

# Superficies multitáctiles horizontales como soporte educativo

Manuel García-Herranz<sup>†</sup>, Pablo A. Haya<sup>†</sup>, Pablo Llinás<sup>†</sup>,  
Estefanía Martín<sup>‡</sup>, Germán Montoro<sup>†</sup>, Miguel Angel Mora<sup>†\*</sup>

<sup>†</sup>Dept. Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid

C. Fco. Tomás y Valiente,11, Madrid 28039

{Manuel.GarciaHerranz, Pablo.Haya, Pablo.Llinas, German.Montoro, Miguel.Mora}@uam.es

<sup>‡</sup>Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos I, Universidad Rey Juan Carlos

C. Tulipán s/n, Móstoles, Madrid, 28933, Spain

Estefania.Martin@urjc.es

## Resumen

Este artículo propone el empleo de las superficies de interacción horizontal multitáctil como soporte educativo en las aulas para actividades colaborativas. Se presentan las tecnologías necesarias para realizar una implementación hardware como software de este tipo de superficies y se analizan las ventajas que aportan al proceso educativo el uso de la mismas. Desde el punto de vista técnico se exponen dos temas que han de ser resueltos para la expansión de esa tecnología: i) la necesidad de plataformas de desarrollo con soporte para trabajo colaborativo; y ii) el requerimiento de herramientas de autor que faciliten la creación de contenidos y actividades por parte de los profesores. Los ejemplos presentados durante el artículo se basan en aplicaciones educativas generadas a partir de una plataforma de desarrollo para aplicaciones multicontacto creada por los propios autores.

## 1. Motivación

Desde la aparición de las primeras tecnologías educativas en la década de los sesenta [15], las tecnologías de la información se han convertido progresivamente en un medio

necesario en el proceso educativo moderno. En la actualidad, los estudiantes hacen uso de los ordenadores personales como una herramienta de su proceso de aprendizaje gracias a que estos presentan capacidades fuera de alcance de las herramientas tradicionales de enseñanza como son la posibilidad de realizar actividades interactivas, de mostrar contenidos multimedia o de poder consultar la vasta enciclopedia que proporciona la WWW.

Así, no es de extrañar que estos se hayan incorporado al proceso de aprendizaje tanto dentro como fuera de las aulas. Dentro los podemos encontrar en todos los niveles educativos desde infantil [5] hasta el espacio de educación superior, especialmente en la universidad a distancia. Si nos fijamos en la educación no universitaria, un dato significativo del impulso del ordenador personal en las aulas lo encontramos en el número de alumnos por ordenador destinado a la docencia. Desde el curso académico 2002-2003 al 2006-2007 este número se ha dividido por dos, pasando de un promedio nacional de 15.7 a 7.8 [6]. Fuera del aula, en el 2009, el ordenador personal se ha encontrado en el 66.2% de los hogares españoles [7]. Además, progresivamente están comenzando a incorporarse otros tipos de dispositivos móviles que permiten acceder a los contenidos educativos desde cualquier lugar ya sea en directo o en diferido [11, 13].

---

\* autores listados en orden alfabético

Ahora bien, centrándonos en el aula, existen actividades en las que el ordenador personal presenta serias limitaciones precisando soporte tecnológicos alternativos para un desempeño fructífero. Los métodos expositivos de enseñanza requieren concentrar la atención del estudiante en el profesor, y que este último pueda valerse de herramientas que le permitan enfatizar y/o aclarar su explicación. Así, no es de extrañar que el uso de pizarras digitales se esté extendiendo en los centros educativos integrándose como un recurso del aula. Estas pizarras permiten mostrar contenidos multimedia, como un proyector convencional, con la ventaja añadida que el profesor puede manipularlas como una pizarra tradicional y realizar anotaciones que son directamente grabadas sobre el contenido, y accesibles para los estudiantes. Así, la manipulación directa se presenta como una ventaja frente al uso del ratón. Otra desventaja de los ordenadores personales es la dificultad a la hora de realizar actividades colaborativas entre estudiantes. Un ordenador suele tener un único dispositivo de entrada lo que dificulta el empleo simultáneo por varios estudiantes. La alternativa, que sería la colaboración en línea, pierde su sentido cuando la actividad se realiza en el aula. Este problema no lo resuelve completamente una pizarra digital ya que el uso tiende a ser por turno en vez de simultánea.

Se está estudiando la posibilidad de emplear otros dispositivos alternativos a los ordenadores personales y las pizarras digitales. Este artículo, por su parte, propone el empleo de las superficies de interacción horizontal multitáctil como soporte educativo en las aulas para actividades colaborativas.

## 2. Superficies multitáctiles y tecnologías relacionadas

Las superficies multitáctiles ofrecen al usuario una interfaz gráfica de usuario sobre la que pueden interactuar directamente con las manos. El contacto de los dedos con la superficie produce puntos de luz visibles desde el otro lado del panel, y son capturados por

una cámara de vídeo. La cámara envía la imagen a un ordenador que se ocupa de interpretar las acciones del usuario y usarlas como entrada a las aplicaciones mostradas en la superficie. Se completa así el círculo de interacción con superficies multitáctiles.

### 2.1. Soporte software

Los puntos de luz producidos por las manos ofrecen información acerca de las intenciones de los usuarios, que pueden realizar una variedad de gestos desde una pulsación sencilla hasta una rotación usando varios dedos. Una capa intermedia entre los eventos de luz y las aplicaciones que se están usando realiza las tareas de interpretación de gestos y eventos. El *framework* usado actualmente se llama FLING<sup>1</sup>. Permite la creación de aplicaciones Adobe Flash y Adobe Air aportando una gestión íntegra de los eventos en superficies multicontacto y simplificando en gran medida la programación.

### 2.2. Soporte hardware

La construcción y manejo de superficies multitáctiles requiere del empleo de diversas tecnologías.

La configuración más común se denomina DI<sup>2</sup>, y la fuente de luz infrarroja se sitúa en la parte inferior de la mesa, a la altura del proyector. Al acercarse los dedos a la superficie de la mesa, la luz refleja en ellos y llega a la cámara. Esta configuración tiene el problema de ser inestable respecto a cambios de luz del exterior, y no tiene gran precisión para detectar el momento exacto en el que un dedo hace contacto con la mesa. Sin embargo, esta tecnología permite el uso de etiquetas fiduciales para identificar objetos tangibles.

Otra configuración se denomina FTIR<sup>3</sup>, y la fuente de luz se dispone en modo de cordón de LEDs alrededor del borde de la superficie de la mesa. Para esta configuración es necesario un elemento deformable que haga presión contra la plancha superior, generando así blobs de luz.

<sup>1</sup> <http://amilab.ii.uam.es/fling>

<sup>2</sup> Diffused Illumination

<sup>3</sup> Frustrated Total Internal Reflection

Típicamente se usa una plancha de silicona entre la lámina superior y el cristal de la mesa. Al presionar la superficie con los dedos, la silicona se adhiere al metacrilato y produce una reflexión externa que produce manchas observables desde la cámara dispuesta debajo. Esta configuración tiene la desventaja de no reconocer, usándose de la misma forma que con DI, los marcadores fiduciales.

### 3. Beneficios de las superficies multitáctiles en el aula

Podemos distinguir entre dos tipos de superficies multitáctiles que se pueden emplear en un aula: pizarras digitales y superficies horizontales. Las pizarras digitales presentan una superficie de interacción amplia, aunque ésta se encuentra limitada por la altura de la pizarra, por lo que sólo se utiliza una parte de forma efectiva. Además, tienen mermada su capacidad de interacción con objetos tangibles, que deberían fijarse mediante imanes o algún mecanismo de sujeción alternativo. Como ventaja, permiten mostrar información a un amplio espectro de público, aunque normalmente ésta se encuentra limitada a la interacción por parte del profesor o de un único alumno y a la percepción pasiva por parte de los estudiantes. Por otro lado las superficies multitáctiles horizontales, conservan las propiedades de las mesas tradicionales, sobre las que se añaden de forma natural capacidades colaborativas. Estas capacidades constituyen un punto clave de interacción que presentan múltiples y novedosas ventajas. Entre ellas podemos destacar:

- *Estimulación de la creatividad.* Las superficies multitáctiles horizontales pueden ser utilizadas como mesas de trabajo en donde no sólo puede adaptarse la interfaz a las características del problema del y usuario sino también los procesos de interacción. Una manipulación directa, mayor libertad de movimientos y la posibilidad de simular comportamientos físicos en los

elementos de la interfaz permiten una interacción más natural y ajustada a las necesidades del problema, potenciando la creatividad en los trabajos de los estudiantes.

- *Expresión y manipulación.* Relacionado con el punto anterior, la forma de expresar acciones y gestos en superficies horizontales, y de manipular las aplicaciones y los objetos tangibles, abre nuevas posibilidades para ofrecer modelos de interacción naturales, donde el estudiante perciba como algo amigable e intuitivo interactuar con aplicaciones, incluso desconocidas previamente.
- *Aprendizaje colaborativo.* Uno de los aspectos clave de la enseñanza actual pasa por ofrecer a los estudiantes mecanismos de aprendizaje colaborativo donde el conocimiento se comparta y emerja de la simbiosis de grupos de trabajo. Este tipo de superficies permiten que diversos estudiantes interaccionen de forma simultánea, visualicen la información que manipulan sus compañeros e incluso compartan datos para completar objetivos comunes.
- *Socialización.* A raíz de la interacción colaborativa se abre una nueva vía de socialización entre los estudiantes. Estas no les convierten en meros espectadores pasivos sino que les empuja a establecer contactos y buscar mecanismos de aprendizaje común.
- *Curiosidad y espíritu de investigación.* Dado que se trata de nuevos tipos de superficies que ofrecen mecanismos de interacción novedosos, las superficies horizontales son ideales para fomentar en los estudiantes el espíritu emprendedor y la curiosidad por descubrir nuevos conocimientos.
- *Aprendizaje basado en tareas.* Las superficies horizontales permiten simular muchas de las tareas que los usuarios realizarían de forma real sobre escritorios

y superficies convencionales. Por lo tanto, a partir de esta reproducción virtual, y de la manipulación directa de los objetos, el aprendizaje se asemeja en mayor medida a la realización de tareas intuitivas, que guían al estudiante durante el proceso de adquisición de conocimientos.

- *Comunicación.* Las superficies horizontales colaborativas ofrecen nuevas posibilidades de comunicación entre los estudiantes, así como con el profesor. Los procesos se hacen más dinámicos y la comunicación resulta más fluida.
- *Interacción en tiempo real.* La posibilidad de mostrar información con la que interactuar en tiempo real convierte a la enseñanza en una actividad activa. Las clases magistrales se pueden sustituir por procesos de interacción instantáneos entre los alumnos y el profesor.

### 3.1. Aplicaciones educativas sobre superficies multitáctiles

El juego de los sobres es una aplicación educativa en la que los usuarios deben entregar correctamente un sobre a un destinatario concreto. Para ello se presenta un directorio en el que se detalla información acerca de la ubicación de todos los destinatarios posibles, una serie de buzones donde almacenar sobres y el sobre en cuestión en el que está escrito el nombre del receptor.

El juego permuta entre tres variantes de entrega: a un piso concreto, a un despacho o a una mesa. Se solicita entregar el sobre al destino correctamente, para lo cual el usuario tendrá que consultar el directorio para buscar el nombre que aparece en el sobre. Una vez lo encuentre, deberá fijarse en el piso, despacho o mesa asociado (según proceda). Por último, el usuario deberá arrastrar el sobre hasta el buzón marcado con el piso, despacho o mesa deseado.

Si la entrega no se realiza correctamente, el buzón erróneo se marcará en rojo, y se le permitirá al usuario seguir intentándolo. Si se entrega de forma correcta, se ofrecerá un nuevo

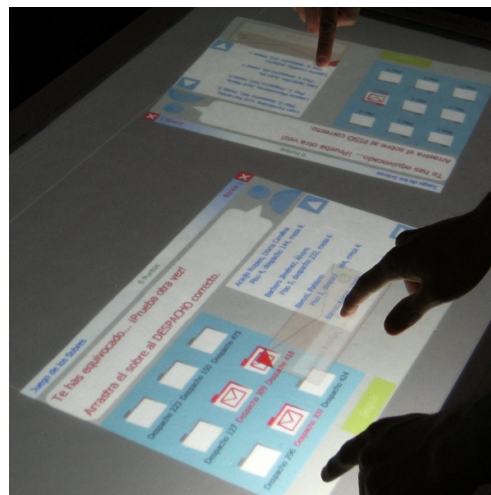


Figura 1: Uso simultáneo de una mesa multi-contacto.

sobre y un nuevo objetivo (piso, despacho o mesa).

A lo largo del juego se irán acumulando puntos en función de los intentos necesarios para entregar el sobre correctamente. Tras 10 rondas, el jugador obtiene una puntuación total; ésta queda registrada junto a todas las acciones efectuadas durante el juego en un registro en formato de texto plano para la supervisión posterior por parte de un tutor.

La manipulación directa que permite la mesa multi-contacto habilita la participación simultánea de varias personas desempeñando las distintas funciones necesarias, y mejoran la usabilidad de la aplicación respecto a su uso desde un ordenador convencional, que también es siempre posible.

Existen otras múltiples herramientas educativas ya desarrollados que puede ser usadas en superficies multi-contacto horizontales: un álbum de fotos interactivo, un juego de habilidad gestual, un juego de manejo de dinero para pagar productos, un juego de repetición de secuencias memorizadas...

#### 4. Aprendizaje colaborativo y soporte tecnológico

El proceso general de aprendizaje consiste en la realización de una serie de actividades que fomentan los mecanismos cognitivos, como la inducción, deducción, adquisición de nuevo conocimiento, etc. Estos mecanismos también se dan tanto en el aprendizaje individual como en el aprendizaje colaborativo. La diferencia es que la interacción entre los individuos genera otras actividades extra, como las explicaciones, discusiones, etc., que permiten que se de un mayor número de mecanismos cognitivos. El simple hecho de realizar una actividad entre varias personas no garantiza que se aprenda mejor o más rápido. Una de las tareas más importantes en el aprendizaje colaborativo es estudiar cómo aumentar la probabilidad de crear situaciones que favorezcan en mayor medida el aprendizaje [1].

Multitud de trabajos avalan la importancia de CSCL en la educación [8, 14], sin embargo esto no es garantía de éxito en el aula, ya que depende de multitud de factores, como la composición de los grupos, las tareas, las herramientas de comunicación, etc. [2]. En este artículo no entraremos en estos detalles, sino en el soporte tecnológico para las aplicaciones CSCL, en el caso particular de las superficies multitáctiles horizontales.

Las superficies multitáctiles horizontales amplían en gran medida el abanico de posibilidades a la hora de configurar los escenarios educativos, debido a las nuevas formas de interacción que ofrece, combinando las ventajas del aprendizaje en grupo cara a cara con el soporte informático de forma natural. El uso colaborativo de las aplicaciones en estos dispositivos se puede realizar sin la necesidad de modificar aplicaciones existentes, gracias a que la interacción puede realizarse con varios usuarios simultáneamente, siendo el sistema operativo o el *framework* utilizado el encargado de enviar a las distintas aplicaciones que se están ejecutando la información necesaria para interpretar los gestos. Sin embargo, esta aproximación aunque sencilla

presenta importantes limitaciones desde el punto de vista del potencial educativo de las actividades colaborativas. Las aplicaciones pueden usarse colaborativamente simplemente haciendo que varios usuarios interactúen con la misma interfaz de usuario. Esta configuración es similar a lo que ocurre cuando varios usuarios utilizan un mismo ordenador para realizar una actividad, siendo el principal problema cómo evitar que uno de los estudiantes realice la mayor parte del trabajo y el resto sean principalmente observadores. Cuando se trabaja en mesas multitáctiles se es más responsable de la zona más cercana, aunque se use toda la superficie [12]. Esto hace que si la actividad planteada requiere diversas herramientas, y éstas se disponen en la mesa multitáctil, los alumnos tiendan a dividirse el trabajo usando las herramientas más próximas a ellos. Disponer de la posibilidad de replicación y sincronización de herramientas individuales permitiría solucionar este problema. Por tanto, la configuración del espacio de trabajo en la mesa de cada estudiante asigna el espacio más cercano a cada uno para las aplicaciones que está usando, siendo el espacio entre estudiantes el reservado para aparcar objetos o para compartirlos entre varios. El espacio central es el reservado para situar el conjunto de herramientas/objetos disponibles [10]. Al introducir la replicación de objetos para su uso síncrono, estos espacios entre estudiantes permiten aparcar las replicas para que otros estudiantes puedan colaborar síncronamente. El uso colaborativo de las superficies multitáctiles no se limita a una única mesa, sino que los estudiantes pueden pasarse objetos de unas mesas a otras, o enviarlos por ejemplo a la mesa del profesor, el cual podría intervenir en las sesiones colaborativas sin necesidad de desplazarse físicamente [4].

##### 4.1. Plataforma colaborativa para superficies multitáctiles

Nuestra propuesta para dar soporte colaborativo en superficies multitáctiles se

llama CLING (Collaborative fLING). CLING es un *framework* que proporciona servicios colaborativos a las aplicaciones desarrolladas con FLING. Este *framework* se encuentra actualmente en desarrollo, y permitirá crear aplicaciones que puedan migrar entre las distintas superficies multitáctiles, o construir réplicas para su uso síncrono por más de un usuario, independientemente de su localización.

La configuración de las actividades colaborativas requiere poder definir sesiones de trabajo, y que los distintos participantes tengan acceso a las mismas herramientas. Para ello es necesario utilizar un mecanismo de descubrimiento que permita a unas mesas encontrar a las que tiene cerca, y unirlas virtualmente. La superficie virtual formada permite que varios grupos de trabajo puedan trabajar independientemente añadiendo o eliminado estudiantes dinámicamente, a la vez que asegura que todos los miembros del mismo grupo o sesión tienen acceso a los mismos objetos.

Un aspecto importante de CLING es la facilidad para crear aplicaciones colaborativas. Para ello se permiten varios mecanismos, como el uso de objetos compartidos, un sistema de archivos común a cada sesión, y la posibilidad de reutilizar aplicaciones existentes en caso de no disponer del código fuente.

El uso de objetos compartidos se ve facilitado por el lenguaje utilizado, en este caso ActionScript, ya que este lenguaje soporta de forma nativa vínculos entre propiedades de distintos objetos de forma bidireccional. Por lo tanto, para hacer uso de un objeto compartido el programador solo ha de proporcionar un identificador del objeto y una referencia al mismo. Este mecanismo es muy sencillo de utilizar, aunque no es apto para algunos casos. Por ejemplo, para compartir un texto no permitiría editar colaborativamente partes del mismo. Para estas situaciones CLING tiene previsto un mecanismo basado en acciones que se pueden hacer o deshacer. Este mecanismo de creación de aplicaciones colaborativas basado en hacer y deshacer ya ha sido empleado previamente en nuestro framework

colaborativo para aplicaciones Java, FACT [9], para más detalles se puede consultar la referencia al mismo. Este mecanismo permite ediciones a partes de las propiedades usando el mismo sistema habitual en los editores de texto. En caso de conflicto CLING determina el orden de ejecución de las acciones, para que todos las aplicaciones mantengan un estado coherente, deshaciendo y rehaciendo las acciones en el orden correcto cuando se detecte un conflicto, lo cual minimiza el tiempo de respuesta de la aplicación.

## 5. Autoría en aplicaciones multitáctiles y colaborativas

Los dispositivos multitáctiles permiten, por definición, múltiples puntos de interacción simultánea. Esta característica presenta varias consecuencias.

En primer lugar, el limitado lenguaje del ratón (ej. click, doble click, click derecho, click central y scroll) se ve enriquecido con la posibilidad de realizar una indefinida variedad de gestos más o menos complejos (ej. dos puntos de contacto se alejan el uno del otro, un punto gira en torno a otro o dos puntos se mueven paralelamente intersecando con un tercero). El significado de los distintos gestos depende de nuevas variables, como el número de puntos involucrados, la velocidad y presión relativas o la relación entre sus movimientos además de las clásicas como el número de *clicks* o la duración de los mismos.

En segundo lugar, la posibilidad de múltiples puntos de interacción implica un entorno potencialmente multiusuario y multifoco (más de una *ventana* puede estar siendo usada simultáneamente). Es decir, las posibilidades de interacción e interacción múltiple crecen considerablemente con respecto a los entornos tradicionales.

Por otra parte, el prescindir del ratón en favor de una manipulación más directa, presenta una serie de ventajas en cuanto a naturalidad que, de no ser tratadas adecuadamente, pueden afectar negativamente a la experiencia de interacción. Dicho de otro modo, los usuarios están

acostumbrados a manipular objetos y, por tanto, esperan ciertos comportamientos de determinadas interacciones. Rotar usando dos o más dedos, detener una traslación apoyando un dedo sobre un objeto que se mueve o lanzar un objeto en una dirección imprimiéndole una cierta velocidad son formas de interacción naturales que requieren lógicas complejas para interpretar la escena, conocimientos psicológicos establecer su interpretación naturalidad y motores de física para simular sus consecuencias.

Por todo ello las posibilidades de interacción de los dispositivos multitáctiles, especialmente los de gran formato, superan a los de sus predecesores monotáctiles pero necesitan de herramientas de autor que permitan coordinar múltiples usuarios y tareas simultáneas así como poder tratar las interacciones a alto nivel sin necesidad de conocer los pormenores físicos, psicológicos o lógicos de las mismas. Hoy en día, existen distintas herramientas de autor que permiten la creación de recursos educativos que pueden ser utilizados tanto con ordenadores personales como con pizarras digitales. En el caso de España, multitud de centros educativos utilizan actividades interactivas en sus clases creadas con estas herramientas [3]. Actualmente las herramientas de autor más utilizadas se encuentran dentro de dos entornos de desarrollo llamados JClic<sup>4</sup> y Hot Potatoes<sup>5</sup>. Existen multitud de páginas Web de centros educativos públicos y privados, portales educativos de Comunidades Autónomas como Educamadrid<sup>6</sup> o del propio Ministerio de Educación<sup>7</sup>, donde se pueden encontrar tanto guías o tutoriales para desarrollar actividades con estas herramientas, como actividades ya creadas listas para su uso en las aulas a distintos niveles educativos. El éxito de estas herramientas reside en su facilidad de uso para profesorado sin conocimientos técnicos. Estas herramientas proveen al profesor de una interfaz muy intuitiva y visual. El profesor

puede incluir contenidos multimedia como texto, sonidos e imágenes provenientes de Internet o de ficheros locales de una forma sencilla. También, puede configurar el orden de aparición de las distintas actividades educativas y de los distintos elementos multimedia de cada una de ellas.

Actualmente no existe ninguna herramienta de autor educativa que permita crear contenidos en superficies multitáctiles horizontales, ya que estos dispositivos tecnológicos tienen muy poco tiempo de vida. Sería muy útil para los profesores sin conocimientos técnicos disponer de una herramienta de autor para este tipo de superficies. En este sentido proponemos una herramienta de autor llamada FastLING basada en FLING (véase sección 2.2.). Esta herramienta facilitaría al profesor la autoría de actividades educativas para superficies multitáctiles. A través de la herramienta, el profesor podría diseñar distintos tipos de actividades: asociaciones donde el estudiante debe descubrir las relaciones existentes entre conjuntos de información, juegos de memoria donde hay que descubrir las parejas de elementos iguales o relacionados entre ellos que se encuentran escondidos, puzzles, etc. Estas actividades tendrían asociado distinto material multimedia y se podría definir el comportamiento físico de los elementos con los que el estudiante interactuará en la actividad, dándola mayor dinamismo. Además, esta herramienta ayudaría a la configuración de distintos aspectos colaborativos. Esto incluiría la especificación de la interacción de los estudiantes con los elementos multimedia de la actividad, la configuración de los espacios de trabajo (un espacio de trabajo común o varios espacios de trabajo colaborativos) y la disposición de los elementos en el/los espacios de trabajo. Todas estas opciones dependerían del número de estudiantes que fueran a interactuar con la superficie multitáctil horizontal y de la naturaleza de la actividad.

<sup>4</sup> <http://clic.xtec.cat/es/index.htm>

<sup>5</sup> <http://hotpot.uvic.ca/>

<sup>6</sup> <http://www.educa.madrid.org/>

<sup>7</sup> [http://www.ite.educacion.es/formacion/enred/ofrecemos/formac\\_o.php](http://www.ite.educacion.es/formacion/enred/ofrecemos/formac_o.php)

## 6. Conclusiones

Las superficies de interacción horizontal multitáctil constituyen un potencial candidato para ocupar las aulas en un futuro como complemento a las pizarras digitales. En relación a estas últimas presenta ventajas adicionales que las hacen idóneas para el desempeño de actividades educativas colaborativas. Desde el punto de vista técnico se han detectado dos temas que tienen que ser resueltos para que estas tecnologías se conviertan en una realidad en las aulas. Por un lado, la necesidad de que existan plataformas para el desarrollo de aplicaciones multitáctiles con soporte colaborativo. Por otro, el requerimiento de herramientas de autor que faciliten la creación de contenidos y actividades por parte de los profesores para este tipo de plataformas. En este sentido, se propone el uso de la plataforma FLING como núcleo del que partirán dos nuevos desarrollos. CLING que incluirá el soporte colaborativo a la plataforma anterior, y FastLING que se construirá sobre CLING y permitirá a los profesores la creación rápida y sencilla de aplicaciones educativas multitáctiles y colaborativas.

## Agradecimientos

Este trabajo está parcialmente financiado por los proyectos eMadrid (CAM, S2009/TIC-1650), Vesta (TSI-020100-2009-828) y HADA (TIN 2007-64718).

## Referencias

- [1] Dillenbourg, P. *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Advances in Learning and Instruction Series. Elsevier Science, Inc., 1999.
- [2] Dillenbourg, P. Over-scripting CSCL: The risks of blending collaborative learning with instructional design. *Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?*, Kirschner, P. A. (Ed.), pages 61–91, 2002.
- [3] Guerrero, E., Muñoz, A., and Sotelino, C. A new software to teach and learn easily. implementation of multimedia activities in our classroom. In *FISTE - A Future Way For In-Service Teacher Training Across Europe. ICT in Education: Reflections and Perspectives*, 2007.
- [4] Hatch, A., Mercier, E., Burd, L., and Higgins, S. Synergynet: Multi-touch in education. 2009.
- [5] Haugland, S. Enhancing children's sense of self and community through utilizing computers. *Early Childhood Education Journal*, 23(4):227–230, 1996.
- [6] INE. Alumnos por ordenador destinado a tareas de enseñanza y aprendizaje por CCAA, curso escolar y titularidad del centro.
- [7] INE. Equipamiento de ordenador en las viviendas principales por tamaño del hogar, hábitat, ingresos mensuales netos del hogar y tipo de ordenador. 2 octubre 2009.
- [8] Johnson, D.W. and Johnson, R.T. Cooperation and the use of technology. *Handbook of research for educational communications and technology*, 1:1017–1044, 1996.
- [9] Mora, M.A., Moriyon, R., and Saiz, F. Developing applications with a framework for the analysis of the learning process and collaborative tutoring. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 13(3-4):268–279, 2003.
- [10] Morgan, M. and Butler, M. Considering multi-touch display technology for collaboration in the classroom. *EDMEDIA, 2009*, pages 674–683, 2009.
- [11] Olney, I., Herrington, J., and Verenikina, I. ipods in early childhood: Mobile technologies and story telling. *Hello! Where are you in the landscape of educational technology? Proceedings ascilite Melbourne 2008*, 2008.
- [12] Rick, J., Harris, A., Marshall, P., Fleck, R., Yuill, N., and Rogers, Y. Children designing together on a multi-touch tabletop: An analysis of spatial orientation and user interactions. In *Proceedings of the IDC'09*, pages 106–114. ACM, 2009.
- [13] Sharples, M., Taylor, J., and Vavoula, G. *A theory of learning for the mobile age*, pages 221–268. The Sage Handbook of E-learning Research. Springer, 2007.
- [14] Soller, A., Martínez, A., and Jermann, P. From mirroring to guiding: A review of state of the art technology for supporting collaborative learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(4):261–290, 2005.
- [15] Suppes, P. and Macken, E. The historical path from research and development to operational use of CAI. *Educational Technology*, 18(4):9–12, 1978.