

EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos

René Alejandro Lobo-Quintero, Julián Santiago Santoyo-Díaz & Wilson Briceño-Pineda

Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. rlobo@unab.edu.co, jsdiaz@unab.edu.co, wbriceno@unab.edu.co

Resumen— Este documento presenta el desarrollo de un sistema de aprendizaje enfocado a la enseñanza de los cursos de ciencias básicas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB, el cual utiliza la Realidad Aumentada como tecnología integradora entre la teoría y la práctica, facilitando la apropiación de nuevos conceptos y promoviendo el interés de los estudiantes por los cursos relacionados. Para esto se creó un modelo compuesto por 3 componentes: estrategias de aprendizaje, tecnología de aprendizaje y modelo pedagógico. Para el desarrollo del aplicativo móvil se utilizó el programa Unity 3D versión 5.3.1 el cual es una importante plataforma de desarrollo de videojuegos 2D y 3D. También se utilizó Vuforia utilizando su SDK (software development kit), este programa permite el uso de la pantalla del dispositivo como medio de proyección de la Realidad Aumentada.

Palabras Clave— realidad aumentada, material didáctico, educación, deserción universitaria.

Recibido: 27 de mayo de 2018. Revisado: 12 de septiembre de 2018. Aceptado: 26 de noviembre de 2018

EducAR: using augmented reality for basic science learning in collaborative environments

Abstract— This document presents the development of a learning system focused on the teaching of basic science courses at the Autonomous University of Bucaramanga - UNAB, which uses Augmented Reality as an integrating technology between theory and practice, in order to facilitate appropriation of new concepts and promote student interest in related courses. For this a model composed of 3 components was created: learning strategies, learning technology and pedagogical model. For the development of the mobile application we used the software Unity 3D version 5.3.1, which is an important 2D and 3D video game development platform. Vuforia was also used using its SDK (software development kit), this program allows the use of the device screen as a means of projection of the Augmented Reality.

Keywords— Augmented Reality, didactic material, education, university dropout.

1 Introducción

1.1 Descripción del sistema

La educación en ingeniería es muy importante ya que permite el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas para el entorno, muchas de estas soluciones son dadas a partir de modelos matemáticos, permitiendo a los ingenieros realizar análisis rigurosos y tomar decisiones correctamente. Con esto se puede concluir que las ciencias básicas van de la mano con

el estudio de ingeniería haciéndolas vitales para todo ingeniero.

Sin embargo, los estudiantes se quejan de la forma en que estas materias son impartidas. La mortalidad académica es grande, llegando incluso a la deserción estudiantil. Las cifras según las entidades reguladoras de la educación nacional demuestran que la deserción es un problema muy serio, el 52% de los estudiantes colombianos que empiezan una carrera universitaria, no la concluyen. Entre los años 1999 y 2004 solamente el 48% en promedio finalizaron sus estudios. Es decir, de cada dos estudiantes que se matriculan en un programa de pregrado, sólo uno culmina su carrera [1].

La principal motivación de esta investigación proviene del fenómeno de deserción universitaria debido a dificultades en el aprendizaje. Los estudiantes de primeros semestres en ocasiones vienen con falencias en conceptos estudiados en el bachillerato, estas falencias sumadas a la forma magistral en que son abordados los cursos de matemáticas, física y química hacen que el estudiante se desinterese por estudiar estos cursos, lo cual desemboca en un bajo rendimiento académico y la posterior deserción.

El sistema de aprendizaje propuesto llamado EducAR fue parcialmente desarrollado durante la tesis de maestría en la Universidad Nacional de Colombia del Ingeniero René Alejandro Lobo Quintero [2] y fue presentado como ponencia en el II Congreso Internacional TIC e Educação tic EDUCA 2012 en la ciudad de Lisboa - Portugal, utilizando Realidad Aumentada. Esta tecnología nace de las investigaciones en Realidad Virtual, sin embargo, no se deben confundir ya que la Realidad Aumentada proporciona un nivel de inmersión menor pero más práctico, y no requiere de equipos grandes y costosos, facilitando su implementación en todo tipo de instituciones educativas.

En este trabajo se ilustra el desarrollo del sistema enfocándolo a la enseñanza de la química orgánica, se exploran las características del modelo pedagógico necesario, se proponen las actividades de aprendizaje iniciales que vinculan el modelo pedagógico con el prototipo y se realiza una prueba de usuarios con resultados satisfactorios.

Al finalizar esta investigación se obtuvo un sistema de aprendizaje que puede ser empleado por cualquier docente y estudiante de la UNAB como complemento a sus clases, de forma que se logre captar el interés y se facilite la apropiación

Como citar este artículo: Lobo-Quintero, R.A., Santoyo-Díaz, J.S. and Briceño-Pineda, W., EducAR: uso de la realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias básicas en ambientes educativos y colaborativos. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 65-71, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

de los conceptos estudiados. Adicionalmente gracias a EducAR se pueden representar fenómenos físicos y experimentos usando modelos 3D sin necesidad de equipamientos costosos.

1.2 Metodología

El desarrollo de EducAR se ha realizado en 4 fases:

Fase de desarrollo: como primer paso se realizó el diseño de la experiencia de usuario teniendo en cuenta factores como: la población objetivo, el tipo de dispositivo a utilizar, la ergonomía al utilizar la aplicación y la cámara del dispositivo por un periodo prolongado de tiempo. Como segundo paso se implementaron las interfaces y algoritmos necesarios utilizando como herramientas Android Studio, Unity y Vuforia. Al terminar esta fase se obtuvo una aplicación capaz de utilizar cualquier modelo 3D la cual puede ser usada tanto dentro en el salón de clase como por fuera de este permitiendo y fortaleciendo la colaboración entre los estudiantes y el docente.

Fase de diseño de modelos 3D: se diseñaron y crearon los modelos 3D necesarios para ser usados en todos los cursos, para esto se evaluaron las temáticas y necesidades de cada curso independientemente; así mismo se realizaron entrevistas con estudiantes y docentes para determinar las temáticas deben reforzarse. Para el diseño de los modelos se emplearon modelos existentes, diversas librerías de código y eventualmente según el nivel de detalle necesario fue necesario la asistencia de diseñadores gráficos o personas con conocimientos en diseño 3D.

Fase de creación de estrategias de aprendizaje: a partir de las entrevistas con docentes y estudiantes se determinaron una serie de actividades y estrategias que puedan ser realizadas empleando EducAR, de modo que favorecieron la apropiación de conceptos, despertando el interés de los alumnos por los temas.

Fase de pruebas: Durante esta fase se realizaron varias pruebas de usuarios: entrevistas, pruebas between subjects y pruebas within subjects, en las cuales se compararon el uso de EducAR contra la metodología de enseñanza actual. Así mismo se evaluaron varios aspectos del sistema, algunos de estos son: interacción con el sistema, acciones de rotación, selección y zoom, diseño de la interfaz gráfica, nivel de mejora en la apropiación del conocimiento.

2 Modelo

Con el fin de construir una experiencia exitosa de enseñanza por medio de Realidad Aumentada se deben estudiar los diferentes mecanismos que genera el aprendizaje. Según Dabbagh [3], hay tres componentes clave que deben interactuar para crear aplicaciones de aprendizaje exitosas que son (ver Fig. 1):

- Estrategias de Aprendizaje: son "los planes y técnicas que el instructor utiliza para involucrar al alumno y facilitar el aprendizaje" como lo describen Jonassen et al [5]. Las estrategias de aprendizaje ponen en práctica los modelos pedagógicos que guían la creación de las actividades que entregarán el contenido de diferentes maneras dependiendo de las necesidades del grupo. Ejemplos de estrategias de aprendizaje son: resolución de problemas de exploración, colaboración y negociación social, actividades de juego de roles, articulación, reflexión y otros.

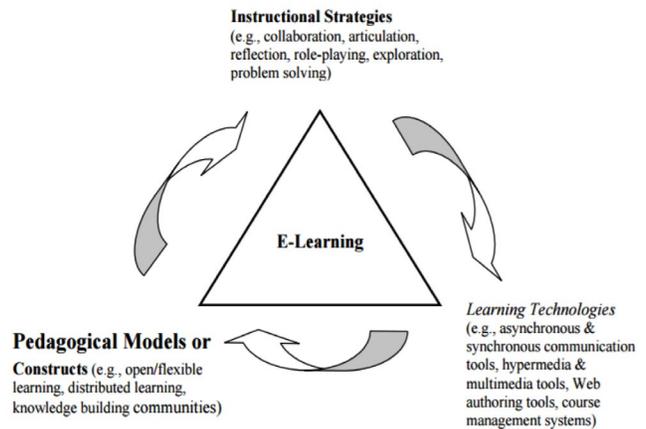


Figura 1. Componentes del aprendizaje online y mediado por la tecnología. Fuente: [4].

- Tecnologías de Aprendizaje: son las herramientas que se unen a las estrategias de aprendizaje con los modelos pedagógicos. Y son los encargados de entregar y transmitir los contenidos a los sujetos de aprendizaje. Richard Clark (2001) estableció que el medio (tecnologías informáticas) influye en el aprendizaje [6]. Sin embargo, no es la computadora per se que hace que los estudiantes aprendan, sino el diseño de la interacción del estudiante con modelos y simulaciones de la vida real. La computadora es simplemente el vehículo que proporciona la capacidad de procesamiento y entrega la instrucción a los estudiantes.
- Modelos Pedagógicos: son los modelos cognitivos creados a partir de puntos de vista sobre el proceso de adquisición del conocimiento que forman la base de la teoría del aprendizaje. Son las maneras que describen cómo la teoría y la práctica convergen. Algunos de los modelos cognitivos estudiados son: cognitivismo, constructivismo, aprendizaje activo, aprendizaje distribuido y aprendizaje aumentado.

2.1 Estrategias de aprendizaje

Después de una búsqueda extensa en la literatura se encontró que las siguientes estrategias son las mas adecuadas para el modelo propuesto:

1. Facilitar la resolución de problemas, la exploración y la generación de la hipótesis. Actualmente, el aprendizaje electrónico basado en problemas de escenarios se utiliza principalmente en la enseñanza de asignaturas en el área de las ciencias de la vida para ofrecer experimentos de laboratorio virtuales sin las limitaciones de coste, tiempo y seguridad [7]. La Realidad Aumentada se ha podido ver en las obras propuestas y puede ser una herramienta poderosa para este tipo de áreas. Estudios anteriores en la literatura han encontrado que el escenario basado en problemas de e-learning puede ayudar a los estudiantes a aprender el contenido del curso y aumentar su motivación.
2. Promoción de la articulación y reflexión. La articulación implica "hacer que los estudiantes piensen en sus acciones y den razones para sus decisiones y estrategias, haciendo así su conocimiento tácito más explícito o abierto" [8]. La

articulación se produce cuando los estudiantes tienen la oportunidad de explicar lo que saben y lo que han aprendido. Es en ese momento en que articulan sus conocimientos entre sí: comparten sus perspectivas y conocimientos.

3. Apoyando múltiples perspectivas. Esta actividad de aprendizaje promueve la construcción de un conocimiento flexible que presenta múltiples puntos de vista de un sujeto, un concepto o un acontecimiento. Los estudiantes reorganizan la información para construir nuevos conocimientos, adquiriendo estructuras de conocimiento flexibles y significativas [9]. Esta estrategia presenta la información de diferentes maneras para que los estudiantes puedan crear conexiones y sus propias explicaciones.
4. Modelamiento y explicación. Esencialmente, el modelado muestra cómo se desarrolla un proceso, mientras que la explicación implica dar razones por las que sucede de esa manera. El modelado y la explicación de los procesos internos es una manera efectiva de mejorar el desempeño del estudiante. Experimentando los procesos cognitivos de un maestro o experto, los estudiantes son más capaces de adoptar el modo de pensar del experto [10].

2.2 Tecnología de aprendizaje

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología de entrega de contenido e interacción que está ganando interés de diferentes públicos, debido a su capacidad de mezclar contenido virtual con el mundo real en diferentes proporciones, logrando un alto nivel de detalle mediante el uso de modelos 3D, imágenes y texto, conservando la visión de la vida real [11].

Debido a sus características, los sistemas de Realidad Aumentada pueden ser utilizados para enriquecer sistemas de conferencias de vídeo, plataformas de distribución de contenido síncrono y asincrónico y aulas estándar, combinando video real con modelos 3D que pueden ser presentados y manipulados por los participantes. Esto conduce al desarrollo de nuevas y mejores maneras de intercambiar y manipular contenido multimedia. Esto puede ser utilizado por trabajo colaborativo remoto y aplicaciones de e-learning [1].

2.3 Modelo pedagógico

El Aprendizaje Aumentado se define como un modelo de aprendizaje donde el entorno de aprendizaje se adapta a las necesidades e insumos de los estudiantes. Fue propuesto por Eric Klopfer [12] en el Programa de Formación de Maestros del MIT.

El Aprendizaje Aumentado utiliza Realidad Aumentada como tecnología principal que proporciona las siguientes características:

- Auténtico y Significativo: Las actividades de aprendizaje en contextos reales las conectan a personas reales, lugares y eventos. Si bien los detalles de estas actividades pueden ser ficticios, la Realidad Aumentada permite que se representen de forma muy fiel, conectando a los estudiantes con el problema y las formas.
- Conectado al Mundo Real: Usando la Realidad Aumentada

muchos intangibles del mundo físico se incorporan en las actividades de aprendizaje proporcionando la oportunidad de estudiar conceptos del mundo real que no pueden explicarse fácilmente.

- Contienen múltiples caminos: Los problemas diseñados pueden utilizar un enfoque del mundo real caracterizado por la falta de una respuesta clara. Los estudiantes exploran toda la información y constantemente redefinen sus propias metas. Al final defendiendo sus respuestas y los medios que utilizaron para definir esa respuesta.
- Proveen retroalimentación: El feedback puede venir de muchas formas. El más obvio es directamente por medios electrónicos. A medida que los estudiantes interactúan físicamente, se les proporciona una retroalimentación virtual basada en sus acciones, resultados preprogramados y modelos subyacentes. Pero la retroalimentación también puede venir de otros estudiantes. A medida que los estudiantes se encuentran, intercambian información e ideas, proporcionando retroalimentación útil entre sí.

3 Resultados

En base a lo evidenciado en los artículos de electromagnetismo [13,14,15] se procede a desarrollar una aplicación que modela los conceptos básicos en electromagnetismo de una manera didáctica y entretenida. Los temas que se van a reforzar por medio de la aplicación son: Campos magnéticos, Resistencia, Circuitos eléctricos, Inductor.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el programa Unity 3D versión 5.3.1 ya que es una importante multiplataforma de desarrollo de videojuegos 2D y 3D, permitiendo que el desarrollo se lleve a cabo en diversos dispositivos tanto móviles como de escritorio.

El segundo programa utilizado para el desarrollo de la aplicación fue Vuforia utilizando su SDK (software development kit) para la elaboración de aplicaciones que se basan en la Realidad Aumentada, este programa permite el uso de la pantalla del dispositivo como medio de proyección de la Realidad Aumentada.



Figura 4. Menú de la aplicación.

Fuente: Los autores.

Otra ventaja que ofrece el programa es la del uso de imágenes diferentes a los marcadores convencionales que se usan normalmente en este tipo de aplicaciones.

El menú inicial fue desarrollado de forma que el usuario se sienta conforme y entienda a simple vista el funcionamiento de la aplicación, consta de 5 modelos básicos de electromagnetismo, enfocado en el tema de campos eléctricos, que poseen imágenes alusivas al tema que se requiera estudiar (ver Fig. 4).

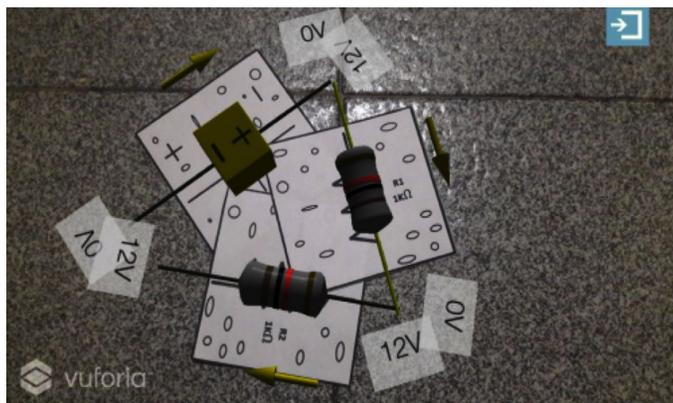


Figura 5. Modelo Circuito Eléctrico.
Fuente: Los autores.

Se realizaron modelos 3D para los temas seleccionados: circuitos eléctricos (ver Fig. 5), inductores (ver Fig. 6), resistores (ver Fig. 6), producto punto y producto cruz (ver Fig. 8), la ley de la mano derecha (ver Fig. 9).

El modelo de circuitos eléctricos muestra en pantalla los respectivos voltajes que circulan en el circuito en el momento en el que la fuente se encuentre en sentido positivo (+) / negativo (-) y también cuando la fuente se encuentre en sentido negativo (-) / positivo (+) muestra los debidos cambios de voltajes.

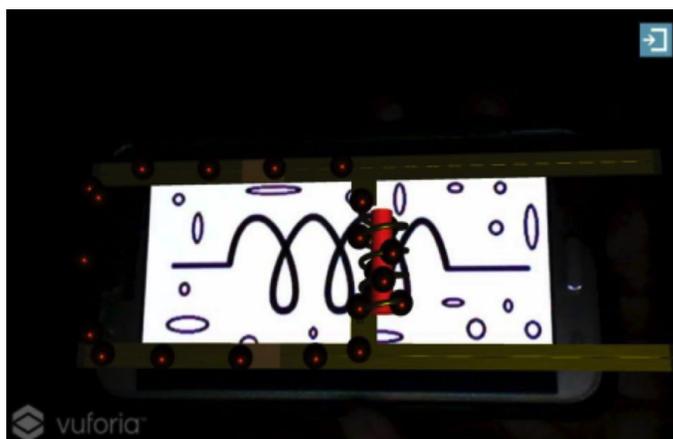


Figura 6. Modelo Inductor.
Fuente: Los autores.

El modelo resistor muestra un texto en pantalla donde se especifica que la ley de ohm tiene como objetivo mostrar cómo es el comportamiento general de los circuitos (“La Ley de Ohm tiene como objetivo mostrar como es el comportamiento general de los circuitos”). Se muestra la función que tiene un resistor en un

circuito eléctrico (“El resistor trata de regular el voltaje con el que vienen cargadas las partículas”).

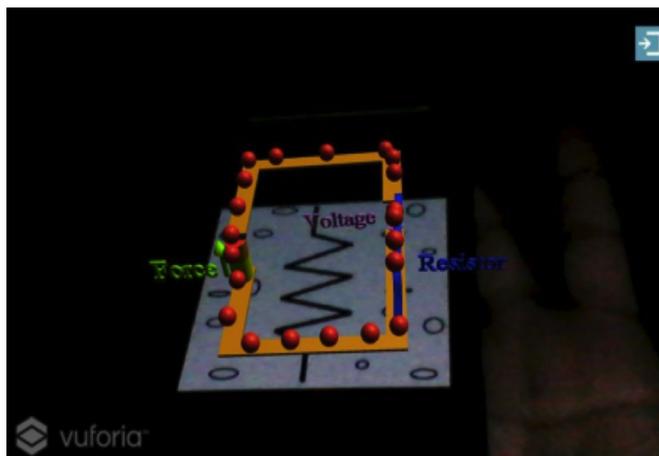


Figura 7. Modelo Resistor.
Fuente: Los autores.

El modelo inductor muestra un texto el cual explica la funcionalidad del inductor y su importancia (un inductor es una bobina envuelta con alambre alrededor que almacena energía en forma de campo magnético) y en el momento que desaparezca el texto, se muestra un nuevo texto en el cual se habla sobre los campos magnéticos que se produce en un inductor y la funcionalidad del mismo (La corriente que fluye a través del inductor crea nuevos campos magnéticos, es decir, que el inductor es un dispositivo que trata de prevenir que los campos magnéticos cambien a pesar que se generen nuevos campos en el inductor).

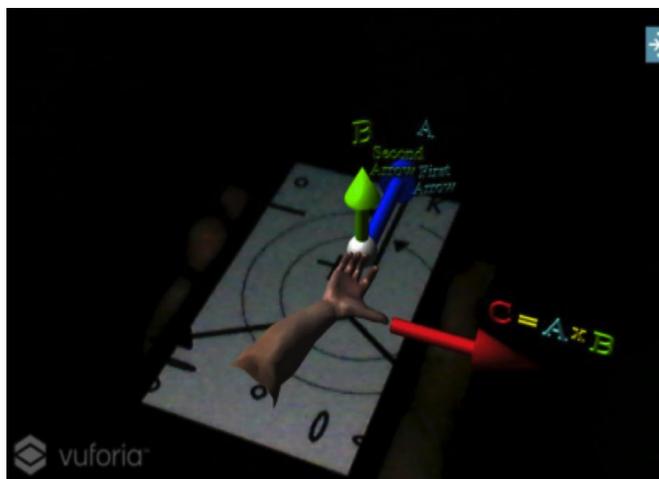


Figura 8. Producto Punto y Producto Cruz.
Fuente: Los autores.

En el modelo producto punto y producto cruz se muestra la fórmula respectiva a la dirección, es decir: Derecha ($C = A * B$), Izquierda ($C = -A * B$). También se muestra el concepto de la mano derecha y la importancia que tiene en el momento de orientarse en este tipo de casos (Se usa la mano derecha con el fin de recordar a dónde debe apuntar la flecha que nace de las originales con ayuda del dedo pulgar).

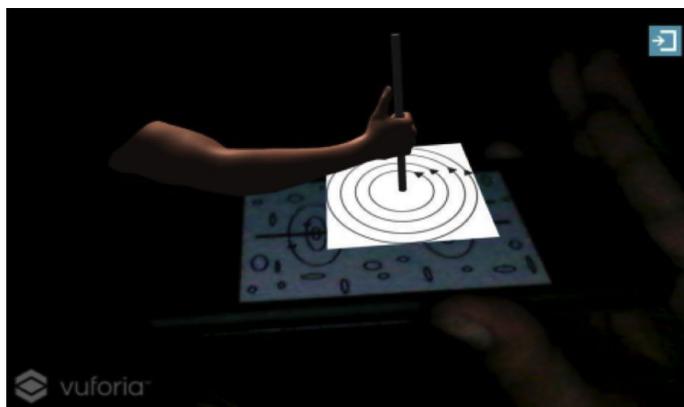


Figura 9. Modelo Regla de la Mano Derecha.
Fuente: Los autores.

El modelo de la regla de la mano derecha muestra como texto inicial, la funcionalidad y finalidad que posee la regla de la mano derecha (“la regla de la mano derecha establece que si se extiende la mano derecha sobre el conductor en forma de que los dedos estirados siguen la dirección de la corriente”). Se mostró la funcionalidad de la dirección de los dedos de la mano derecha, que intervienen en la regla. También se hizo simulación de una situación de la vida real, donde la funcionalidad de la regla de la mano derecha es aplicada.

3.1 Pruebas

Para la fase final del desarrollo del proyecto se procedió a realizar pruebas del sistema con usuarios reales en el mes de octubre del 2016. Se contó con la ayuda del Instituto Caldas (colegio privado de la ciudad de Bucaramanga, Colombia), donde se realizaron pruebas con los estudiantes de 11A y 11B. Cada curso contaba aproximadamente con 20 y 21 estudiantes en edades entre 15-18 años debido a que los estudiantes de esta institución estaban estudiando las temáticas propuestas para el prototipo de Realidad Aumentada (son los mismos temas que se ven en las materias de ciencias básicas de la UNAB). Los estudiantes procedieron a interactuar con la aplicación desarrollada bajo el nombre de “EducAR” la cual fue instalada previamente en tabletas proporcionadas por la UNAB (ver Figs. 10 y 11).

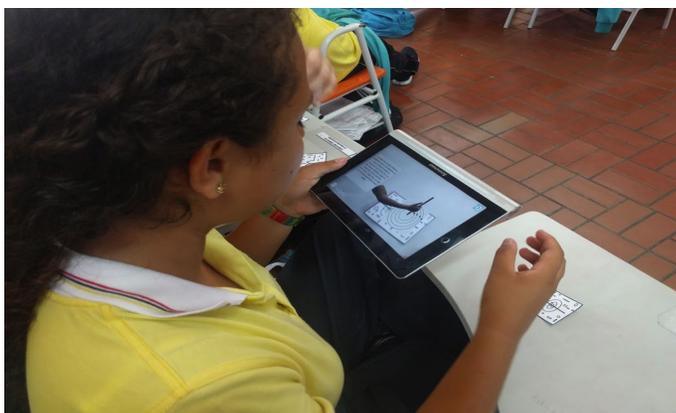


Figura 10. Estudiantes aprendiendo con Realidad Aumentada.
Fuente: Los autores.



Figura 11. Estudiantes en grupo y con apoyo del docente.
Fuente: Los autores.

4 Oportunidades y dificultades

A partir de las encuestas realizadas a los estudiantes y docentes al finalizar la sesión y la recolección de trabajos similares en el estado del arte, se pudo evidenciar la gran aceptación que tuvo la aplicación EducAR por parte de la comunidad de maestros y alumnos. En base a dicha evidencia, se podría comenzar a pensar en el desarrollo de aplicaciones similares a EducAR, que sirvan como herramientas de apoyo de la educación y que se pueden implementar en el uso cotidiano de los colegios y las universidades, reemplazando así de esta manera el método de enseñanza tradicional.

El uso del SDK de Vuforia permitió que el proyecto se llevará a cabo de una manera óptima, ya que el software aparte de proporcionar la facilidad de importar cualquier imagen que se desee utilizar como un marcador de Realidad Aumentada, también se complementa perfectamente con la plataforma de desarrollo de videojuegos más usada en el mercado que es Unity, donde importar las imágenes que se utilizarían no representaba problema alguno y se realizaba de una forma rápida.

Durante el desarrollo de la aplicación surgieron problemas los cuales fueron solucionados de inmediato tales como:

Problemas con los marcadores: Durante el montaje de los modelos en los respectivos marcadores alusivos a la temática abordada, se presentó un problema en cuanto a la visibilidad de la Realidad Aumentada, ya que dichos marcadores no contaban con los suficientes puntos de reconocimiento necesarios para la proyección de la Realidad Aumentada. Teniendo el problema con los marcadores, se procedió a cambiar cada uno de los marcadores por marcadores con un mayor número de puntos de reconocimiento y con mayor calificación en el programa Vuforia, con el fin de ofrecer comodidad en el uso de la aplicación con el menor número de pasos a realizar.

Problema con las animaciones: Las animaciones representaron un problema de gran riesgo durante el desarrollo del proyecto, ya que ninguno de los autores del proyecto estaba familiarizado con el uso de herramientas de diseño gráfico; este problema se solucionó por medio de un diseñador gráfico, el cual realizó la modelación en un programa especializado y

posteriormente se exportó a Unity.

Problema con la presentación de la aplicación: En el momento de realizar una interfaz amigable con el usuario, no se tenía una visión de esta, ya que se tenían múltiples ideas de presentación de la aplicación. El problema fue solucionado por el equipo de trabajo, tomando en cuenta aquellos aspectos importantes para el usuario que tiene la aplicación, se realizaron encuestas y grupos focales para crear una buena experiencia de usuario.

5 Conclusiones

La tecnología juega un papel importante de carácter motivacional en nuestro entorno. Llegará el día en donde nuestro cuerpo se integre con ella y ella sea parte de nosotros. Por eso la educación debe buscar y probar nuevas formas de enseñanza - aprendizaje para usar las TIC y generar conocimiento a partir de la motivación que se genera. Se concluye finalmente que este trabajo no solo probó que la Realidad Aumentada es una herramienta de apoyo a la hora de enseñar un tema determinado, sino que es relevante en cuanto al aumento de la motivación en el aprendizaje del estudiante, generando espacios de colaboración, cooperación y convivencia al trabajar en grupos para lograr un aprendizaje.

La integración entre la pedagogía y las TIC fue el factor clave durante el diseño y desarrollo del proyecto EducAR. La literatura revisada siempre resaltó que ambos elementos deben estar juntos con el fin de crear un sistema de aprendizaje exitoso. Sin embargo, la forma de hacer esto no era muy claro, hasta que se investigó sobre cómo enlazar las aplicaciones de RA con los modelos pedagógicos, donde se evidenció que había mucha documentación relacionada. Entre esos documentos predominaba el uso del modelo de E-Learning [3].

Las principales funcionalidades de la aplicación de aprendizaje se desarrollaron a partir de los modelos definidos en el Modelo pedagógico de enseñanza por medio de Realidad Aumentada propuesto en la investigación. Para el desarrollo de la aplicación fue necesario recurrir a la ayuda de material teórico que proporcionará una información relevante sobre los temas a tratar, entre ellos: inductores, circuitos, resistores, producto punto y producto cruz, la ley de la mano derecha. La información suministrada no era lo suficientemente clara, lo que llevó recurrir a la ayuda de expertos en el tema, los cuales dieron diferentes puntos de vista, sobre el cómo poder modelar de manera sencilla dichos temas que para ellos era difícil mostrar a los estudiantes, confirmando de este modo que es necesario implementar nuevos métodos de aprendizaje y que mejor que enfocarlos en una dirección tecnológica y más si dicha tecnología está enfocada en la Realidad Aumentada que en el momento está teniendo una gran aceptación por parte de la sociedad.

A partir de las encuestas realizadas y la recolección de trabajos similares en el estado del arte, se pudo evidenciar la gran aceptación que tuvo la aplicación EducAR por parte de la comunidad de maestros y alumnos. En base a dicha evidencia, se podría comenzar a pensar en el desarrollo de aplicaciones similares a EducAR, que sirvan como herramientas de apoyo de la educación y que se puedan implementar en el uso cotidiano

de instituciones educativas, universidades y empresas, reemplazando el método de enseñanza tradicional.

Las encuestas dieron como resultado que los estudiantes consideran sus clases tradicionales aburridas y sin suficientes elementos llamativos o motivantes que los lleven a querer adquirir ese conocimiento.

El uso del SDK de Vuforia permitió que el proyecto se desarrollara de una manera óptima, ya que el software proporciona la facilidad de importar cualquier imagen que se desee utilizar como un marcador de Realidad Aumentada. También se integra perfectamente con la plataforma de desarrollo de videojuegos más usada en el mercado que es Unity, donde importar las imágenes que se utilizarían no representaba problema alguno y se realizaba de una forma rápida.

6 Trabajo futuro

Considerando las opiniones obtenidas a partir de las encuestas y pruebas de usuario se quiere añadir más funcionalidad a la aplicación con diversos temas de ciencias básicas tales como química, cálculo, entre otros. También se esperan incluir más interacciones usando realidad mixta, agregando funcionalidades adicionales con los marcadores.

Se piensa crear una comunidad de desarrolladores que puedan aportar la revisión del código, crear nuevas funcionalidades, compartir conocimiento con otras universidades y grupos de investigación relacionados.

Referencias

- [1] Meléndez-Surmay, A.A. Estudio sobre deserción y permanencia académica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Guajira desde el II PA 2005 hasta el II PA 2007. Tesis de grado. Universidad de la Guajira, Riohacha, Colombia, 2008. [en línea]. Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/articulos-323174_recurso_1.pdf
- [2] Lobo-Quintero, R.A., Augmented reality for educative and collaborative environments. MaSc. Thesis, Universidad Nacional de Colombia. 2014.
- [3] Dabbagh, N., Pedagogical models for E-Learning: A theory-based design framework. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 1(1), pp. 25-44, 2005.
- [4] Ab-Aziz, N.A., Ab-Aziz, K., Paul, A., Yusof, A.M. and Noor, N.S.M., Providing augmented reality-based education for students with attention deficit hyperactive disorder via cloud computing: Its advantages. In *Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2012 14th International Conference on (1). IEEE. February, 2012, pp. 577-581.
- [5] Jonassen, D.H., Grabinger, R.S. and Harris, N.D.C., Analyzing and selecting instructional strategies and tactics. *Performance improvement quarterly*, 3(2), pp. 29-47, 1990. DOI: 10.1111/j.1937-8327.1990.tb00456.x
- [6] Clark, R., *Learning from media. Arguments, analysis and evidence*. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing. 2001.
- [7] Breakey, K.M., Levin, D., Miller, I. and Hentges, K.E., The use of scenario-based-learning interactive software to create custom virtual laboratory scenarios for teaching genetics. *Genetics*, 179(3), pp. 1151-1155, 2008.
- [8] Jonassen, D. and Driscoll, M. (Eds.). *Handbook of research for educational communications and technology: a project of the Association for Educational Communications and Technology*, Vol. 2, Routledge. DOI: 10.1007/978-1-4614-3185-5, 2003.
- [9] Cunningham, D. and Duffy, T., Constructivism: implications for the design and delivery of instruction. *Handbook of research for educational communications and technology*, 51, pp. 170-198, 1996.
- [10] Gorrell, J. and Capron, E., Cognitive modeling and self-efficacy: effects on preservice teachers' learning of teaching strategies. *Journal of Teacher*

- Education, 41(5), pp. 15-22, 1990. DOI: 10.1177/002248719004100503
- [11] Azuma, R.T., A survey of augmented reality. Presence: teleoperators and virtual environments, 6(4), pp. 355-385, 1997. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [12] Klopfer, E., Augmented learning: research and design of mobile educational games. MIT press. 2008.
- [13] Furió, C., Guisasola, J., Almudí, J.M. and Ceberio, M., Learning the electric field concept as oriented research activity. Sci. Ed., 87, pp. 640-662, 2003, DOI: 10.1002/sce.10100
- [14] Hodson, D., Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas, 12(3), pp. 299-313, 1994.
- [15] Duit, R., La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 11(30), pp. 741-770, 2006.

R.A. Lobo-Quintero, recibió el título de título Ing. de Sistemas en 2011, el título de MSc. en Ingeniería de Sistemas y Computación en 2015, ambos de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. De 2010 a 2012 ha trabajado como docente en diferentes materias de programación en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Fue docente en la Fundación Universitaria de San Gil – Unisangil en el 2014. Actualmente es el director del grupo de investigación Preservación e Intercambio Digital de Información y Conocimiento (PRISMA) de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. También es docente de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

ORCID: 0000-0003-2989-5357

J.S. Santoyo-Díaz, recibe el título Ing. de Sistemas en 2005, el título de Esp. en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software en 2006, estos dos de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. El título de MSc. en Sistemas y Servicios en la Sociedad de la Información en 2013 de la Universidad de Valencia, Valencia, España. Ha trabajado como investigador desde el 2004 hasta el 2008 en la UNAB realizando varios proyectos. En el 2009 fue docente en la Facultad de Estudios Técnicos y Tecnológicos de la UNAB. En el 2010 trabajó en un proyecto con la Universidad Politécnica de Madrid, España. Trabajó desde el 2011 hasta el 2013 como desarrollador en Quasar Tecnología en Bucaramanga, Colombia. Actualmente es docente y administrador de LMS de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia

ORCID: 0000-0001-9947-1109

W. Briceño-Pineda, recibe el título Ing. de Sistemas en 1993 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recibe el título de MSc. en Administración convenio con ITESM en 2000 de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. Recibe el título de MSc. in Business Administration en 2002 de Southern Illinois University at Carbondale, USA. Actualmente es el Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

ORCID: 0000-0003-3194-6758