

# ***Metodologías docentes basadas en interfaces táctiles para la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos***

***Teaching methodologies based on touch interfaces for the teaching of drawing and architectural projects***

**Ernest Redondo Domínguez**

ernesto.redondo@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña. Depto. de Expresión Gráfica Arquitectónica I  
ETSAB, Avda Diagonal 649, 2. CP 08028 Barcelona, España

**Galdric Santana Roma**

galdric.santana@upc.edu

Universidad Politécnica de Cataluña. Depto. de Expresión Gráfica Arquitectónica I  
ETSAB, Avda Diagonal 649, 2. CP 08028 Barcelona, España

---

## **Resumen**

El objetivo de esta investigación es plantear una nueva forma de docencia del dibujo a mano alzada en base a dispositivos táctiles, tablet-pc's, aplicada a la enseñanza del dibujo y los proyectos de arquitectura. Para ello hemos ensayado esta nueva metodología en forma de estudio de casos. En base a esta experiencia, hemos obtenido resultados que demuestran la viabilidad y eficacia de nuestra propuesta, que ha permitido aumentar el rendimiento académico de los alumnos. Mediante un dibujo híbrido exploramos nuevas posibilidades del dibujo de concepción y de comunicación arquitectónica, a la vez que unimos la intuición y expresividad del dibujo a mano alzada con la precisión del CAD y la visibilidad de los modelos 3D. En este trabajo describimos los resultados de dos estudios de caso que estamos llevando a cabo gracias a una ayuda institucional junto con otros dos proyectos en proceso que, por el momento, se encuentran en una primera fase de definición, pero que ya empiezan a denotar conclusiones importantes. Casos y proyectos que cubren todo el espectro académico, desde la formación gráfica básica del alumno de los primeros cursos, pasando por la enseñanza de los proyectos de fin de carrera, llegando incluso a la investigación de postgrado. En base a todo ello estamos explorando nuevas metodologías pedagógicas, a la vez que demostramos la utilidad e intencionalidad del dibujo digital en el campo arquitectónico.

**Palabras clave:** tecnología educativa, enseñanza multimedia, diseño arquitectónico, dibujo a mano alzada, Sketch Based Interface and Modeling.

## **Abstract**

The objective of this paper is to propose a new way of teaching freehand drawing based on touch devices, tablet-pc's, applied to the teaching of drawing and architecture projects. We have tested this new methodology in case studies. Based on this experience, we have obtained results that demonstrate the feasibility and effectiveness of our proposal, which has helped increase students' academic performance. When making hybrid drawings, we explore new possibilities of communication design and architecture, while uniting the intuition and expressiveness of hand drawing with the precision of CAD and the visibility of 3D models. The article discusses the results of two case studies that are being conducted through an institutional support along with two other projects in process which, at present, are at an early stage of definition, but are beginning to denote important findings. These cases and projects cover the entire academic spectrum, from basic graphic training of first-year students, the teaching of final year projects to graduate research projects. Based on all of this we are exploring new teaching methods, while demonstrating the usefulness and intention of the digital drawing in architecture.

**Key words:** educational technology, multimedia learning, architectural design, freehand drawing, Sketch Based Interface and Modeling.

---

## Introducción

El dibujo a mano alzada es una de las habilidades que todo arquitecto, en buena medida, ha de poseer, pues con ella plasma las ideas y reflexiona sobre sus proyectos, toma notas y se comunica con los colaboradores. Estas aptitudes, hasta hace poco detectadas y potenciadas en la enseñanza secundaria, han casi desaparecido del sistema educativo español, que agrupa a todos los aspirantes a arquitecto en la misma línea Científico-Técnica que los ingenieros, sin opción alguna a recibir formación en Dibujo Artístico ni Historia del Arte, pilares fundamentales de la formación humanista de los futuros arquitectos (Giménez *et al.*, 2010). En consecuencia todas estas habilidades los estudiantes las han de adquirir en la Universidad. Alumnos que por otra parte y merced al Plan Escuela 2.0 del Gobierno de España, si que habrán recibido formación en el manejo de la informática a distintos niveles, siendo por edad, nativos digitales (Premsky, 2001); además de ser usuarios habituales de las pizarras digitales interactivas, PDI, de los ordenadores personales y de Internet.

Para mejorar los resultados académicos de nuestros alumnos, ante estas carencias y con estas habilidades, se impone pues optimizar mucho los procesos docentes en el adiestramiento gráfico, a la vez que se explota la afinidad de los mismos hacia el medio digital. Una vía de aproximación en esa línea de trabajo es el uso de las metodologías SBIM, *Sketch Based Interface and Modeling*, en pleno desarrollo en el campo de la ingeniería y en concreto en diseño asistido por ordenador vinculado con la manufacturación, CAD-CAM, pero no tanto en el de la Arquitectura.

Nuestro propósito es evaluar como se pueden adaptar estas metodologías a la docencia del dibujo a mano alzada y a la de los proyectos de Arquitectura y ensayar su integración en los procesos de diseño edilicio, con el objetivo de mejorar el rendimiento de nuestros estudiantes y que de ellos trascienda al entorno profesional, al mismo tiempo que se buscan alternativas a las metodologías docentes aplicadas hasta al fecha.

Para ello planteamos dos estudios de caso que estamos llevando a cabo en la ETSAB-UPC mediante una ayuda institucional, así como dos proyectos en proceso que por el momento se encuentran en una primera fase de definición, pero que ya empiezan a denotar conclusiones importantes. En la medida que podamos explorar nuevas metodologías pedagógicas y sintetizar procesos poniendo en evidencia la utilidad e intencionalidad de los mismos en el quehacer arquitectónico, habremos avanzado y aportado conocimiento a nuestras competencias docentes.

En este sentido se busca, en la motivación que el medio digital tiene entre los alumnos y la experiencia de los docentes del área de conocimiento en las clases gráficas magistrales, vehiculado todo ello en estas tecnologías, el lugar de encuentro donde por un lado se potencie la sensibilidad e intuición propia del dibujo en general con la versatilidad del digital, en combinación con el rigor del diseño asistido por ordenador, en un entorno interactivo en el que participen docentes y alumnos.

Para ello proponemos el uso de los *tablet-pc's* y con ellos explorar nuevas aproximaciones a las metodologías SBIM, que más se adapten al quehacer de los arquitectos; lo que podemos definir como dibujo digital arquitectónico a mano alzada, en plena sintonía con los objetivos de propiciar el debate académico de la editorial, centrándonos en la tecnología digital aplicada a la enseñanza de la Arquitectura.

El artículo consta pues de cinco secciones. La primera es esta introducción a la situación a tratar y la solución adoptada. En segundo lugar, se hace una breve descripción de la tecnología SBIM existente y de la empleada en los dispositivos *tablet-pc's*. En la tercera se detalla la metodología empleada en este trabajo concretada en dos estudios de casos, uno a nivel de formación gráfica básica del alumno de los primeros cursos y el segundo en el uso del dibujo a mano alzada para la ideación arquitectónica en el proceso del proyecto final de carrera. Cada estudio de caso se subdivide a su vez en objetivos particulares, metodología empleada, equipos y programas y una evaluación de los resultados.

En la cuarta sección se describen los proyectos en proceso y el trabajo futuro. En la última sección se exponen las conclusiones obtenidas hasta la fecha en el uso de los sistemas SBIM y los *tablet-pc's*, en la interacción alumno-docente, en la docencia presencial y semi-presencial de dibujo y proyectos arquitectónicos, en pleno proceso de adaptación del grado universitario de Arquitectura al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior), conclusiones que demuestran la eficacia y la mejora notable del rendimiento académico de nuestros alumnos.

## **Base teórica: SBIM y tablet-PC's**

Los dispositivos táctiles y los interfaces que emulan el dibujo a mano alzada o los trazos caligráficos, en combinación con la imagen digital se encuentran en plena efervescencia; el Ipad® es una buena muestra de ello, como también lo son las pizarras digitales interactivas que cada vez más abundan en las escuelas primarias. Por todo ello consideramos que estamos en un momento clave de la evolución de las prácticas docentes y de la enseñanza de la Arquitectura, en particular, lugar donde el dibujo a mano alzada ha ocupado y seguirá estando en la base de todos los procesos creativos y formativos. Ante este nuevo entorno tecnológico, consideramos que es preciso establecer unas bases de discusión claras para poder adaptarse a él adecuadamente.

## ***Los bocetos arquitectónicos digitales frente al Sketch Based Interfacea and Modeling (SBIM)***

El estado de la cuestión del uso del SBIM en el entorno arquitectónico, en base a nuestras experiencias en diversos procesos de intervención y diseño sobre modelos urbanos, lo hemos documentado en diferentes trabajos (Redondo, 2008, 2009); no obstante la vertiginosa evolución de los acontecimientos hace que año tras año surjan nuevas propuestas e investigaciones.

Por todo ello consideramos que hay mucho camino por andar sobre todo en la línea de conseguir la plena integración del trazo del boceto en el modelo vectorial. Un buen ejemplo de los últimos avances es el

proyecto EsQUIsE (Leclercq y Guéna, 2004), que resuelve el tema en un entorno multi-agente colaborativo, en el que, tras realizar los bocetos digitales en diferentes dispositivos táctiles, unos operadores introducen los datos en un sistema CAD. En el campo de la ingeniería destacaríamos el proyecto ILoveSketch de la Universidad de Toronto (Soek-Hyung y Balakrishn, 2008); solucionan de forma brillante este problema, generando modelos tridimensionales a base de curvas *splines* que definen sus contornos aparentes y que, una vez completados, son exportados directamente a un sistema de modelado 3D. Como se ve, existe una primera diferencia clara; en el primer caso, los trazos y líneas son polisémicos y necesitan de un intérprete que traduzca lo que representan. En el segundo caso, eso no ocurre, pues se utiliza un lenguaje y un sistema gráfico más unívoco. En el SBIM domina el sistema de representación isométrico como se puede apreciar en el proyecto REFER, por citar uno de nuestro entorno desarrollado en la Universidad Jaume I de Castellón en el ámbito del dibujo técnico de Ingeniería (Company *et al.*, 2009).

En nuestro caso la propuesta inicial de SBIM para arquitectos, lo es en tanto que la realización de los primeros bocetos y estudios son llevados a cabo íntegramente en un entorno digital con ayuda de un dispositivo *pen based* táctil, es decir, un ordenador en el que los datos se introducen dibujando con un punzón trazos sobre la pantalla. Por el momento es la opción más accesible y por la que se decantan plataformas y paquetes de diseño arquitectónico integrado, como el de Autodesk®, que incorpora el SketchBookPro® a su aplicación Revit®; y también lo hace Allplan® con el Allplan Sketch®. Esto unido al desarrollo de *tablets-pc's* con prestaciones gráficas muy altas, sensibles a la presión y alto rango dinámico-cromático, hace del boceto digital una experiencia única, pero sin perder de vista que se superpone información pero no se sincronizan los datos.

Por otro lado, los antecedentes de estrategias pedagógicas en las que se usen *tablet-pc's* las conocemos por los trabajos publicados por Mock (2004), Anderson *et al.* (2004); y en el entorno arquitectónico por su uso esporádico en el proyecto EsquiSe antes citado, en el *Electronic Cocktail Napkin* de Gross (1996). Son los primeros trabajos en lo que se usan caracteres o símbolos de gran utilidad en la docencia de las Matemáticas, Física, Química, etc. En el segundo caso, son estudios que se basan en equipos altamente experimentales o de diseño colaborativo no aplicables a la docencia ordinaria de nuestras facultades. Lo más parecido lo encontramos en los trabajos de Lladós y Sánchez (1998); del Centro de Visión por Ordenador de la UAB, en los que se consigue la interpretación automática y muy ajustada de registros gráficos propios de la arquitectura, realizados a mano alzada y su posterior conversión en ficheros vectoriales y los de Dorta (2006); aunque precisen de equipos complejos.

Nuestra aportación concreta es el traslado de estas tecnologías a la enseñanza del Dibujo Arquitectónico en un curso de tercer semestre y a un Aula de Proyecto Final de Carrera del décimo semestre de la titulación de Arquitectura en la ETSAB-UPC, materias ambas del nuevo grado en Arquitectura según el EEES. Estamos así mismo trabajando en la ampliación de estas experiencias en los estudios de postgrado.

## **Los *tablet-pc's***

El primero en proponer este tipo de herramientas fue Kay (2001); cuando creó el primer ordenador portátil usando un lápiz para introducir los datos, se llamaba el Dynabook (Sutherland, 1963); por su parte, propuso el Sketchpad como una aplicación de dibujo manejada desde un enorme ordenador y donde los datos se introducían con un puntero apuntador, decantándose la tecnología gráfica con posterioridad hacia el uso del

ratón y el teclado como dispositivos de entrada de datos, motivo por el cual el desarrollo de los *tablets* táctiles se ralentiza hasta que Hurst (1985) publica un artículo donde define los nuevos estándares de este producto. Wellner (1993) publicó un trabajo donde presentaba, en un desarrollo para Rank Xerox, el concepto de papel digital, es decir, como incorporar los registros gráficos tradicionales al entorno del ordenador, pero hay que esperar hasta el año 1997, fecha en la que se presentó la primera patente USA de un dispositivo gráfico integrado por una pantalla táctil merced a los trabajos de Hansen y Kragh (1997).

El gran salto cualitativo, no obstante, lo impulsa Bill Gates, quien ya los anunció en su libro *Camino al futuro*, apostando desde Microsoft® fuerte por ellos; de hecho los *tablet-pc's* actuales surgieron de su proyecto Origami el año 2002, tras varios intentos fallidos, con la voluntad de crear un ordenador portátil muy intuitivo a medio camino entre el portátil y la PDA, que funcionase con baterías, como un cuaderno y con pantalla táctil de bajo peso y coste, lo que se conoce como Ultra Móvil PC (UMPC), cuya última versión se presentó en 2007 en colaboración con Samsung.

En paralelo, diferentes fabricantes como Hewlett Packard®, Toshiba®, Dell® y Lenovo® han ido evolucionando la idea inicial combinando un ordenador portátil convencional con una pantalla táctil reorientable a la que recientemente se le han añadido la tecnología LED, las opciones multi-táctiles unidas a la sensibilidad a la presión de las Wacom®, aunque por el camino también han aparecido otros dispositivos táctiles desprovistos de teclado, las *slates*, pizarras, como la Fujitsu Stylistic® o las de Xplore®, una evolución de las cuales es la recién presentada Ipad de Apple® cuya tecnología capacitiva no las hace sensibles a la presión.

Nuestro objetivo es demostrar la utilidad y ventajas de estos dispositivos en la docencia del dibujo y los proyectos arquitectónicos en la medida que permiten recuperar notablemente la expresión de trazo, el dibujo sugerente, el apunte-croquis en clave digital y combinar esta información con otras aplicaciones de CAD y modelado 3D.

## **Estudio de casos**

A continuación describimos dos estudios de caso de integración de estas metodologías a la docencia del dibujo y los proyectos de Arquitectura. La metodología empleada es la habitual en la evaluación educativa desde que Stake (1981) la implementó. En nuestro trabajo, los casos se centran en dos grupos de alumnos concretos sobre los que hemos ensayado sendas propuestas docentes de forma estructurada buscando una valoración cuantitativa y cualitativa de los resultados a partes iguales.

### ***Caso I. La docencia del Dibujo Arquitectónico. Procesos gráficos desarrollados en el aula y la consulta de los mismos por parte de los alumnos vía web***



Figura 1. Secuencia de elaboración de un boceto digital correspondiente a un proyecto arquitectónico en una clase de dibujo arquitectónico. Dibujo III, en la ETSAB-UPC.

Figure 1. Sequence of the development of a digital sketch for an architectural project during a course on architectural drawing. Architectural Drawing III, ETSAB-UPC.

La docencia de Dibujo Arquitectónico usando un *tablet-pc* es una experiencia no documentada pero que se puede considerar obvia si se entiende la tecnología gráfica subyacente y la tradición. En este caso se va un paso más adelante y en vez de generar diagramas o esquemas organizativos simbólicos sobre una presentación o entorno gráfico, que es lo que hasta ahora se ha publicado, se generan representaciones más realistas y figurativas explotando al máximo las prestaciones de los nuevos *tablet-pc's* con pantallas Wacom®, en las que se describe paso a paso el proceso del realización de un boceto arquitectónico con un rango de matices cromáticos muy alto, similar al del dibujo con lápiz de color.

Tampoco es esto una novedad, si se conocen las posibilidades de los programas de dibujo digital, tales como Corel Painter®, Art Rage®, etc., pero no está documentada su aplicabilidad a la docencia universitaria. A nosotros lo que nos interesa evaluar es la metodología docente que más se adapta a estos medios. Se trata pues de realizar un dibujo paso a paso ante los alumnos, un dibujo correspondiente a un trabajo docente típico en la formación de todo arquitecto, p.e., la representación de un espacio imaginario, en perspectiva cónica, sugiriendo su apariencia, proporciones, materiales, texturas y ambiente.

Nuestra metodología consiste en realizar estos dibujos con ayuda del *tablet-pc* frente los alumnos y de forma secuenciada, explicando de viva voz los conceptos a retener que se anotan al margen de los dibujos, tras lo cual se cuelgan en formato pdf en el entorno Moodle-Atenea del centro, para que ellos, desde su domicilio, puedan rehacer el proceso aplicándolo a un trabajo equivalente en enunciado pero diferente en su encuadre y que llevan a cabo como docencia no presencial. Nos estamos refiriendo a un curso de Dibujo III

de 1 semestre de duración durante el segundo año del grado de Arquitectura, en el que cada grupo consta de 25 alumnos. El curso se programa en 14 clases teóricas de una hora y en 70 horas de prácticas en el aula, repartidas en dos sesiones semanales de tres horas cada una, más 35 horas de docencia no presencial, dedicadas estas a trabajos tutelados que los alumnos re-envían al profesor para su corrección, fotografiados vía Internet. Una selección de los resultados de los trabajos llevados a cabo los últimos años en esta asignatura en los diferentes grupos, así como algunos ejemplos de dibujos digitales se han recogido en la publicación Bosch *et al.* (2010).

La primera valoración del proceso desarrollado la ponderaremos por el número de consultas realizadas a este propósito en Atenea y las veces que han descargado la información. De la consulta de los datos que nos ha facilitado el gestor del servicio, durante el curso se ve como cada uno de los alumnos ha consultado como mínimo una vez la información desde su casa tras su publicación, durante periodos que oscilan entre los 30 minutos y una hora; es decir la tienen frente a ellos en la pantalla de su ordenador, mientras realizan el ejercicio. En concreto el proceso nº 31, que se ilustra en la Figura 1, lo fue 73 veces durante los días siguientes a su edición. Este dato inicial denota el interés de los alumnos en estas metodologías, pues todos ellos, el 100%, usan estos recursos repetidamente.

La segunda valoración la hacemos a la vista del rango de notas obtenidas por los alumnos en el curso experimental. Al final de cuatrimestre este es algo superior a los de un curso ordinario de la misma asignatura. El porcentaje de alumnos en conjunto que ha superado el curso es similar, el 77%, al de los otros cursos de referencia, 2006/07, 2007/08, 2008/09 pero en cambio es muy superior el número de aprobados estrictamente, el 72,2% frente a valores que oscilan entre el 50% y el 68%. En el caso del curso experimental, el número total de alumnos que no superan el curso es similar a los otros, del orden del, 22,22%. La diferencia fundamental está en los alumnos que obtienen notas superiores al notable, que el curso estudiado son el 9%, aprox. frente a valores del 16% en otros cursos. La explicación de esta diferencia hay que buscarla en el hecho que es un grupo de repetidores de primer curso, lo cual indica que su rendimiento previo era menor igualándose con el resto tras este curso (Figura 2).

**DIBUJO III ETSAB % Calificaciones**

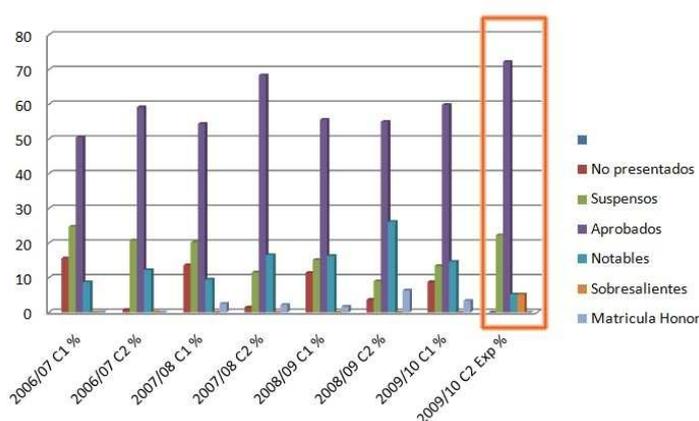


Figura 2. Gráfica comparativa de las calificaciones medias en la misma asignatura a lo largo de los últimos años en comparación con la del curso experimental remarcada en rojo.

Figure 2. Comparative graph of the mean scores in the same subject over recent years, compared with the experimental course highlighted in red.

Para finalizar la valoración de la experiencia docente en su conjunto la hemos llevado a cabo en base a un cuestionario que contenía preguntas relativas al grado de satisfacción del sistema, a la utilidad del mismo, la valoración global y sobre todo si el método ayuda al alumno a superar la asignatura y a mejorar las competencias y habilidades con el dibujo a mano alzada aplicado al análisis, descripción y recreación de ambientes arquitectónicos. Las respuestas de los alumnos a las diferentes preguntas se puede observar en los gráficos adjuntos. También se dejó un espacio para que se hicieran comentarios libres (Figura 3.).

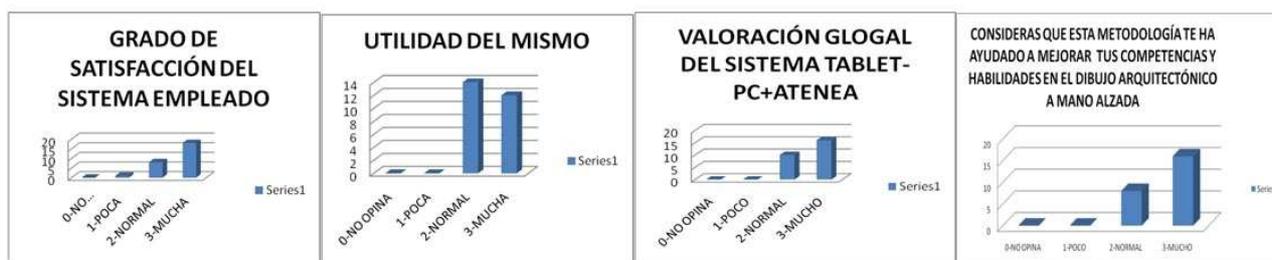


Figura 3. Gráficas explicativas de las respuestas recogidas en las diferentes preguntas del cuestionario.  
Figure 3. Explanatory charts of the answers to different questions in the questionnaire.

## **Caso II. La docencia de los proyectos arquitectónicos. Comentarios y correcciones conjuntas e interactivas de los trabajos de los alumnos usando un tablet-pc**

El objetivo fundamental del experimento era acortar al máximo los periodos de desarrollo inicial del proyecto arquitectónico, de manera que las correcciones del profesor y las presentaciones del alumno, todas ellas públicas, fueran mucho más ágiles y propiciasen la participación del resto del grupo.

La metodología consistió en que cada semana, durante dos sesiones de tres horas, los alumnos del Aula del Proyecto Final de Carrera aportaban su ideas y bocetos en forma de imágenes jpg de sus dibujos CAD, que eran corregidos y comentados por parte de todos, usando el *tablet-pc* del docente que proyectaba sus imágenes mediante un cañón, procediendo a registrar los comentarios en forma de anotaciones y dibujos sobre el mismo soporte, que luego recuperaban los alumnos, que también participaban en la corrección conjunta dibujando sobre el mismo dispositivo, hecho que denota la alta usabilidad de los mismos. En este caso se usó el programa de dibujo digital SketchbookPro® de Autodesk® cuyas capacidades gráficas se han mostrado en el caso de estudio anterior, aunque dado que aquí se trabajaban mas los conceptos arquitectónicos que los propiamente gráficos, hubiera sido mejor usar una pizarra digital y programas de diagramación simple, pues no se requería generar dibujos tan realistas como en el caso anterior. El recurso al *tablet-pc* en el aula fue por carecer de los otros medios.

Este mismo proceso se realizaba a título individual durante los otros días, usando el correo electrónico como medio de transmisión. En esta ocasión el docente con ayuda de un *tablet-pc* procedía a realizar los oportunos comentarios sobre el material gráfico del alumno, devolviéndoselo por la misma vía, pero, para facilitar la comunicación, se usaba una aplicación que trabajaba directamente sobre ficheros pdf, de Bluebeam®, que permite realizar anotaciones gráficas a color y sobre todo escritas, fácilmente editables y en ficheros de tamaños muy compactos, optimizados para su transmisión electrónica.

La valoración global del estudio de caso no la hemos realizado en este caso mediante encuestas debido a que el número de alumnos era muy reducido, pero si que la podemos realizar analizando los resultados académicos del grupo. Destacaremos en primer lugar la eficacia y agilidad del método. Los dibujos y comentarios digitales permiten acortar mucho los estadios preliminares de discusión y luego el afinar los proyectos, a la vez que las anotaciones y pequeños dibujos al margen permiten retener y fijar mejor los conceptos. De los diez alumnos que realizaron este curso piloto, los diez superaron el Proyecto Final de Carrera y en un periodo de tiempo la mitad que el otro grupo, que siguiendo la metodología tradicional, tras dos semestres de trabajo, en vez de uno, solo optaron por presentarse a la prueba 6, de los 20 alumnos que lo componían, de los cuales tan sólo 4 superaron la prueba ante el mismo tribunal.

Ante estos éxitos, la UPC, en sendos acuerdos del Consejo de Gobierno de este año, ha concedido a los autores, dentro del Programa de Impulso de Líneas Estratégicas, una ayuda de 10.000 y, dentro del Programa de Innovación Docente, otra de 9000 euros, para equipar dos aulas con cuatro cañones de proyección interconectados a un mismo ordenador, uno de los cuales será para una pizarra interactiva Smart Board 690® de 94", de manera que sea posible visionar diferentes vistas de un mismo proyecto simultáneamente, y en una de ellas, que se trasladaría a la pizarra digital mediante el escritorio extendido Windows®, o en las otras con ayuda de un *tablet-pc*, docente y alumnos podrán realizar anotaciones y bocetos analíticos, que recuperarán más tarde, mientras son grabados por sendas cámaras de video y equipo de megafonía para su posterior visionado fuera del horario lectivo o la docencia *on line*. Esta es la mejor valoración posible de estos estudios de caso (Figura 4).

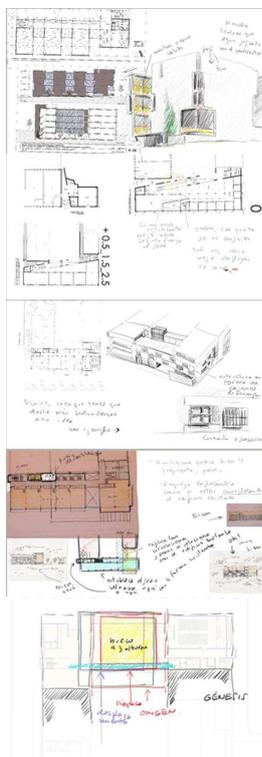


Figura 4. Diferentes bocetos resultantes de la interacción docente-alumno en las correcciones del Aula del Proyecto final de Carrera en la ETSAB usando un *tablet-pc* tanto en periodo lectivo como en el no presencial.  
Figure 4. Different sketches resulting from teacher-student interaction in the corrections of the Final Project Workshop in ETSAB using a *tablet-pc* both during presential professor courses and on-line courses.

## Trabajo futuro, proyectos en proceso

Nuestro futuro trabajo consiste en avanzar en la implementación de estas metodologías pero avanzando en vías menos propedéuticas y más experimentales. En esta línea, estamos desarrollando dos Proyectos de investigación que se encuentran en estos momentos en pleno proceso de desarrollo.

### **Proyecto en proceso I. Los procesos generativos de formas y espacios arquitectónicos basados en bocetos digitales. Un ensayo de definición de un posible interface SBIM-arquitectónico y una prueba de educación visual para docentes de dibujo**

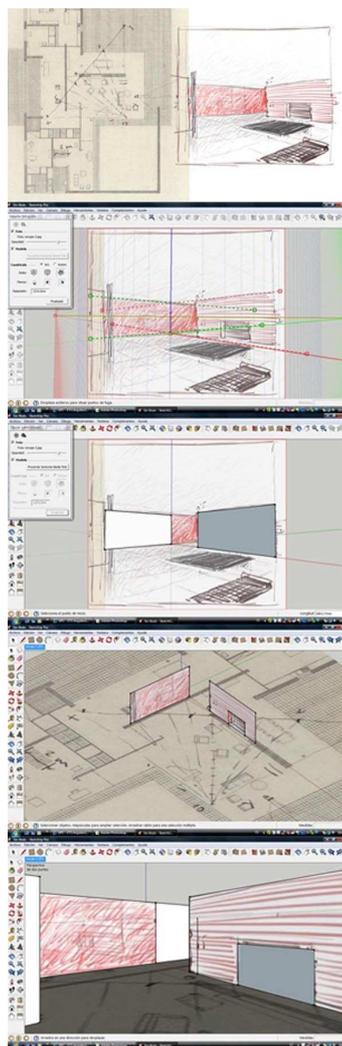
Este estudio tiene como objetivo evaluar las posibles estrategias de generación formal usando SBIM en sentido estricto aplicadas al campo arquitectónico, es decir, generando formas tridimensionales parametrizables a partir de trazos a mano alzada sobre un dispositivo táctil, pero adaptado a las metodologías arquitectónicas. Hasta ahora todos los ensayos documentados se han fundamentado en definir una serie de restricciones isométricas como entorno de modelado. Este es el caso de IloveSketch y REFER, antes citados. Otros, como el *Electronic Cocktail Napkin* ya descrito, usan de una serie de trazos-gestos predefinidos, de manera que, a partir de un esquema de distribución arquitectónica en planta, cuya tercera dimensión es implícita, se puede pasar a un modelo tridimensional simple y, mediante gestos que invocan de una base de datos formas o modelos similares, un sistema altamente sofisticado y de poca aplicabilidad a la docencia ordinaria, solo apto para grandes firmas arquitectónicas.

En el primer caso, la metodología de proyecto es, por decirlo, escultórica, configurando espacios en negativo, en la definición de Ashihara (1992); de fuera a dentro, por extracción de partes de un volumen inicial, modelando como resultado final un modelo 3D del cual se obtendrán las vistas o proyecciones ortogonales y se exportará a un programa de CAD-CAM; para ello, la aplicación informática sobre la que se traza el boceto resuelve las ambigüedades del sistema de proyección e identifica gestos y trazos como órdenes concretas.

Nuestra propuesta es conceptualmente inversa; se parte del diseño desde dentro del espacio arquitectónico, lo que se denomina espacio positivo, siguiendo el referente anterior, por adición de límites, tras una primera definición de un esquema organizativo del programa utilitario a resolver, en lo que entendemos que es una estrategia más habitual de diseño arquitectónico. El boceto a mano alzada es un extraordinario sugeridor de ambientes y con él se representan tanto vistas como esquemas. Lo que proponemos es corroborar las proporciones y escala de los mismos en un modelador 3D.

La metodología empleada en nuestro caso es *low cost*, absolutamente aplicable en cualquier entorno educativo y consiste en que, tras generar una construcción en perspectiva cónica tradicional mediante un *tablet-pc* y un programa de dibujo digital a mano alzada, el resultado es trasladado a un módulo de restitución de SketchUp®, el Photomatch® pensado para modelar sobre fotografías digitales. Valiéndonos de sus opciones y usando como imagen de referencia el boceto perspectivo, definimos la geometría de los

planos básicos del espacio representado, generando automáticamente las superficies envolventes que se restituyen a la vez en su posición real sobre el modelo 3D (Figura 5).



*Figura 5. Secuencia del dibujo digital del boceto de un espacio arquitectónico y su traslado a un modelo 3d, usando el módulo Photomatch-SketchUp sobre un tablet-pc, como prueba de educación visual.*  
*Figure 5. Sequence of digital drawing sketches for an architectural space and its transfer to a 3D model, using the Photomatch-SketchUp module on a tablet-pc, as evidence of visual education.*

La evaluación que hacemos de este experimento educativo, de momento a nivel de proyecto, está pendiente de ser repetida por parte de diferentes usuarios y de establecer un marco de evaluación estadístico. Por el momento hemos pedido a 6 docentes de dibujo arquitectónico de la ETSAB que realicen este experimento y el resultado ha sido que sólo uno ha conseguido afinar su boceto lo suficiente. Lógicamente la muestra de población estudiada es muy baja como para deducir resultados extrapolables, pero debería ser un reto al que enfrentarse todo aquel que aspirase a ser docente universitario de dibujo arquitectónico. También hay que declarar que todos los docentes han dicho que la prueba era muy difícil.

La principal conclusión obtenida hasta la fecha es que este ensayo es muy válido como método de adiestramiento perceptivo además de potente y ágil y se desarrolla íntegramente en un entorno digital, pero también se deduce que los métodos generativos basados en la tecnología SBIM sirven si se establecen muchas restricciones y se facilita la resolución de ambigüedades gráficas. Esto es casi imposible en el caso

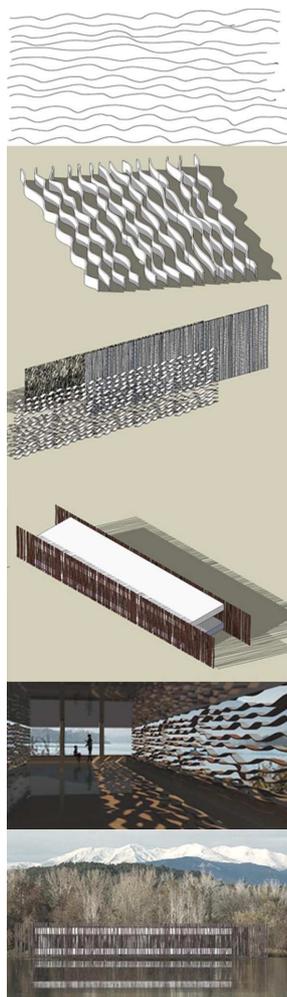
del dibujo en perspectiva cónica salvo que no se introduzca algún tipo de controles y avisos de posicionamiento correcto en el interfase.

## **Proyecto en proceso II. Los procesos generativos de formas arquitectónicas basados en bocetos digitales, SBIM para arquitectos**

Si queremos avanzar un poco más en estas metodologías, ante las dificultades antes descritas, se impone cambiar de estrategia. Nuestro objetivo es buscar ahora ejemplos de máxima aplicabilidad y donde el trazo se convierta en elemento sugeridor de formas arquitectónicas y su representación y sistema de generación, siempre en el medio digital, aporten la máxima intencionalidad al proceso. Supongamos que queremos incorporar a un proyecto formas libres como parte sustancial del mismo, formas que surjan del boceto digital a mano alzada. Para ello a modo de Proyecto hemos desarrollado una demostración o clase magistral que llevamos a cabo cada curso en una de las asignaturas obligatorias que impartimos en la ETSAB, la de Aplicaciones Informáticas de quinto curso. Se trata de ejemplificar ante los futuros arquitectos todas las posibilidades de la informática gráfica actual, desde el CAD pasando por el *rendering*, animación, incluso la realidad aumentada, completándose con las últimas tendencias en diseño, tales como el paramétrico a las que añadimos las metodologías SBIM que ocupan actualmente un lugar destacado. De esta manera, tras haber profundizado sus conocimientos en todos los campos antes descritos, aunque sea a título descriptivo, se incorporan también a la docencia ordinaria los últimos trabajos de investigación. Esta materia en el nuevo grado de Arquitectura pasa a estar en 3er. año y con el doble de carga lectiva.

A modo de ejemplo y aceptando que estrategias de diseño arquitectónico válidas existen muchas, destacaremos dos proyectos donde esta opción caligráfica se convierte en el elemento básico del diseño. El primero es el proyecto del edificio departamental para la universidad Pompeu Fabra de Barcelona, 1996-2007, y la instalación para el pabellón de Italia en 9ª Bienal de Venecia de J. Navarro Baldeweg, y el segundo el proyecto de pabellón en un estanque obra de los arquitectos RCR, en Llagostera, Girona. Ambos son ejemplos de proyectos que sustentan buena parte de su formalización en la estrategia de explotar las formas generadas a partir de trazos o gestos caligráficos. Por motivos de escala y complejidad, tomaremos como tema un proyecto de vivienda que se desarrolla en el segundo año en la ETSAB en un curso simultáneo al de dibujo antes descrito.

La metodología empleada ha consistido en generar los trazos con ayuda de un *tablet-pc* sobre una aplicación de dibujo híbrido, tipo Adobe Illustrator® con la que se dibuja un "garabato" que es realmente un trazado vectorial que se puede exportar a un modelador 3d. En nuestro caso, escogemos SketchUp®. De esta manera la expresividad del gesto, que también se puede afinar y redondear usando los controles de las curvas *splines* en un paso intermedio, llegan al modelo virtual directamente, tras lo cual es fácil generar agrupaciones y variaciones formales de las mismas que se pueden renderizar y evaluar perceptivamente (Figure 6).



*Figura 6. Secuencia generativa de un cerramiento a partir de trazos gestuales que se convierten en elementos superficiales configuradores de un espacio arquitectónico. En este caso son para el proyecto de una vivienda sobre un lago.*

*Figure 6. Generative sequence of an enclosure built from gestural strokes that become surface elements that create an architectural space. In this case it is a housing project on a lake.*

Tras escoger aquella que mejor sugiere, p.e, el entorno lacustre donde se realiza el proyecto, se procede a incorporarla al modelo final y de él obtener vistas más o menos realistas así como generar fotomontajes, explorando como la luz incide en su interior o como se modifica el reflejo del edificio sobre el agua.

En todo el proceso creativo, además de las metodologías antes descritas, se han utilizado diferentes estrategias de dibujo digital, retocando o ambientando las imágenes resultantes mediante la integración de ficheros gráficos en el dispositivo táctil *tablet-pc* en lo que entendemos es una metáfora perfecta del trabajo arquitectónico con todos los medios gráficos disponibles sin perder de vista el papel del dibujo a mano alzada en el entorno digital, el SBIM para arquitectos.

La valoración preliminar del Proyecto II, el cual obviamente está todavía en una fase inicial de implementación de lo que podría ser un futuro taller de postgrado, es, según nuestra experiencia personal, muy favorable a la vista del interés de los alumnos por el tema. También es cierto que esta metodología es tan sólo aplicable a determinados proyectos y por parte de usuarios con destrezas en el dibujo digital, pero estas son fáciles de adquirir por parte de quien ya las tiene en el dibujo tradicional, y merced a la posibilidad del retoque, los amplios rangos cromáticos y a la posibilidad de integrar ficheros de diversos tipos en entornos 3D, una aplicación *Non Photorealistic Render*, NPR, como es el caso de SketchUp®, donde, como

hemos demostrado, se puede pasar del dibujo digital al modelado tridimensional y de él a aplicaciones de mayor realismo gráfico, tenemos el lugar común donde desarrollar y explotar de forma más eficiente las competencias y habilidades de los futuros arquitectos o lo que hemos venido en llamar Dibujo Híbrido.

Por el momento el punto débil del Proyecto es el coste elevado de dispositivos táctiles, el doble que el de un ordenador portátil convencional, al alcance de muy pocos alumnos, pero no dudamos que en breve será posible realizar estos trabajos sobre dispositivos multi-táctiles, con capacidades gráficas y de procesamiento elevadas y bajo coste. Consideramos que las nuevas *slates* que surjan de la competencia a las Ipad® lo harán posible.

## Conclusiones y discusión

Como conclusiones preliminares de nuestro trabajo, a la vista de la experiencia adquirida, tras evaluar los resultados y como se avala en las líneas de trabajo futuro, debemos destacar que:

En el Caso de Estudio 1, C1, ha quedado demostrado que los dispositivos táctiles y las aplicaciones de dibujo digital son un sustituto aceptable de las técnicas tradicionales del dibujo artístico, aptas para la práctica y la docencia del dibujo arquitectónico a mano alzada. Además, que las secuencias gráficas comentadas son una buena plataforma en la docencia de los procesos gráficos, como también, y así se ha demostrado en el Caso 2, C2, que la interacción gráfica sobre el material dibujado de un proyecto arquitectónico es una herramienta extraordinaria de comunicación y facilita mucho el fijar y analizar los conceptos. Tanto en C1 como en C2, a la vista de los resultados obtenidos, ambas estrategias permiten incrementar el rendimiento académico de los estudiantes, en el primer caso bastante y en segundo de forma radical, acortando periodos de aprendizaje y potenciando la creatividad como demuestran los datos estadísticos.

De la experiencia en el Proyecto 1, P1, podemos concluir provisionalmente que las metodologías SBIM adaptadas al entorno arquitectónico se han de basar más en la integración de registros gráficos e información diversa sobre dispositivos táctiles que no en sistemas de dibujo CAD3D-CAM dada la lógica especial de los procesos de diseño arquitectónico. Además hemos constatado que la perspectiva cónica como sistema de proyección dentro de un entorno SBIM no permite el control formal de manera rigurosa como hemos demostrado, aunque como sistema gráfico es muy versátil y práctico para añadir valores expresivos a representaciones CAD. Por otra parte hemos demostrado en el Proyecto 2, P2, que la generación gestual de formas libres tiene grandes potencialidades en el diseño arquitectónico, pero sólo es apta en determinados casos.

En conjunto consideramos que la evolución natural del dibujo arquitectónico a mano alzada a nivel académico será hacia la integración en el medio digital, merced a los nuevos dispositivos *pen based* o *slates*, de bajo coste, dando lugar a un nuevo tipo de representación híbrida en la que se integren diversos registros.

A nivel de investigación docente queda pendiente el completar los diferentes proyectos con muestras de población mayores para acabar de afinar estas conclusiones preliminares, también está pendiente recopilar opiniones de docentes, pero a corto plazo el próximo curso se va a plantear una estrategia complementaria.

En un grupo piloto de las asignaturas de Dibujo arquitectónico y Aplicaciones Informáticas, se propondrá desarrollar toda la docencia, usando tabletas digitalizadoras convencionales de menor coste y por parte del docente el uso de un Ipad®. Poco a poco de esta manera nos aproximaremos al paradigma descrito anteriormente.

No obstante consideramos que esto nos conduce a un nuevo enfoque de toda la docencia del dibujo en el grado de arquitectura diferente a los que se ha utilizado hasta la fecha. A modo de puntos base para una discusión en un debate universitario y a la vista de la atracción que nuestros alumnos sienten hacia el medio digital, su facilidad de aprendizaje en estas tecnologías y su poca aptitud hacia el dibujo tradicional nos atrevemos a pronosticar que la irrupción del modelado tridimensional desde los primeros cursos de la formación de arquitecto o incluso antes, en el bachillerato, merced a los nuevos programas NPR, *Non Photorealistic Render*, programas de modelado 3D sobre objetos sólidos, tipo SketchUp®, intuitivos, fáciles de usar y de bajo coste, será la continuación del rompimiento con los sistemas tradicionales de representación y será la herramienta imprescindible para ahondar en los temas del control de los objetos en el espacio y las formas arquitectónicas.

Las aptitudes para realizar un dibujo tradicional dejaran de ser una necesidad en las áreas técnicas, como ha sido demostrado en las áreas de Ingeniería en donde el Dibujo Técnico se ha reducido a unas pocas licenciaturas. Nuestro reto es desarrollar un SBIM para arquitectos ya que, en el ejercicio profesional, el lápiz tiene actualmente un campo de actuación muy reducido, pues únicamente se emplea en los primeros esbozos de una idea y en las correcciones sobre planos o en las explicaciones para los detalles de la obra, y, por el contrario, el CAD y el diseño paramétrico están en alza. Pensemos en las posibilidades que ha abierto el SBIM en la ingeniería permitiendo pasar directamente del boceto preliminar a la mecanización de la pieza. A corto plazo será posible realizar una anotación a pie de obra sobre un *slate* e integrarla y visualizarla en la base de datos 3D BIM del proyecto (*Building Information Modeling*).

No hay que olvidar la cultura visual y plástica que hay detrás de todo diseño arquitectónico. Esa educación imprescindible debería adquirirse antes de finalizar los estudios, pero no al principio; cuando detrás de cada trazo, gesto o propuesta, el alumno pueda invocar una idea o un concepto arquitectónico, cuando ya esté desinhibido de la presión social por dominar las herramientas informáticas; cuando sea consciente de sus posibilidades y limitaciones y redescubra la expresividad del trazo sugerente. Exigirlo antes y con los tiempos de aprendizaje a los que nos obliga el EEES puede ser una utopía. Pensemos que la Bauhaus, además de otras consideraciones, de hecho actuó como una escuela de postgrado a la que accedían profesionales y artistas para reorientar su formación y de esa fusión de experiencia previa y nuevas propuestas surgió lo mejor.

## Referencias

---

ANDERSON, R.; ANDERSON, R.; SIMON, B.; WOLFMAN, S.A.; VANDEGRIFT, T.; YASUHARA, K. 2004. Experiences with a Tablet PC Based Lecture Presentation System in Computer Science Courses. *Proceedings of SIGCSE '04*, Norfolk, Virginia. <http://dx.doi.org/10.1145/971300.971323>

ASHIHARA, Y. 1992. *El diseño de espacios exteriores*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 250 p.

BOSCH, J.; REDONDO, E.; GARCIA, J.; MASIDES, M. 2010. *Dibuix III: Vuit Mirades Plàstiques*. Barcelona, Ed. ETSAB UPC. Disponible em: <http://hdl.handle.net/2117/7340>. Acceso en: 24/06/2010.

COMPANY, P.; VARLEY, C.; PIQUER, P. VERGARA, M. 2009. Benchmarks for Computer-based Segmentation of Sketches. *In: IAPR INTERNATIONAL WORKSHOP ON GRAPHICS RECOGNITION*, 8, La Rochelle, 2009. *Anais...* La Rochele, University of La Rochelle, p. 103-113.

DORTA, T. 2006. Vers la maîtrise du virtuel à travers le réel: un nouvel usage de l'informatique en design. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FRANCOPHONE D'INTERACTION HOMME-MACHINE*, 18, Montreal, 2006. *Anais...* Montreal, p. 131-138l.

GATES, B. 1995. *Camino al futuro*. Madrid, Ed. McGraw-Hill, 241 p.

GIMENEZ, LL. NOCITO, G. REDONDO, E. REGOT, J. 2010. 13 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, XIII*, Valencia, 2010. Valencia, Ed. U PV, p. 339-340.

GROSS, M.D. 1996. The Electronic Cocktail Napkin: working with diagrams. *Design Studies*, **17**(1):53-70. [http://dx.doi.org/10.1016/0142-694X\(95\)00006-D](http://dx.doi.org/10.1016/0142-694X(95)00006-D)

HANSEN, K.; KRAGH, L. 1997. Integrated touch screen input device, US Patent 5633660.

HURST, S. 1985. A multi-touch three dimensional touch-sensitive tablet. *ACM SIGCHI Bulletin*, **16**:21-25. <http://dx.doi.org/10.1145/1165385.317461>

KAY, A. 2001. User Interface. *In: R. PARKER (ed.), Multimedia from Wagner to Virtual Reality*. Boston, Parker, R(Ed), p. 122-131.

LECLERCQ, P.; GUENA, F. 2004. Project EsQUIsE, Vers un interface multimodale pour une assistance à la conception architecturale. *ACM. International Conference Proceeding Series*, **386**:109-116.

LLADÓS, J.; SÁNCHEZ, G. 1998. A string based method to recognize symbols and structural textures in architectural plans. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin/Heidelberg, Springer, p. 91-103.

MOCK, K. 2004. Teaching with Tablet-Pc's. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, **20**:17-27.

PREMSKY, M. 2001. *Digital Natives, Digital Immigrants*. FMCB University Press. Disponible en: <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>. Acesso en: 20/12/2010.

REDONDO, E. 2009. Intervenciones virtuales en un entorno urbano: La recuperación de la trama viaria del "call", barrio judío de Girona. *ACE: Architecture, City and Environment*, **12**:77-99.

REDONDO, E. 2008. El dibujo híbrido: Explorando los límites del Dibujo Arquitectónico. *In: CONGRESO INTERNACIONAL EGA, XII*, Madrid, 2008. *Actas...* Madrid, Dept. Ideación Gráfica, p. 677-684.

STAKE, R.E. 1981. Case study Metodology: An Epistemological Advocacy. *In: A.W.W. WELSH (ed.), Case study Methodology in Educational Evaluation. Proceedings of the 1981 Minnesota Evaluation Conference*. Minneapolis.

SOEK-HYUNG, B.; BALAKRISHN B. 2008. *I Love Sketch: A Natural as Possible Sketching System for Creating 3d curve models*. Victoria, Canada, UIST. Disponible em: <http://www.dgp.toronto.edu/~shbae/ilovesketch.htmxx>. Acesso en: 20/12/2010.

SUTHERLAND, I. 1963. *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. Technical report. Boston, University of Cambridge, 18 p.

WELLNER, P. 1993. Interacting with paper on the DigitalDesk. *Communications of the ACM*, **36**:87-96. <http://dx.doi.org/10.1145/159544.159630>

Submetido em: 10/08/2010

Aceito em: 29/08/2010