

Plataforma móvil con realidad aumentada para la enseñanza de los cálculos*¹

[Mobile Platform with Augmented Reality for the Teaching of Calculus]

LUIS EDUARDO PEDRAZA CABALLERO², SONIA VALBUENA DUARTE³

RECIBO: 20.11.2013 – APROBACIÓN: 04.04.2014

Resumen

Las aplicaciones móviles han generado gran impacto en la sociedad, han sido aplicadas en múltiples áreas de interés humano. En este proyecto se aprovecharon las ventajas de las aplicaciones móviles con realidad aumentada (RA) para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y lograr un aprendizaje significativo en las asignaturas de cálculo. Para esto se analizaron los contenidos temáticos de los cursos de cálculo diferencial, integral y vectorial y se desarrolló una plataforma móvil en la que se accede a información detallada de los tópicos de las asignaturas con ejemplos y ejercicios. Posee una interfaz para conectarse con un servicio web, que posibilita solucionar un alto porcentaje de aplicaciones del cálculo, tales como: límites, derivadas e integrales. Esta permite además mostrar las gráficas de funciones utilizando RA a partir de marcadores que son sus definiciones formales. Finalmente se aplicaron evaluaciones a estudiantes sin el uso de la plataforma y luego utilizándola, y se pudo apreciar una mejoría en los resultados académicos y en el aprendizaje de

* **Modelo para la citación de este artículo:**

PEDRAZA CABALLERO, Luis Eduardo & VALBUENA DUARTE, Sonia (2014). Plataforma Móvil con Realidad Aumentada para la Enseñanza de los Cálculos. En: Ventana Informática No. 30 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 205-216. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo de investigación científica y tecnológica proveniente del proyecto Desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada para la enseñanza de los cálculos: diferencial, integral y vectorial, ejecutado en el periodo 02/2013-11/2013, e inscrito en el grupo de investigación MATINCUC de la Universidad de la Costa.
- 2 Ingeniero de Sistemas. Joven Investigador Colciencias, Universidad de la Costa (Barranquilla, Atlántico, Colombia). Correo electrónico: lpedraza1@cuc.edu.co
- 3 MSc. en Educación y Matemáticas. Docente tiempo completo, Universidad de la Costa (Barranquilla, Atlántico, Colombia). Correo electrónico: svalbuen1@cuc.edu.co

las temáticas. Teniendo en cuenta esto se concluye que el uso de las TIC con aplicaciones de realidad aumentada es relevante para la enseñanza de los cálculos.

Palabras Claves: Realidad aumentada, Enseñanza, Cálculo, Aplicación móvil, Educación y TIC.

Abstract

The mobile applications have generated big impact in the society; have been applied in some areas of human interest. In this project take advantage of mobile applications with augmented reality (AR) for get better academic performance of the students and achieve a meaningful learning in the calculus courses. For its were analyzed the thematic contents of the calculus differential, integral and several variables and was developed a mobile platform in that log in to detailed information of the courses topics with examples and exercises. It has an interface for connecting with a web service, in that can solve high percent of calculus application, such as: limits, derivate, integrals. This allows show the graphics using the AR from markers based on the formal definitions of the functions. Finally, were applied test to students without use of the platform and then use, appreciate an improvement in the academic performance and learning of the topics. According to the above conclude that the use of ICT with AR application is relevant for the teaching of calculus.

Keywords: Augmented reality, Teaching, Calculus, Mobile application, Education and ICT.

Introducción

Un estudio realizado por la Universitat Ramon Llull (Prats & Marquès, 2012, 3), demuestra que la aplicación adecuada de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el aula puede ser una herramienta efectiva para mejorar significativamente los resultados académicos de los estudiantes, resaltando que no basta dotar las aulas con la tecnología sino que debe tenerse contenidos educativos adecuados y profesorado con la formación necesaria para aprovechar el valor añadido de las TIC.

El avance en las TIC ha permitido explorar nuevas metodologías de enseñanza, tales como el *e-learning* y el *m-learning*, buscando reducir las limitaciones de tiempo y espacio en la formación aca-

démica de los estudiantes y fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El *m-learning* son ambientes de aprendizaje basados en la tecnología móvil, destinados a mejorar e impulsar los procesos de enseñanza y aprendizaje, que se logran integrando *e-learning* (sistemas de enseñanza y aprendizaje a través de redes digitales) con los dispositivos móviles de comunicación para producir experiencias educativas en cualquier lugar y momento.

Por otra parte, la realidad aumentada es una variación de los Ambientes Virtuales (AV), o Realidad Virtual (RV), como se conoce comúnmente, que sumerge al usuario dentro de un ambiente sintético (generado por la computadora), que mientras está inmerso, no puede ver el mundo real alrededor de él. En contraste, asegura Azuma (1997, 2), la Realidad Aumentada le permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales sobrepuestos sobre el mundo real, o compuestos con él.

Combinar el *m-learning* con la realidad aumentada es una posibilidad que se abre para explorar nuevos enfoques y metodologías para la optimización y el fortalecimiento de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Además de realizar aportes externos a los contenidos expuestos en el aula de clase.

Trifonova (2003) muestra en su revisión bibliográfica sobre el *m-learning* varias aplicaciones en las que se destaca la generación de contenido para el estudio y la enseñanza utilizando *smartphones* y el protocolo de comunicaciones inalámbricas para dispositivos móviles. Generalmente, se busca que los contenidos en *m-learning* sean adaptables y que potencien al estudiante desde el punto de vista pedagógico y cognitivo.

Esteban et al. (2004), desarrollan una herramienta de realidad aumentada que le permitió el diseño de experiencias de aprendizaje significativas para los estudiantes y les ayudó a potenciar la comprensión de los conceptos objeto de estudio. Esto generó que los estudiantes repasaran, pensaran e integraran los conceptos vistos en otras tutorías o eran capaces de intuir conceptos a desarrollar en tutorías posteriores.

Fitzgerald et al. (2012, 5), destacan que el uso de la realidad aumentada en la educación, y particularmente el *m-learning*, se encuentra aún en estudio y las nuevas contribuciones son vistas como útiles para crear experiencias de aprendizaje efectivas, lo que conlleva en este trabajo plantear el desarrollo de una plataforma móvil con realidad aumentada para apoyar los procesos de aprendizaje y enseñanza de los cálculos, asignaturas que son catalogadas complejas por la mayoría de estudiantes de ingeniería. Además, se espera contribuir a la comunidad académica y científica con una nueva experiencia al integrar el *m-*

learning y la realidad aumentada como herramientas tecnológicas de apoyo al aula de clase.

A continuación se presenta en la sección 1 la fundamentación teórica, la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto en la sección 2, los resultados obtenidos en la sección 3 y, por último, en la sección 4 las conclusiones del proyecto.

1. Fundamento teórico

1.1 Realidad Aumentada, RA

La realidad aumentada es una inserción de objetos virtuales en un ambiente real con el auxilio de un dispositivo tecnológico. Esta tecnología, señala Biazus (2012, 15), hace que el individuo tenga una sensación de que los objetos existan en el ambiente, en tanto, Azuma et al. (2001, 34), reducen el énfasis sobre los objetos gráficos y establece tres propiedades fundamentales de la realidad aumentada que son: la combinación de objetos reales y virtuales en ambientes reales, un sistema que registre objetos virtuales y reales con cada otro, y la ejecución interactiva en tiempo real.

Esta tecnología, aún en crecimiento e investigación, ha sido aplicada en múltiples áreas, por ejemplo, Feiner et al. (1997) describen el desarrollo de un prototipo la superposición de gráficos en 3D de la realidad aumentada con las características de la computación móvil, en cual se presenta información sobre el campus universitario, utilizando *head-tracked*, *head-worn* e información en 3D.

En el desarrollo de aplicaciones con RA para la educación se encuentra *Construct3D*, que es una herramienta de construcción geométrica tridimensional diseñada específicamente para la educación de la matemática y la geometría, basada en un sistema móvil colaborativo con realidad aumentada, de acuerdo a lo expresado por Kaufmann et al. (2000).

Esteban et al. (2012), describen el desarrollo de un prototipo de Realidad Aumentada para la enseñanza del Cálculo en Varias Variables, que permite la visualización de conceptos matemáticos a partir de la creación de un objeto virtual, que se puede comparar con objetos reales, potenciando las posibilidades de comprensión de los conceptos matemáticos estudiados. La instrucción impartida se fundamentó en la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión, que propicia en los alumnos la integración de conceptos previamente adquiridos con los nuevos que son objeto de estudio y su utilización en forma creativa para solucionar diversas situaciones de su entorno.

Por su parte, Leitão, Brito & Rodrigues (2012, 423) asumen que el contexto de enseñanza es propicio para la experimentación de nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje, y presentan una aplicación educativa en el área de la geometría con el objetivo de potencializar la transferencia de conocimiento.

Gracias a los avances en los conceptos pedagógicos, las aplicaciones y la tecnología, y a la disminución en los costos de hardware, el uso de aplicaciones móviles con realidad aumentada puede llegar a ser factible, en un futuro muy cercano, para las instituciones educativas, asegura Kaufmann (2003).

1.1.1 Retos Pedagógicos. La realidad aumentada es una tecnología en crecimiento y desarrollo, y por tanto se enfrenta a muchos retos en las áreas de aplicación para la que se necesite. En la parte pedagógica, la RA presenta varias cuestiones en común con otras tecnologías utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje.

Lo novedoso de la tecnología puede disminuir las experiencias de aprendizaje, esto debido, señalan Fitzgerald et al. (2012, 5), a que los estudiantes podrían estar más enfocados en sus nuevos dispositivos que en el cumplimiento de sus objetivos de aprendizaje. Cabe señalar que muchos estudiantes no cuentan con dispositivos móviles capaces de soportar la RA, sin embargo, el número de personas que adoptan los *smartphones* continúa con un crecimiento bastante alto.

Desde el punto de vista de la enseñanza, se considera que primero se debe tener en cuenta los objetivos y metas que un tutor o educador quiere que sus estudiantes alcancen, antes de considerar que es lo mejor para lograr esto. En este aspecto, aseguran Fitzgerald et al. (2012, 5), la realidad aumentada puede no ser el mejor método a emplear respecto a otras tecnologías, que pueden ser más baratas, más robustas y mucho más apropiadas para las actividades de aprendizaje requeridas.

1.2 Mobile Learning

Mobile learning es un nuevo paradigma de aprendizaje centrado, que cree realmente en el aprendizaje disponible en cualquier lugar y en cualquier tiempo, según Son, Lee & Park (2004, 2137), con sus diferentes características de los conceptos previos de aprendizaje como el aprendizaje basado en computador o el aprendizaje electrónico. Este ha ayudado en la transmisión de materiales de aprendizaje a los estudiantes en una variedad de situaciones. Recolectando y enviando datos desde el trabajo, o simplemente comunicándose con los profesores y otros expertos fuera del aula de clase tradicional, el *m-learning* está rompiendo los límites del aprendizaje basado en la escuela tradicional, considera Bhargava (2011, 2).

El aprendizaje móvil, para Seppälä & Alamäki (2003, 330), puede ser considerado como una forma extrema de aprendizaje flexible, ya que el ambiente móvil ofrece a los estudiantes facilidades que permiten desarrollar un ambiente de aprendizaje más flexible. Kynäslähti & Seppälä (2003, 42) identifica tres elementos para la movilidad (conveniencia, oportunidad e intermediación) que son valiosos para profesores y estudiantes en sus procesos de aprendizaje y enseñanza.

Entre las ventajas que Zambrano (2009, 39) encuentra al utilizar *m-learning*, están:

- Uso eficiente del tiempo, al eliminar los tiempos muertos, que son aquellos que se destinan en labores de transporte o espera para ser atendido, para ser empleados con fines de aprendizaje.
- Expansión de la alfabetización digital, ya que muchos de los usuarios de la tecnología móvil utilizan esta herramienta como medio de entretenimiento y comunicación social, y aunque su uso como forma de aprendizaje no está muy difundido se considera de enorme potencial.
- Accesibilidad, al estar los dispositivos y servicios están al alcance de casi cualquier persona.
- Contacto social, al poder estar en contacto con compañeros y tutores en cualquier momento para recibir información y facilitar su aprendizaje.
- Mejoramiento de la productividad, al permitir que los procesos de enseñanza-aprendizaje se hagan más rápido y de modo efectivo.
- Aprendizaje colaborativo, el contacto con los compañeros de curso redundará en beneficio al momento de realizar trabajos que involucren colaboración, reforzando con la presencia digital de los integrantes permitiendo aportes y retroalimentación.
- Incremento en el estudio individual, ya que los aparatos usados son personales, y por tanto su uso implica constancia, responsabilidad y motivación por parte del estudiante para cumplir con sus deberes y trabajos.
- Información eficaz, pues los contenidos deben tener características especiales, entre ellas su tamaño, entregando información sintética y completa.
- Los profesores pueden diseñar y poner a disposición de los alumnos materiales que contribuyan al aprendizaje, lo que implica disponibilidad asíncrona.

2. Metodología

Para el logro de los objetivos se plantea una metodología basada en fases, descritas a continuación:

- Fase I: Es la fase de análisis, en la cual se pretende extraer los contenidos de los componentes temáticos de las aulas de cálculo y adaptarlos para el dominio planteado. Aquí se realizó una revisión de los contenidos de las asignaturas de cálculo diferencial, integral y vectorial de varias universidades del país para unificar los mismos. Además se llevó a cabo un estudio de las herramientas informáticas disponibles para desarrollar el proyecto y luego seleccionar las más adecuadas.

Esto permitió definir a la plataforma Android como sistema operativo móvil por ser de código abierto y permitir libre distribución de aplicaciones. *Sencha touch* como *framework* para el desarrollo de la plataforma por permitir desarrollo rápido de interfaces gráficas y ser de código abierto. Para la realidad aumentada se utilizó el *framework vuforia*, disponible para Android de libre distribución y con una amplia documentación.

- Fase II: Fase de diseño, se basa en la aplicación de los conceptos de ingeniería de software para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada. En esta se definió utilizar una arquitectura cliente-servidor para el desarrollo de la plataforma.
- Fase III: Es la fase de desarrollo, en la que se plasma en código fuente de las herramientas informáticas seleccionadas anteriormente las ideas expuestas en el diseño de las aplicaciones.

Se utiliza *blender* para construir los modelos gráficos en 3D y posteriormente exportarlos a un archivo de cabecera de c++. Este archivo define los vértices, normales y la textura de la imagen que será mostrada por la aplicación. Por otra parte, se utiliza *Senchatouch* para desarrollar las interfaces gráficas de la plataforma, utilizando *html5*, *css3* y *javascript*. Los servicios web son desarrollados utilizando *php* y desplegados en un servidor web *apache*. Finalmente se realiza la compilación del proyecto *android* en *eclipse*, el cual genera un archivo con extensión *apk* para ser instalado en los dispositivos móviles.

- Fase IV: Fase de evaluación, se basa en la realización de pruebas a cada una de las aplicaciones desarrolladas. De igual manera, se seleccionó una muestra de estudiantes que cursan las asignaturas de cálculo diferencial, integral y vectorial para experimentar con la plataforma los temas vistos en el aula de clase. A estos se les aplicó

una evaluación antes y después de utilizar la plataforma para determinar la efectividad de esta.

- Fase V: Se realiza la distribución de la plataforma a la comunidad a través del internet.

3. Resultados y discusión

3.1 Descripción de resultados

Se desarrolló una plataforma basada en arquitectura cliente-servidor. Se utilizó apache como *web server*, PHP como lenguaje de servidor, *mySQL* como motor de base de datos y *sencha touch* como *framework* para el desarrollo de las interfaces gráficas de usuario.

En esta es posible solucionar problemas de cálculo tal como: límites, derivadas e integrales, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Solución de una integral indefinida.

Además, la plataforma cuenta con un menú en el que se puede acceder a cada uno de los temas de cada una de las asignaturas de cálculo diferencial, integral y vectorial. Esto se realiza con una petición *ajax* al servidor, el cual ejecuta una consulta a la base de datos del tema solicita y retorna una respuesta en formato *json* para ser procesada y mostrada al usuario de una forma amigable, como se muestra en la figura 2.

Por otra parte, se desarrolló una aplicación con realidad aumentada para la plataforma Android, la cual permite a través de un *image target*, que resulta ser la definición formal de una función en el espacio, representar gráficamente funciones (figura 3). Para ello, se utiliza el *framework vuforia*, que realiza un reconocimiento de la imagen y a partir de esta se construye la representación gráfica.

Diferencial	Magnitudes escalares
Funcion, Dominio y Rango	Denominamos Magnitudes Escalares a aquellas en las que las medidas quedan plenamente expresadas por medio de un número y la correspondiente unidad. Ejemplo de ello son: Masa, Temperatura, Presión, Densidad, entre otras.
Notacion de funciones	
Funciones definidas por más de una ecuación	
Gráfica de funciones	
Intersección con los ejes	
Problemas con funciones	
Definición de límite	
Estimación numérica de límite	
   	   
Contenido temático de la asignatura cálculo diferencial	Información de un tema específico

Figura 2. Respuesta al usuario

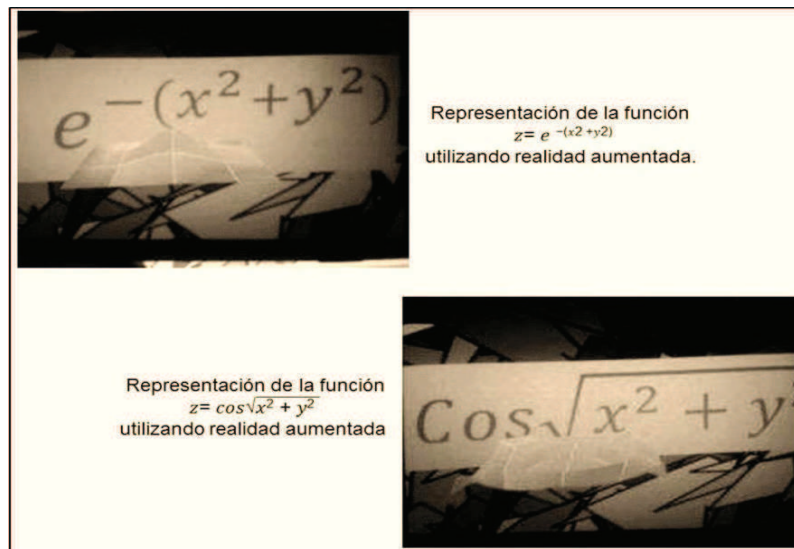


Figura 3. Representación de funciones utilizando realidad aumentada

En la figura 4 se presentan los resultados de las evaluaciones aplicados a la muestra de estudiantes seleccionados, antes y después de utilizar la plataforma desarrollada, dados en porcentaje de estudiantes de acuerdo al rango de calificación obtenida de las asignaturas de cálculo diferencial, integral y vectorial. La muestra fue de 15 estudiantes por cada grupo de cálculo se realizó durante un mes. Pueden apreciarse las mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes a los que les fueron aplicados las evaluaciones y experimentaron con la plataforma. Con esto, se logró que los estudiantes resolvieran los ejercicios con mayor facilidad y propiedad y aumentaran su agrado por el estudio de los cálculos.

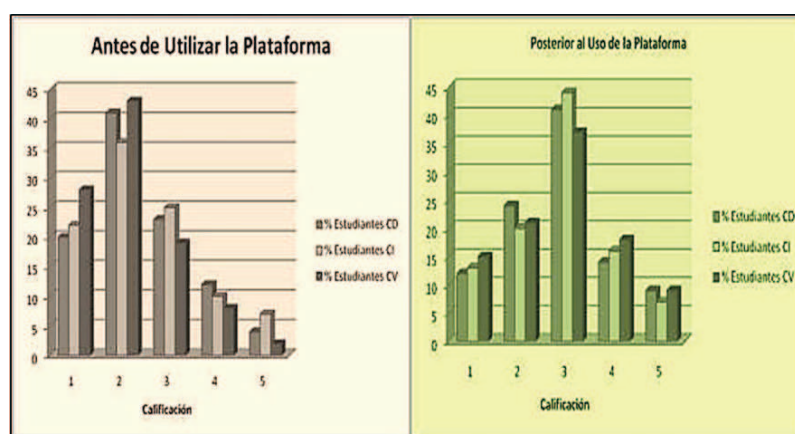


Figura 4. Resultados de la pruebas (previa y posterior) a la utilización de la plataforma

3.2 Discusión de resultados

La integración del *M-Learning* y la realidad aumentada como apoyo tecnológico en las aulas de cálculo permitió que los estudiantes aprendieran de manera autónoma apropiándose de las temáticas vistas en clase. El uso de tecnologías móviles enmarca una ventaja importante ya que elimina las limitaciones de tiempo y espacio que se presentan en las metodologías de enseñanza tradicionales. La realidad aumentada utilizada como material didáctico complementario permite una mejor comprensión de los conceptos estudiados en las asignaturas de cálculo diferencial, integral y vectorial.

4. Conclusiones

La integración del *M-learning* y la realidad aumentada como apoyo tecnológico en las aulas de clase contribuye a mejorar el rendimiento de los estudiantes en las asignaturas de cálculo.

Las aplicaciones desarrolladas en un futuro muy cercano pueden ser utilizadas como herramientas tecnológicas para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje en los cursos de cálculo diferencial, integral y vectorial.

El desarrollo del presente trabajo permitió el abordaje de una nueva tecnología aplicada y enfocada en generar nuevas estrategias de enseñanza en las ciencias exactas, así como contribuir en el fortalecimiento de la RA y del uso de las tecnologías de la información y comunicación en las aulas de clase.

5. Agradecimientos

El equipo de desarrollo del proyecto agradece a la Universidad de la Costa por prestar el ambiente de trabajo y laboratorios y al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias por su apoyo económico.

Referencias bibliográficas

- AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S. & MACINTYRE, B. (2001). Recent advances in augmented reality. In: IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, No 6 (Dec), California (USA): IEEE Computer Society. pp. 34-47. ISSN: 0272-1716.
- AZUMA, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality [online]. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, No. 4 (Aug), Cambridge (MA USA): MIT Press Journals. p. 355-385 ISSN: 1531-3263. <<http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>> [consult: 21/02/2014]
- BHARGAVA M. (2011). Mobile Learning. In: International Journal of Scientific & Engineering Research. Vol. 2, No. 7 (Jul), Houston (USA): IJSEER Editorial. p. 1-7. ISSN: 2229-5518.
- BIAZUS, G. (2012). Utilização da Realidade Aumentada em Dispositivos Móveis: Implementação na Plataforma Android. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia Java) Pato Branco (Brasil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 91 p.
- ESTEBAN, P.; RESTREPO, J.; TREFFTZ, H.; JARAMILLO, J. E. & ÁLVAREZ, N. (2012). La realidad aumentada: un espacio para la comprensión de conceptos del cálculo en varias variables [en línea]. En: XVI Simposio Iberoamericano de enseñanza Matemática "Matemáticas para el Siglo XXI" (15-17/09/2004), Castellón (España): Universidad Jaume I. Posters presentados. <www.iberomat.uji.es/carpeta/posters/pedro_esteban.doc> [consulta: 21/02/2014]
- FEINER, S.; MACINTYRE B.; HÖLLERER T. & WEBSTER A. (1997). A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. In: Personal Technologies. Vol. 1, No. 4 (Dec). New York (USA): Springer. p. 208-217. ISSN: 1617-4909.

- FITZGERALD, E.; ADAMS, A.; FERGUSON, R.; GAVED, M.; MOR, Y. & THOMAS, Rhodri (2012). Augmented reality and mobile learning: the state of the art [online]. In: 11th World Conference on Mobile and Contextual Learning, mLearn 2012 (16-18/10/2012), Helsinki (Finland): CEUR_WS. SPECH, M.; SHARPLES, M. & MULTISILTA, J (eds.) CEUR Workshop Proceedings of the mLearn 2012, Volume 955, p. 62-69 <http://ceur-ws.org/Vol-955/papers/paper_49.pdf><<http://oro.open.ac.uk/id/eprint/34281>> [consult: 21/02/2014]
- KAUFMANN, H. (2000). Construct3D: An Augmented Reality Application for Mathematics and Geometry Education. In: 10th ACM international Conference on Multimedia, MM'10 (25-29/10/2010), Firenze (Italy): ACM. Proceedings of the MM'10. New York (USA): ACM. p. 656-657. ISBN: 1-58113-620-X.
- KAUFMANN, H. (2003). Collaborative Augmented Reality in Education [online]. Vienna (Austria): Vienna University of Technology, Institute of Software Technology and Interactive Systems. <<https://www.ims.tuwien.ac.at/publications/tuw-137414.pdf>>
- KYNÄSLAHTI, H. & SEPPÄLÄ, P. (2003). Professional Mobile Learning. Helsinki (Finland): IT Press. 193 p. ISBN: 951-826-690-5.
- LEITÃO, R.; BRITO, A. & RODRIGUES J. (2012). A aplicação da Realidade Aumentada no ensino de sólidos geométricos: um projeto em desenvolvimento. In: 6th International Conference on Digital Arts – ARTECH 2012 (08-09/11/2012), Faro (Algarve, Portugal): University of Algarve. Proceedings of ARTECH 2012, p. 423-426. ISBN: 978-972-98464-7-2.
- PRATS, M.A. & MARQUÈS, P. (2012) Podem millorar amb les TIC els resultats acadèmics? [en línia]. Barcelona (Espanya): DIM, Universitat Ramon Llull y Cetel. 11 p + annex <<http://www.cetei.info/wp-content/uploads/2011/07/110711-recercaortografiafinal-2-Adjunt.pdf>> [consulta: 21/02/2014]
- SEPPÄLÄ, P. & ALAMÄKI, H. (2003). Mobile learning in teacher training. In: Journal of Computer Assisted Learning, Vol. 19, No. 3 (Sep). Massachusetts (USA): Wiley. p. 330-335. ISSN: 1365-2729.
- SON, C.; LEE, Y. & PARK, S. (2004). Toward new definition of M-Learning. In: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, E-Learn 2004 (01-06/11/2004). Washington DC (USA): Association for the Advancement of Computing in Education, AACE. Proceedings of E-Learn 2004, Waynesville (NC, USA): AACE. p. 2137-2140. ISBN: 1880094541.
- TRIFONOVA, A. (2003). Mobile Learning: Review of the Literature [online]. Technical report # DIT-03-008. Povo (Trento, Italy): University of Trento, Department of Information and Communication Technology. <<http://eprints.biblio.unitn.it/359/1/009.pdf>> [consult: 23/03/2014]
- ZAMBRANO J. (2009). Aprendizaje móvil (M-LEARNING). En: Inventum. Vol. 1. No. 7 (dic). Bogotá (Colombia): Centro Editorial Uniminuto. p 38-41. ISSN: 1909 – 2520.