA ha consistido básicamente en la alfabetización digital dentro del ámbito de la arquitectura y se ha querido ensayar y evaluar las ventajas de una formación gráfica integrada en el entorno de las TIC. Todo ello se ha concretado en la fotografía digital, y la manipulación con programas de edición de imágenes en coordinación con programas de modelado 3D (Non Photorealistic Render, NPR) para atender a la comprensión espacial y al conocimiento de la geometría en la arquitectura. El segundo curso, D2, se ha llevado a término durante el segundo cuatrimestre del primer año, en una asignatura de tipo troncal y obligatoria. Este curso se centra en competencias de comprensión espacial y control geométrico de las formas arquitectónicas, por el cual han pasado 359 alumnos del grado de Arquitectura.

Estos estudiantes han sido comparados con los que cursaron la materia equivalente Geometría Descriptiva I (GD1) en años anteriores, impartidos por los mismos docentes, con los mismos contenidos y temporalidad, pero realizado con técnicas tradicionales. Se ha demostrado que generar un proceso educativo en entornos TIC aporta gran satisfacción a los usuarios, ya sean alumnos o docentes, y representa una ganancia importante en capacidades y rendimiento académico. Esta ganancia justifica de por sí la voluntad de seguir adelante con este proyecto de investigación educativa en el ámbito de la arquitectura. En segundo lugar, con la DI propuesta, se puede lograr una mejora importante en la observación (Eshet-Alkali y Chajut, 2010), en la capacidad creativa y de crítica, especialmente entre los usuarios más jóvenes. Tras el estudio realizado, los estudiantes han adquirido una gran capacidad de creación formal y de comprensión espacial, superior a la que hubieran adquirido con las técnicas gráficas tradicionales, en mucho menor tiempo y gracias a las TIC.

## Antecedentes

Los antecedentes de esta investigación hay que buscarlos en los trabajos previos de los mismos autores, a raíz de la formación gráfica de los futuros arquitectos y las nuevas estrategias TIC, publicados en revistas especializadas en investigación educativa (Redondo, 2010b). Además se han publicado ejemplos de aplicación de estas estrategias integradas con el modelado 3d y la imagen digital (Redondo, 2010a). Los resultados obtenidos hasta ahora, en apenas un par de años de trabajo, después de haber sido presentados y debatidos en diversos foros internacionales, permiten a seguir adelante con cierto optimismo. Por eso no hay duda que con este trabajo, en base a una investigación educativa de largo alcance, se pueden obtener resultados que puedan avalar las hipótesis de partida en el ámbito EGA. En paralelo, los trabajos en

el área EGI y la utilización de las TICS (Saorin, 2006; Saorin *et al.*, 2008), avalan todavía más las hipótesis de partida de este proyecto.

## Estado actual del problema y de su estudio

En la ETSAB se imparte docencia obligatoria de CAD, modelado tridimensional y tratamiento de imágenes a todos sus alumnos desde el año 1994. Esta ventaja proporciona una experiencia acumulada en la integración de las TICS a la formación de los futuros arquitectos, en estrecha combinación con las técnicas de dibujo tradicionales. No obstante, este hecho no se ha producido de forma tan radical en el resto del país, y la investigación educativa en el entorno EGA es poca si se mide con los mismos parámetros con los que se aplica en el área de la Psicología Conductiva, la Educación e incluso la Ingeniería.

Por referirnos sólo a los estudios más próximos en el área homóloga, EGI, encontramos importantes trabajos en esta misma línea de investigación (Garmendia *et al.*, 2001). Los resultados indicaron que el uso de sistemas multimedia en las aulas contribuyó a la mejora de la comprensión de los conocimientos impartidos y también a la motivación del alumno y su participación en el proceso de aprendizaje (García Domínguez *et al.*, 2002).

Por contra en el área EGA no se han realizado demasiados trabajos de investigación educativa, excluyendo textos como reflexiones ecuanímes (Otxotorena, 2007; Franco-Taboada, 2008), siempre desde la perspectiva del inmigrante digital.

Así mismo ya se ha detectado la importancia de los videojuegos en las actitudes espaciales de nuestros alumnos (Solana, 2007), no obstante estos trabajos siempre se basan en opiniones personales y normalmente se encuentra a faltar la parametrización cuantitativa, cualitativa y la evaluación sistemática de los resultados. Los estudios son algo más rigurosos cuando describen experiencias de docencia CAD o uso de las TIC, entre estos destacamos (Santana *et al.*, 2009; Gavin, 2001; Bartchougova y Rochevova, 2004; QaQish, 2001).

## El problema a resolver

El reto al cual se enfrentan los alumnos, año tras año, a la hora de adquirir las habilidades espaciales y capacidades gráficas es que comparten tiempo e intereses con las asignaturas de Proyectos Arquitectónicos. Desde el primer día de clase se les exige un alto nivel en representación y por el contrario carecen de formación en el manejo de las herramientas gráficas.

El problema es cómo solucionar esa falta de capacitación de recursos gráficos para poder abordar, desde el inicio de su formación, el análisis y comprensión de los elementos de composición arquitectónica, de ideación del proyecto, de resolución gráfica de documentos técnicos

y de presentación de sus ideas. Como hemos descrito, a diferencia de otros países, en España no se pide ningún otro prerrequisito que haber superado las PAU y se pondera subiendo la nota hasta un 20% el haber superado DT, mediante instrumentos tradicionales, aunque no es condición indispensable. Luego es dentro de la universidad donde se intenta formar a los alumnos en los principios del dibujo a mano alzada y en el resto de disciplinas gráficas.

### **Metodología del estudio**

La metodología general empleada es la del estudio de caso, habitual en la evaluación educativa (Stake, 1981). En nuestro trabajo, la primera parte del caso se ha realizado con diversos grupos de alumnos de CA, formada por un cursillo básico en la utilización del entorno Moodle y otros dos especializados en educación gráfica, uno de imagen digital y otro de modelado 3D. Todo ello se ha llevado a cabo durante 16 horas presenciales, donde se ha ensayado una nueva propuesta docente integradora, en la que en todo su desarrollo académico se han incorporado las TIC de diversas maneras.

Se han utilizado plataformas multimedia para la realización de los ejercicios, para la presentación y edición de los contenidos, para la gestión de la información mediante foros de discusión especializados y para las correcciones online. De este modo se ha creado un entorno educativo donde se han integrado las estrategias con los contenidos teóricos, con una base registros gráficos propios de la arquitectura y cuyos resultados se han valorado de forma cuantitativa y cualitativa.

En la segunda parte, todos los alumnos de D2 de la ETSAB reciben formación en geometría descriptiva y arquitectónica en base a la realización de modelos virtuales 3D, con las actividades gestionadas desde el entorno Moodle, pero sin recibir formación sobre el manejo de los programas.

Se imparte durante 60 horas lectivas, 12 de teoría en aulas de 80 alumnos y 48 de prácticas en talleres de 25 alumnos, y la docencia se basa directamente en la explicación de los conceptos geométricos y a la resolución de problemas de construcción gráfica y formal. El curso se descompone en temas clave tales como la representación y modelado de poliedros, la resolución de cubiertas con vertientes planas, el modelado mediante subdivisión de poliedros y operaciones booleanas.

### **Investigación cualitativa**

Como paso previo a la definición de los contenidos docentes de cada curso se ha establecido una jerarquía de conocimientos a adquirir según un criterio próximo a la Taxonomía Revisada de Bloom (Anderson y Krathwohl, 2001), adaptado al nivel de competencias previas de los estudiantes de cada curso y a los temas a tratar. Se busca una estructura que permita a los docentes evaluar la me-

jora de las capacidades de los alumnos tras el curso. En el caso presentado, la estructura inicial la aporta el temario oficial de las PAU en DT, que define las competencias y habilidades gráfico-espaciales de nuestros alumnos antes de acceder a la universidad. Sobre esta base, el CA se ha estructurado bajo los siguientes parámetros: objetivos, materiales docentes, contenidos y conceptos a explicar, temporalización, equipos informáticos y aplicaciones a emplear, yendo un paso más allá en la capacitación de los futuros arquitectos pero sin menoscabar contenidos a los cursos específicos del grado. Hemos obrado en el CA como si de un menú degustación se tratase, definiendo un marco general para ilustrar determinados temas. En el curso de D2, el programa se articula alrededor del estudio y aplicación a problemas gráficos de Geometría de la representación y del Análisis geométrico y perceptivo de los elementos que componen los objetos de la arquitectura. Se aprovechan en él los conceptos y prácticas utilizadas en el CA y yendo un paso más hacia adelante, profundizando en los conceptos y educando en la comprensión y manejo del espacio desde el ordenador.

### **Investigación cuantitativa**

Se refiere a la parte del trabajo dedicada a la recopilación de los datos, definición del grupo docente de referencia y del experimental, evaluación comparativa de los resultados del rendimiento académico y encuestas para medir el grado de satisfacción de usuarios y docentes. Todo ello está vinculado a un estudio básico de usabilidad de las aplicaciones y los dispositivos informáticos, así como la definición de los grupos de control para ponderar la ganancia de los alumnos del curso experimental.

### **Encuestas de satisfacción**

Nos detendremos brevemente en la descripción de este apartado. La base de estas evaluaciones toma el modelo de los cuestionarios SEEQ, Students' Evaluation of Educational Quality (Marsh y Roche, 1970). Mediante un cuestionario específico, se hicieron y valoraron preguntas sobre una escala de 1 a 5, más una opción NS/NC. Las preguntas a cada alumno se centraron en saber el grado de conocimientos informáticos previos al curso CA, como considera el aprovechamiento del curso, cuantas horas diarias ha dedicado a la realización del mismo, la opinión que les merece la temporalidad de los ejercicios, si los materiales docentes facilitados han sido los adecuados, así como la complejidad de los contenidos, finalizando con un espacio libre para recoger sugerencias y comentarios libres.

En el curso D2, el cuestionario se ha ampliado a la valoración de la usabilidad de las aplicaciones informáticas, la disponibilidad de ordenadores portátiles y los conocimientos previos de CAD.

## **Grupos de control y experimental**

Los alumnos de este primer curso experimental CA son la base de los grupos de estudio en el siguiente nivel del proyecto, cuando cursan la primera asignatura gráfica obligatoria del grado de arquitectura D2. Ha existido otro grupo de control en este primer estudio de caso, el formado por alumnos que no realizaron el CA y que han cursado Geometría Descriptiva I (GDI), prolongación del DT del bachillerato, por medios tradicionales y con los mismos docentes del CA el segundo semestre de 2009 y el primero de 2010.

## **El curso de acogida (CA)**

Este curso introductorio surge de la voluntad del centro de poner de manifiesto que los futuros arquitectos deben disponer, desde el comienzo, de una formación gráfica sólida, la que por desgracia no siempre habrán recibido con antelación. Por eso se quiere facilitar a los nuevos alumnos herramientas básicas de representación, expresión y concepción arquitectónica para que, desde el primer día de su formación universitaria, dispongan de instrumentos y metodologías de trabajo, versátiles, intuitivas, asequibles y motivadoras. Tales herramientas y estrategias, con posterioridad, serán ampliadas con otras mucho más rigurosas como en el caso del curso D2, pero dado que las mismas precisan de más preparación conceptual, se quiere ahora facilitar un mínimo bagaje instrumental y conceptual que permita el inicio rápido en la formación del alumno.

## **Propuesta metodológica de innovación docente**

Conscientes de que la docencia gráfica recibida de forma obligatoria por los nuevos estudiantes de la ETSAB y que por edad y afinidad son usuarios habituales de las TIC; conocedores a la vez de las dificultades de alcanzar unas competencias básicas y en poco tiempo en el uso del dibujo tradicional, se quiere plantear un giro metodológico a los sistemas tradicionales de formación gráfica, ya que desde el primer día tendrán que enfrentarse a la realización de proyectos.

Así, toda la cultura y educación visual que aportaría (y así lo hará posteriormente) el dibujo a mano alzada es introducida de un modo más ágil por la imagen digital, obviando en principio el adiestramiento manual lento que el dibujo conlleva. En paralelo, muchas de las estrategias de composición y construcción arquitectónica pueden ser reproducidas con los programas modernos.

En este experimento, los alumnos empiezan manipulando y visualizando un modelo 3D de un edificio real que tienen próximo, la nueva biblioteca de la ETSAB, seccionándolo de forma dinámica, realizando recorridos

virtuales como si de un videojuego se tratase, seleccionando puntos de vista interesantes según su percepción. Posteriormente van incorporando la luz y las sombras como atributo visual, y aplicando a continuación materiales y texturas extraídas de fotografías del edificio real, para aportar más expresividad al modelo. Estas fotografías son tomadas y manipuladas en el curso de imagen digital, concluyendo todo el estudio con la construcción de un elemento característico del mismo.

## **Objetivos del curso**

El objetivo de este curso, y de los restantes que componen este proyecto, toma como base el hecho que los alumnos que acceden a la universidad y desean cursar el grado de arquitectura están más o menos familiarizados con las nuevas tecnologías y el uso de los ordenadores. Se quiere comprobar en este caso cómo, cuando los profesores utilizan herramientas TIC y los contenidos docentes se optimizan en ese ámbito, los alumnos prestan más atención, obtienen mejor rendimiento académico, se sienten más interesados a la hora de realizar los ejercicios, usan materiales multimedia y recursos web para entregar ejercicios para visualizar sus propuestas. Por el contrario muestran poca motivación y menor rendimiento académico usando metodologías tradicionales.

## **Contenidos**

Los contenidos a desarrollar en el sub-curso de imagen digital fueron: adiestramiento en las técnicas básicas para la toma y manipulación de imágenes digitales y su aplicación en el campo arquitectónico en cuanto a encuadres, secuencias visuales y reportajes fotográficos de un edificio. También se ha entrado en proyectos de intervención en un entorno arquitectónico, fotomontajes intuitivos, y la manipulación de imágenes para generar texturas e integrarlas en modelos virtuales 3D. En el sub-curso generación de modelos 3D, se trató el adiestramiento de técnicas básicas de manipulación, construcción y diseño de modelos y proyectos arquitectónicos virtuales con toma de datos sobre el terreno. Posteriormente se hizo hincapié en la generación de modelos 3D simples, y partiendo de la documentación gráfica y del entorno, se fueron incorporando elementos como su geometría básica, las vistas del modelo virtual, la aplicación de texturas fotográficas y el estudio de asoleamiento.

## **Material docente**

Lo primero que se ha planteado en el momento de abordar el material docente del curso ha sido partir de que todos los alumnos son nativos digitales, tal como propone



Premsky (2001a; 2001b). La incidencia que este factor generacional tiene en la educación de los estudiantes está siendo objeto de diversos estudios sobre los alumnos de bachillerato (Etxeberria, 2008) pero no en el ámbito universitario. Según este argumento, nuestros alumnos están acostumbrados a aplicaciones donde siempre se proporciona una visión clara del objetivo. Estas incorporan demostraciones de cómo hay que jugar, permiten el avance gradual y guardar los progresos, poder parar y retomar los procesos a voluntad, obtener ayudas interactivas al instante y participar con entornos atractivos y activos que fomentan la exploración y las estrategias.

Por todo ello hemos generado de una serie de materiales didácticos que pretenden argumentar esa filosofía. Se han elaborado manuales de utilización de las aplicaciones, tutoriales específicos para cada una de las prácticas, y presentaciones interactivas para cada una de las clases teóricas. Se ha creado en el entorno Moodle del centro una serie de recursos tales como un Foro de intercambio de opiniones y de asistencia online de los docentes, junto con un repositorio de materiales a emplear en la realización de los ejercicios. Por último se ha diseñado un ejercicio final resumen de los dos sub-cursos en cuyo proceso de elaboración los alumnos han contado con correcciones online y una evaluación final vía web.

## El curso de dibujo II (D2)

### Objetivos del curso

La finalidad principal del curso es educar a los alumnos en el conocimiento los sistemas de representación tradicionales e informáticos más usuales en la arquitectura. Se propone reconocer e interpretar los objetos a partir de imágenes representadas en proyecciones axonométrica, cónica, planta, alzados y/o secciones, y a la vez en formatos 3D interactivos; controlar los objetos en el espacio y su entorno; aplicar conceptos de medida, posición y análisis formal; utilizar la geometría como modelo de análisis y generación de los objetos; gestionar los datos propuestos, estructurarlos, elaborarlos y valorar el resultado; plantear y estructurar sistemas y métodos de resolución de las estrategias de trabajo y por último controlar gráficamente la influencia del entorno natural o artificial en los espacios arquitectónicos: imagen y percepción, energía y asoleamiento, y emplazamiento y terreno.

### Contenidos

Los contenidos se estructuran en tres grandes apartados:

- (a) La geometría de la representación arquitectónica basada en la representación bidimensional, en la imagen perspectiva, su estructura y percepción,

en la lectura y comprensión de la representación de objetos y en la aprehensión del espacio.

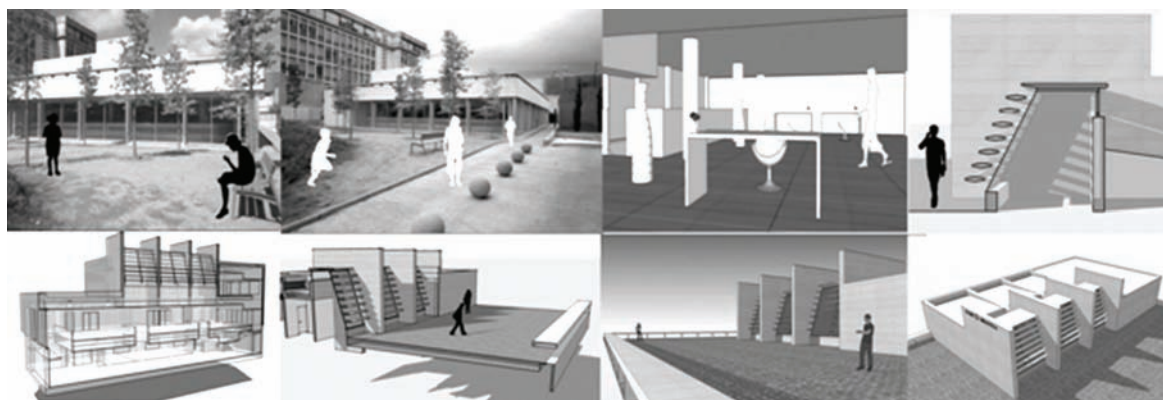
- (b) La representación tridimensional, es decir, el control métrico y posicional de los objetos en el espacio; la entrada de datos en sistemas gráficos tridimensionales; la geometría básica en el espacio para la generación de objetos; conceptos de pendientes, ángulos, perpendicularidad, normales, tangencias, curvas, superficies y volúmenes; operaciones de transformación geométrica y modificación de entidades mediante la edición de sus parámetros.
- (c) Conceptos sobre parametrización formal, es decir, el análisis geométrico y perceptivo de los elementos que componen los objetos de la Arquitectura: generación de modelos virtuales 3D aplicando interacciones entre figuras geométricas; la transformación y modificación de formas para la generación de nuevos elementos de diseño y arquitectura; las estrategias de formalización; los recursos geométricos aplicados a temas específicos para la resolución de cubiertas, el trazado de escaleras, generación de mallas espaciales y la creación de superficies complejas; y los recursos gráficos para el control del asoleamiento en la arquitectura y el urbanismo.

### Material docente

Siguiendo la misma filosofía que en el curso CA, para el curso D2 se han elaborado además, materiales docentes dinámicos y manipulables a través de la web usando archivos *pdf* 3d, junto a animaciones que permiten visionar de forma interactiva el resultado final de los ejercicios y sus procesos de construcción gráfica, potenciados además con el foro de discusión y las correcciones online.

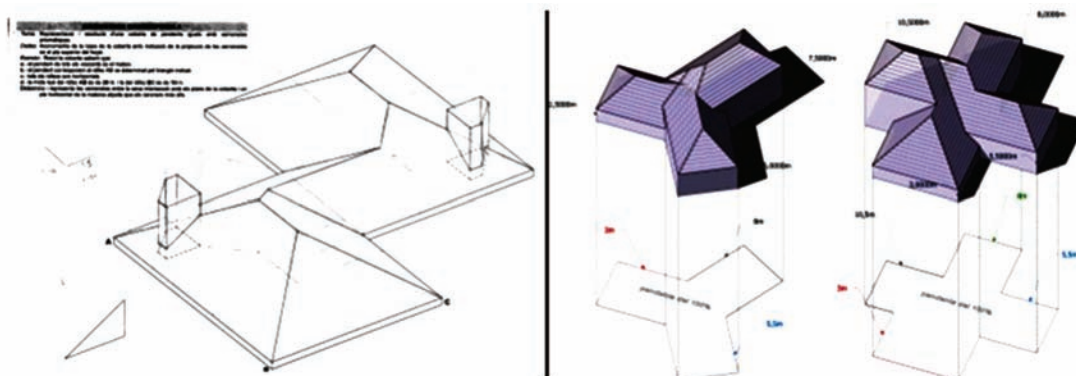
### Equipos

Para la realización de este experimento docente, ya sea en el curso CA como en D2, se ha utilizado equipamiento informático variado. Así, por ejemplo, la fase presencial del curso CA se llevó a cabo en las aulas informáticas del centro, equipadas con ordenadores PC convencionales. La parte del trabajo no presencial y del curso D2, se llevó a cabo con los ordenadores personales de los propios estudiantes, generalmente ordenadores escolares tipo netbooks o similares. Por lo que respecta a las aplicaciones informáticas, los modelos virtuales se generaron con las licencias gratuitas del programa Google SketchUp, y el procesamiento de imágenes digitales con el programa libre GIMP (GNU Image Manipulation Program). Las fotografías las llevaron a cabo los alumnos con sus propias cámaras digitales,



**Figura 1.** Ejemplos de trabajos parciales del curso CA.

**Figure 1.** Examples of coursework CA.



**Figura 2.** Ejemplo comparativo de un mismo ejercicio de los cursos GD1 y D2.

**Figure 2.** Comparative example of the same year. GD1 and D2 courses.

las cuales mayormente eran de tipo compacto. Para las presentaciones y correcciones conjuntas se utilizaron las PD de cada profesor y para las correcciones online se usaron tablets-pc (Toshiba y Hewlett Packard) o tabletas digitalizadoras (Wacom Intuos).

### Investigación cuantitativa

En curso CA, se ha trabajado con 7 grupos de 25 y dos de 30 alumnos, aunque realmente han cursado la materia 230 estudiantes. La diferencia en número de alumnos de este grupo, respecto al total de nuevo ingreso (380), se debe a que el CA se llevó a cabo fuera del calendario escolar, concretamente la semana anterior al inicio del curso oficial. También se debe a que, según los datos de la Jefatura de Estudios de la ETSAB, el 33% son residentes fuera del área metropolitana de Barcelona, y a que las residencias universitarias iniciaron su actividad la siguiente semana. En el curso D2, se ha trabajado con los 359 estudiantes matriculados

en el primer curso de grado, divididos en 6 grupos de 60 alumnos.

### Análisis de los resultados académicos

Se han comparado los estudiantes del CA con el grupo que ha hecho docencia clásica. Esto nos ha servido para medir el estado de adiestramiento en la utilización de las TIC y en las habilidades espaciales y gráficas antes del experimento y compararlo con el resultado al final. Por lo que respecta a la medición y evaluación del rendimiento académico se ha llevado a cabo de dos modos. Primero por comparación de los resultados académicos de los alumnos en cada ejercicio y al final del curso en relación con su nivel de acceso y grupo de control. Segundo, por un cuestionario específico sobre el aprovechamiento recopilando información sobre el interés del curso, satisfacción y capacitación previa en el manejo de la TIC y facilidad de manejo de los programas empleados.

### **Evaluación del rendimiento académico**

Respecto al rendimiento académico, el curso lo han superado 134 alumnos de los 220, lo cual representa que el 65,0% obtuvo unos resultados aceptables, un 30% con fallos y un 5% realizaron el curso libremente dejando tareas pendientes o no realizando el trabajo en los formatos y con los contenidos especificados. Este valor es superior a la media de las asignaturas gráficas del primer semestre en la ETSAB, que es del 55%.

### **Conclusión del curso**

Para el control visual del modelo digital, predomina la representación de tipo perspectiva cónica en las imágenes de los paneles resumen. Un 79% opta por este tipo de proyección frente al 21% que opta por la axonometría. Sin duda esto se debe a que el programa modelador 3d NPR usa esta proyección por defecto. Sorprende no obstante el gran número de alumnos, un 28,7%, que ha optado por usar proyecciones cónicas del modelo seccionado, sin duda por economía de medios, pues con ellas se visualizan exterior e interior simultáneamente, y mejora la comprensión del edificio relacionando visualmente sus espacios. En el caso de la edición de las imágenes, se observa una gran dificultad para conseguir los objetivos del curso. Tan sólo un 45% ha logrado completar todos los trabajos específicos, lo cual denota a nuestro entender la dificultad de manejo del programa Gimp.

### **Encuestas de satisfacción**

Durante la segunda edición del CA (2011-2012) se realizaron dos encuestas para poder analizar y comparar el desarrollo y adecuación del curso. La primera se llevó a cabo al inicio del mismo para comprobar los conocimientos previos del alumno, su nivel académico, el material que dispone y el software que ha utilizado hasta entonces. Destacamos que el 80% de los alumnos disponía de ordenador portátil y entre estos el 35% lo tenía con menos de un año de antigüedad. También que el 74% utiliza habitualmente el sistema operativo de Windows, frente a un 12% de MacOS y Linux con un 1%. Aproximadamente, el 48% de los alumnos ha utilizado previamente software del tipo CAD, y entre ellos, concretamente el 78% utilizó el programa AutoCad, y el resto programas como Google Sketchup, Autodesk 3ds max, Qcad, Cad Std, Dibac, A9Cad, MicroStation, Cinema4d, AutoSketch o Autodesk Inventor. En cuanto a editores de imagen, solo un 31% de los alumnos los había utilizado previamente, y entre ellos, el 81% utilizó Adobe Photoshop, y el resto practicó con GIMP o Corel Draw.

Ante estos primeros datos, sorprende que los alumnos accedan con un mayor conocimiento de programas CAD, siendo estos más específicos que otros, como,

por ejemplo, los editores de imágenes, cuyo uso es más extendido y generalista. Una posible respuesta recae en que gran parte del alumnado de nuevo ingreso ha tenido gran seguridad de saber que, en los estudios tecnológicos, se requerirá en mayor o menor medida un dibujo de CAD profesional, corroborado al saber el 50% cursó alguna asignatura de dibujo a mano alzada durante la secundaria y el bachillerato. Otro dato que argumenta esta vía corresponde al conocimiento que el 77% de los presentados a las PAU obtuvieron una nota global superior a 7 puntos, y que solo el 10% de alumnos no cursó el examen de DT en las PAU.

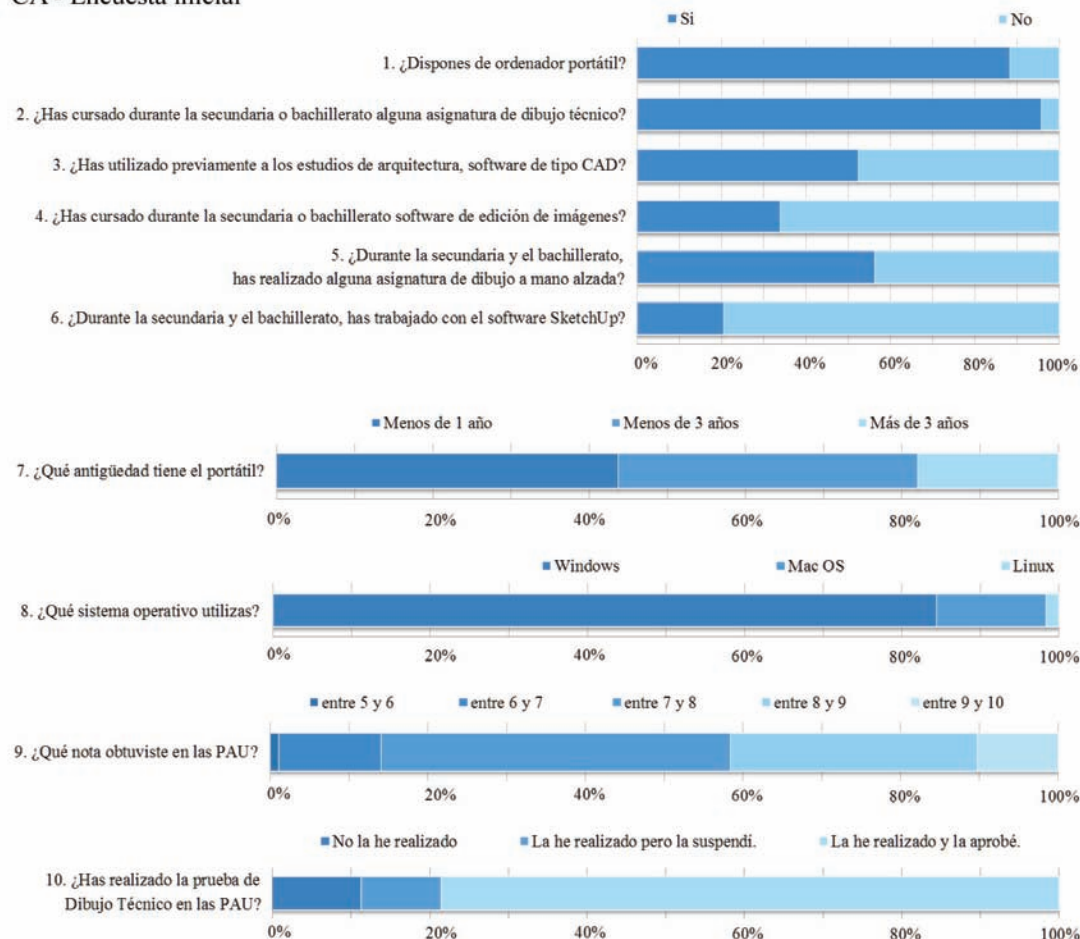
La segunda encuesta se realizó una vez finalizado el curso para conocer el grado de satisfacción de los alumnos sobre los conocimientos adquiridos, y por comparación detectar junto a la primera encuesta posibles problemas y mejoras a introducir. En general el 50% de los alumnos del curso han encontrado dificultades para entender el funcionamiento de los programas, aunque mayoritariamente (75%) valoran la documentación facilitada. El alumnado reconoce que ha necesitado mucho tiempo para realizar los trabajos pero también ve muy clara su gran utilidad para los estudios de grado que empieza. En cuanto a la edición de imágenes, basado en el programa de libre uso GIMP, ha habido dificultad de comprensión e inversión de tiempo en la realización de los ejercicios recomendados. De todos modos el estudiante valora el esfuerzo efectuado y la utilidad inmediata del mismo justo en el inicio de sus estudios universitarios. Parecidos datos se han dado en la aplicación de CAD, Sketchup, con lo cual se confirma el acertado uso de los mismos, su adecuación al curso, su utilidad para los estudios de grado; por otra parte la usabilidad de los mismos, preguntas. 2, 7 y 12, ha sido considerada en términos generales similar.

En esta ocasión se introdujo el tema de la realidad aumentada como complemento final para el curso. La mayor parte del alumnado era desconocedor de esta técnica y así se refleja en la encuesta, con dificultad en el entendimiento del su uso y desconocimiento sobre su utilidad en los futuros estudios de arquitectura. En resumen, los alumnos valoran el CA por incrementar su formación gráfica (86%) e incluso, si fuera posible, solicitan más tiempo para desarrollar el curso en su totalidad (85%). También valoraron muy positivamente la ayuda de docentes y becarios, y valoran (94%) la posibilidad de mantener el contacto con los mismos para resolver problemas gráficos durante sus estudios.

El análisis de la consistencia y desviación en las respuestas se ha completado al finalizar el curso de DII. Con el fin de comprobar la importancia del uso de nuestra metodología, hemos estudiado las diferencias en los resultados finales obtenidos a partir de dos grupos de estudiantes que han realizado la asignatura de Descriptiva II, en dos años consecutivos: el primero sin el uso de la nueva metodología (2009-2010), y el segundo en el cual



## CA - Encuesta inicial

**Figura 3.** Valoración de las encuestas.**Figure 3.** Rating survey.

hemos utilizado la metodología descrita (2010-2011). Las principales características de los dos grupos de comparación las podemos ver en la Tabla 1. La representación gráfica de la muestra junto con el intervalo de confianza de los resultados los podemos estudiar en la Figura 5.

Es necesario recordar que el hecho que los datos de estos intervalos no se superpongan no implica necesariamente que la diferencia entre los dos grupos pueda ser estadísticamente significativa. Comúnmente se puede afirmar que, si al 95% del intervalo de confianza entre dos muestras, las barras de error no se superponen, la diferencia es estadísticamente significativa a un nivel de  $P < 0,05$ , pero para confirmar esta afirmación sería necesario evaluar la “t de Student”, que nos permite comparar dos medios independientes y normales para una variable cuantitativa.

Realizando dicho análisis mediante una muestra de dos colas al ser independiente el orden de los estudios hemos obtenido que la diferencia en el promedio entre

los dos grupos ( $t = -3.33$ ,  $p < 0,05$ ) fue significativa estadística al obtener un valor de  $p = 0,00057$ . Dicho dato valida nuestra hipótesis de mejora en la implementación de nuevas tecnologías docentes en el ámbito universitario ya que mejora ostensiblemente el rendimiento académico de los alumnos.

### Conclusiones generales y trabajo futuro

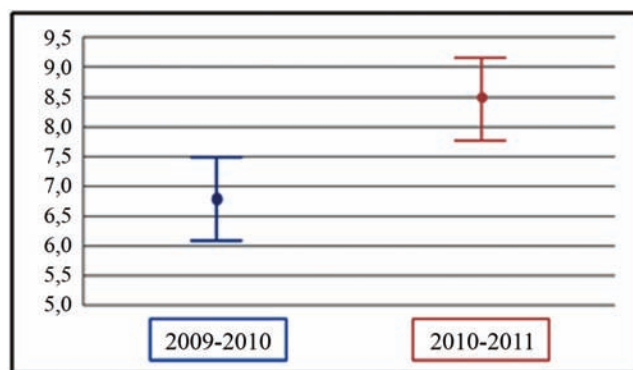
Como se demuestra, usando las TIC con alumnos con muy poca formación específica previa dentro del ámbito de EGA, pero motivados hacia estas tecnologías y empleando una estrategia pedagógica global en la que se mezclan los sistemas de visualización y modelado 3D con la imagen digital, en un entorno multiusuario, multimedia y participación online, se obtienen en muy poco tiempo mejoras sustanciales en el rendimiento académico de los alumnos, en sus capacidades de comprensión espacial y en el manejo de las herramientas gráficas digitales si



Figura 4. Valoración de las encuestas.  
Figure 4. Rating survey.

Tabla 1. Media, desviación estándar, varianza e intervalo de confianza de nuestras dos muestras.  
Table 1. Mean, standard deviation, variance and confidence interval of our two samples.

	N	Media	Desv.	Varianza	Interv. Conf
2009-2010	62	6.78	2.72	7.43	±0.67
2010-2011	52	8.46	5.26	6.55	±0.69



**Figura 5.** Barras de error del margen de confianza para las dos muestras estudiadas a partir de un grado de significación del 95%.

**Figure 5.** Error bars the confidence interval for the two samples studied from a significance level of 95%.

estas son ágiles y con alto nivel de usabilidad.

El trabajo futuro está bien definido: en primer lugar repetir el caso con los alumnos de CA y de D2 del nuevo curso 2011-2012, convertidos en un nuevo grupo experimental, para ver como evolucionan a lo largo de su formación arquitectónica y comparar sus resultados con el estudio de caso de este año.

En segundo lugar corregir pequeños desajustes observados, como, por ejemplo, la necesidad de introducir nociones de CAD 2D en el CA para la toma de medidas y realización de bocetos. En el curso D2 por su parte se prevé introducir la realidad aumentada para la visualización de los modelos 3D sobre el lugar, como fotomontaje a tiempo real, mediante aplicaciones para modelador SketchUp en vínculos con teléfonos móviles con sistemas Android, AndAR.

Todo ello se regirá siempre bajo los mismos equipos y programas educativos de bajo coste y de alta usabilidad, para lograr la máxima eficacia educativa. En paralelo se estudiarán grupos de alumnos de bachillerato, de postgrado y máster para obtener al final una imagen global de todo el proceso y obtener conclusiones más amplias.

## Referencias

- ANDERSON, L.; KRATHWOHL, D. (eds.). 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, Longman, 265 p.
- BARTCHOUGOVA, E.; ROCHEGOVA, N. 2004. About Virtual Spatial Modelling in Architectural Education, Spatial Simulation and Evaluation. New Tools in Architectural and Urban Design. In: EUROPEAN ARCHITECTURAL ENDOSCOPY ASSOCIATION CONFERENCE, 6, Bratislava, 2004. *Actas...* Bratislava, p. 138-142.
- ESHET-ALKALAI, Y. 2004. Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, **13**:93-106.
- ESHET-ALKALAI, Y.; CHAJUT, E. 2010. You Can Teach Old Dogs New Tricks: The Factors that Affect Changes over Time in Digital Literacy. *Journal of Information Technology Education*, **9**:173-181.

- ETXEBERRIA, F. 2008. Videojuegos, consumo y educación. *Revista Teoría de la Educación*, **9**(3):11-28.
- FRANCO TABOADA, J.A. 2008. Jano Bifronte. Impregnación y mestizaje en el área de la expresión gráfica arquitectónica. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE EXPRESIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA, 12, Madrid, 2008. *Actas...* Madrid, p. 317-324.
- GARCÍA DOMÍNGUEZ, M.; LORENZO, G.M.; RIVERO, J.P.S.; BERMÚDEZ, J.P.; BENÍTEZ, F.S. 2002. Sistema de apoyo al dibujo para impartir docencia. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA, 14, Santander, 2002. *Actas...* Santander. Disponible en: <http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/271.pdf>. Acceso el: 14/06/2012.
- GARMENDIA, M.; ALBISUA, J.; GALARRAGA, R. 2001. Influencia de la integración de un sistema multimedia en la mejora de la docencia en expresión gráfica. In: CONGRESO INTERNACIONAL INGENIERÍA GRÁFICA, 13, Badajoz, 2001. *Actas...* Badajoz, p. 101-110.
- GAVIN, L. 2001. Online Learning in Multi-User Environments. In: M. STELLINGWERFF; J. VERBEKE (eds.), *ACCOLADE – Architecture, Collaboration, Design*. Delft, Delft University Press (DUP Science), p. 59-64.
- GILSTER, P. 1997. *Digital Literacy*. New York, Wiley Computer Publishing, 154 p.
- GIMÉNEZ, L.L.; NOCITO, G.; REDONDO, E.; REGOT, J. 2009. Proacción frente a reacción: datos, notas y algunas ideas sobre el futuro de nuestras disciplinas y la incidencia en ellas del nuevo bachillerato. In: CONGRESO INTERNACIONAL EGA, 13, Valencia, 2010. *Actas...* Valencia, Ed. UPV, p. 339-340.
- INOUE, H.; NAITO, E.; KOSHIZUKA, M. 1997. Mediacy: What it is? Where to go? *International Information & Library Review* **29**(3-4):403-413. <http://dx.doi.org/10.1006/iilr.1997.0059>
- MARSH, H.W.; ROCHE, L. 1970. SEEQ Students' Evaluation of Educational Quality: Multiple Dimensions of University Teacher Self-concept. *Instructional Science*, **8**(5):439-469.
- MARTÍN-GUTIÉRREZ, J.; SAORÍN, J.L.; MARTÍN-DORTA, N.; CONTERO, M. 2009. Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, **25**(6):1194-1204.
- OTXOTORENA, J.M. 2007. Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea: impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos. *Revista EGA*, **12**:60-73.
- POOL, C.R. 1997. A New Digital Literacy: A Conversation with Paul Gilster. *Educational Leadership*, **55**(3):6-11.
- PREMSKY, M. 2001a. Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, **9**(5):1-5.
- PREMSKY, M. 2001b. *Digital Game-Based Learning*. New York, McGraw-Hill, 464 p.

- QAQISH, R.K. 2001. Exploiting Tools of Evaluation to Improve CAAD Teaching Methods: A Case Study of Inter & Intra ECTM Model. *Proceedings of the Ninth International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, p. 215-230.
- REDONDO, E.; SANTANA, G. 2010. Metodologías docentes basadas en interfaces táctiles para la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos. *Arquiteturarevista*, **6**:90-105.
- REDONDO, E. 2010a. Un caso de estudio de investigación aplicada: la recuperación de la trama viaria del barrio judío de Girona mediante realidad aumentada. *Revista EGA*, **16**:70-81.
- REDONDO, E. 2010b. Dibujo digital: hacia una nueva metodología docente para el dibujo arquitectónico. *Pixel-Bit*, **39**:91-104.
- SANTANA, G.; SOLER, M.; CADENATO, A. 2009. ATENEA nos puede ayudar a adaptar una asignatura al EEES (mesa redonda). Barcelona, ICE, Universitat Politècnica de Catalunya. "Ejemplo de aplicación de docencia semipresencial, en una asignatura troncal (GD II), de la ETSAB". Disponible en: <http://www.upc.edu/atenea/difusio/dia-atenea-09/programa-atenea-09>.
- SAORÍN, J. 2006. *Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales*. Valencia, España. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 243 p.
- SAORÍN, J.L.; MARTÍN GUTIERREZ, J; MARTÍN DORTA, N.; CONTERO, M. 2008. La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA. Ingeniería e Industria*, **84**(9):721-732.
- SOLANA, E. 2007. La utilidad frente al operador en la Expresión Gráfica Arquitectónica. *Revista EGA*, **12**:74-81.
- STAKE, R.E. 1981. Case Study Methodology: An Epistemological Advocacy. In: W.W. WELSH (ed.), *Case Study Methodology in Educational Evaluation: Proceedings of the 1981 Minnesota Evaluation Conference*. Minneapolis, Minnesota Research Evaluation Center, p. 31-40.

Submitido: 08/02/2012

Aceito: 23/03/2012

### Ernest Redondo

Universidad Politécnica de Cataluña  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona  
Avda. Diagonal, 649, 2  
CP08028, Barcelona, España

### David Fonseca

Universidad Ramon Llull  
Depto. de Arquitectura. Ingeniería y Arquitectura La Salle  
Calle Quatre Camins 2, CP 08031  
Barcelona, España

### Lluís Giménez

Universidad Politécnica de Cataluña  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona  
Avda. Diagonal, 649, 2  
CP08028, Barcelona, España

### Galdric Santana

Universidad Politécnica de Cataluña  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona  
Avda. Diagonal, 649, 2  
CP08028, Barcelona, España

### Isidro Navarro

Universidad Politécnica de Cataluña  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona  
Avda. Diagonal, 649, 2  
CP08028, Barcelona, España