

# Realidad Aumentada Para Ambientes Educativos Virtuales Usando Interaccion Basada En El WiiMote

René Lobo, *Universidad Nacional de Colombia* Pablo Figueroa, *Universidad de los Andes*

**Abstract**—El presente articulo describe el desarrollo y características de EducAR(Educative Augmented Reality) una aplicación destinada a la enseñanza en ambientes educativos virtuales empleando realidad aumentada colaborativa para mostrar e interactuar con modelos 3D de química orgánica, la cual mejora la experiencia educativa en ambientes síncronos y asíncronos propiciando la apropiación de nuevos conceptos. Además se explora el uso de una técnica de interacción basada en el Wiimote para la interacción entre el usuario y los contenidos 3D generados

**Index Terms**—IEEEtran, journal, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, paper, template.

## I. INTRODUCTION

HASTA el surgimiento del internet y las tecnologías de la información, la educación era siempre de carácter magistral, el profesor realizaba una exposición continua y fundamentalmente monologada. La participación de los estudiantes durante las explicaciones del profesor consistía en escuchar, tomar apuntes y, en algunos casos, en formular preguntas o participar en una pequeña discusión. Aunque este método funciona en la mayoría de casos, debido a la alta demanda educativa y a la globalización no siempre los estudiantes y profesores pueden compartir un mismo espacio físico, la educación virtual surge para suplir esta necesidad utilizando todos los medios electrónicos y tecnologías disponibles para facilitar la transmisión de conocimiento entre personas apartadas geográficamente [1]. Gracias a esto la educación virtual cada vez esta tomando mas importancia para las instituciones educativas, un claro ejemplo es el de la universidad de Standford quien en el año 2011 puso a disposición su primer curso virtual gratuito para todo el mundo alcanzando un numero de alumnos mayor a 60 mil.

La realidad aumentada puede ser definida como una vista directa o indirecta del mundo real que ha sido mejorada o aumentada al añadirle información generada por computador [2]. Los sistemas de realidad aumentada son definidos como los que poseen estas 3 características [3] :

- 1) Combinan contenidos reales y virtuales
- 2) Son interactivos y en tiempo real
- 3) Son registrados en 3D

Debido a sus características la realidad aumentada puede ser usada para enriquecer y mejorar los sistemas de educación virtual, combinando video con modelos 3D en tiempo real que pueden ser presentados y manipulados por los estudiantes, obteniendo una excelente forma de intercambiar y manipular contenidos educativos

## II. MOTIVACIÓN

La educación virtual esta tomando un lugar determinante en el futuro de la enseñanza a nivel mundial, estadísticas muestran que 29 porciento de los estudiantes de cursos de educación superior en Estados Unidos están inscritos en clases de tipo virtual y que el 66 por ciento de los centros educativos ofrecen cursos de educación virtual [4] principalmente por la flexibilidad en tiempo que este tipo de cursos ofrece y por la posibilidad de estar en contacto con temáticas de interés personal que no están disponibles en sus centros de estudio. Nuestro ideal es crear una aplicación que pueda ser utilizada en educación virtual de tipo síncrono y asíncrono e incluso en clases presenciales, que facilite tanto la labor del profesor de mostrar y explicar conceptos y modelos como la del estudiante de apropiarse de estos. Para esto hacemos uso de la realidad aumentada como tecnología que tiene el potencial de atraer, estimular y motivar a los estudiantes a explorar los materiales de la clase desde múltiples ángulos [5].

## III. TRABAJO PREVIO

Desde los años 90 se han realizado un gran numero de desarrollos que aplican realidad aumentada tanto en la educación presencial como en la virtual, se pueden encontrar aplicaciones para un gran numero de materias y disciplinas entre las que encontramos:

- Vistas y proyecciones ortogonales para ingeniería: [6] presentan un libro electrónico que usa marcadores de realidad aumentada para mostrar sólidos generados por vistas isométricas.
- Diseño: [7] implementan un sistema colaborativo para la manipulación y evaluación de diseños 3D, permitiendo que varios diseñadores puedan dar su opinión sobre cualquier tipo de modelo sin importar su ubicación geográfica
- Física: [8] presentan una colección de mundos virtuales inmersivos para la enseñanza del modelo de Newton y Maxwell
- Matemáticas y geometría: [9] muestran una aplicación colaborativa de carácter inmersivo para la enseñanza de geometría a partir de la creación de modelos de forma colaborativa
- Educación preescolar: [?] muestran un sistema de realidad aumentada que apoya el proceso educativo de enseñar a leer y escribir a niños de preescolar

Adicional a estas aplicaciones podemos encontrar varios resúmenes y estados del arte que describen ampliamente este tipo de desarrollos [10] [11] [12] [2].

#### IV. DESCRIPCIÓN

La aplicación EducAR fue diseñada para la enseñanza de modelos de química orgánica, de modo que sea usada para facilitar la apropiación de conceptos tales como introducción a la química orgánica, estructuras de Lewis, isomería y estereoquímica figura 1. EducAR puede ser utilizado en modelos de educación síncronos, asíncronos e incluso presenciales para aprendizaje de forma colaborativa o personal.

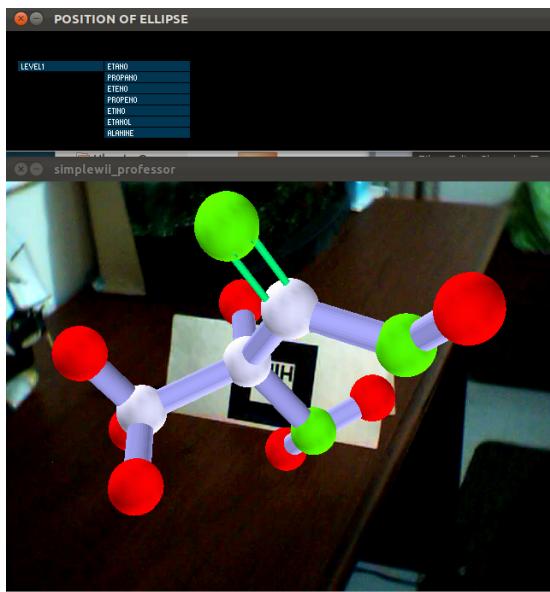


Fig. 1. figura de una molécula orgánica en EducAR

##### A. Modelo síncrono

El profesor desarrolla su clase y esta es grabada y transmitida a los estudiantes usando videoconferencia, tanto profesor como estudiantes comparten los modelos 3D creados mediante realidad aumentada, por lo que los cambios que realice el profesor se ven reflejados en los modelos de los estudiantes, y así mismo los estudiantes pueden seleccionar un átomo o molécula en particular para exponer alguna duda y esta selección se refleja en el modelo del profesor. Para facilitar la interacción y mejorar la fluidez de la clase, el profesor puede controlar todos los modelos 3D y desarrollar su clase únicamente con el WiiMote, sin necesidad de interactuar con el computador directamente, pudiendo realizar las operaciones de zoom, rotación en los 3 ejes, selección de un elemento en particular dentro del modelo y cambiar de modelo.

##### B. Modelo asíncrono

El estudiante puede interactuar con los modelos químicos realizando las operaciones de zoom, rotación en los 3 ejes y selección de átomos o elementos en particular para obtener mas información de estos, para la interacción el alumno puede utilizar los medios convencionales (mouse y teclado) o un WiiMote si dispone de el.

Las arquitecturas fueron diseñadas para mantener bajos costos de modo que la aplicación pueda ser implementada en cualquier centro educativo y que su integración sea sencilla de la siguiente forma

##### C. Arquitectura

Para el modelo síncrono la arquitectura de hardware figura 2. Consiste en 2 computadores interconectados por una conexión UDP, cada computador tiene 2 cámaras web, una es usada para el reconocimiento de los marcadores de realidad aumentada y la otra para establecer una video conferencia entre el profesor y el estudiante, la conexión entre el Wiimote y el computador es realizada por bluetooth La arquitectura

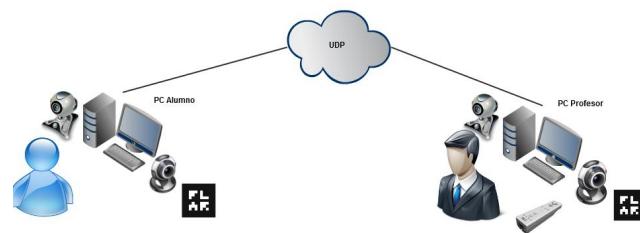


Fig. 2. Arquitectura modelo síncrono, alumno a la izquierda, profesor a la derecha

para el modelo asíncrono figura 3 simplemente consiste en un computador y una cámara web usada para el reconocimiento del marcador de realidad aumentada. Con estos componentes El alumno puede consultar el material de la clase e interactuar con el desde su hogar En ambas arquitecturas el uso del

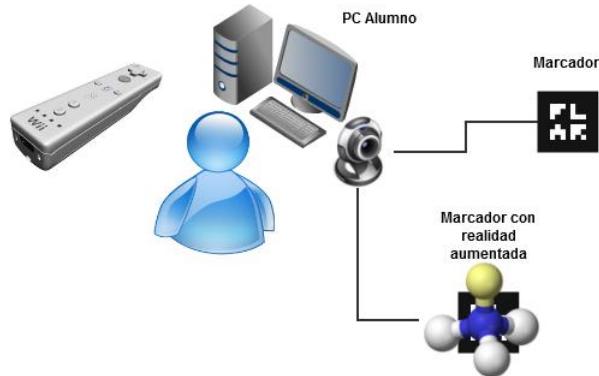


Fig. 3. Arquitectura modelo asíncrono, alumno a la izquierda, profesor a la derecha, el uso del Wiimote es opcional

WiiMote es opcional para el alumno, el sistema esta diseñado de forma que puede ser utilizado solamente con el mouse y teclado pero como se vera mas adelante su uso es deseado.

##### D. Software

El lenguaje de programación seleccionado para el desarrollo de EducAR es Java, principalmente para que la aplicación pueda ser implementada en forma de applet dentro de cualquier sistema o plataforma de educación virtual. Para poder utilizar realidad aumentada basada en marcadores se selecciono el Toolkit de realidad aumentada NyARToolkit [13] el cual es un conjunto de clases y librerías derivadas del framework de C/C++ ARToolkit [14] Que permiten el reconocimiento y tracking de marcadores sencillos en blanco y negro con una gran exactitud. Adicionalmente para el control

interno del acelerómetro del Wiimote y de su cámara infrarroja se utilizó la librería para Processing Wrj4P5 [15]; Con la cual se lograron implementar los mecanismos de control, interacción y control de eventos del Wiimote. Para el desarrollo del intercambio de mensajes vía UDP entre los computadores se utilizó la librería Hypermedia [16] logrando un tráfico de datagramas al cargar la aplicación y cada vez que ocurría un evento, de este modo cualquier cambio en el modelo 3D del profesor o del alumno era reflejado en el modelo 3D de la otra persona, generando una interacción colaborativa entre los participantes

#### E. Modelos de química orgánica

Los modelos 3D utilizados fueron creados utilizando una adaptación de la librería Jmol [17] para processing. Esta librería permite gráficas moléculas y compuestos químicos empleando primitivas 3D lo que mejora el desempeño de la aplicación al momento de renderizar. Para esto utiliza unos archivos de texto plano .mol los cuales contienen información sobre los átomos, sus enlaces, conectividad y coordenadas 3D. Gracias a esto EducAR puede graficar casi cualquier compuesto reportado, desde simple moléculas de pocos átomos, hasta largas cadenas orgánicas, sin ver afectado su rendimiento y sobretodo sin necesidad de tener que emplear programas de diseño 3D externos a la aplicación para la creación de cada modelo

#### F. Interacción

Se diseño un modelo de interacción para el usuario destinado a la manipulación de los modelos 3D generados con realidad aumentada de forma práctica pero a la vez entretenida, esto para llamar la atención del usuario e invitarlo a explorar los conceptos expuestos con mayor detenimiento mejorando la apropiación de estos. Para esto se definieron los mecanismos de interacción de la siguiente manera

- Rotación: utilizando el acelerómetro del Wiimote se pueden rotar los modelos 3D en los 3 ejes, cada eje tiene un gesto independiente y una posición común en la que no hay ninguna rotación para evitar errores indeseados. La rotación inicia cuando se gira el control 90 grados en la posición deseada como indican las figuras 4 5 6, una vez ubicado el Wiimote en la posición de rotación el modelo 3D girará constantemente mientras este continúe en esa posición; al ubicar el Wiimote en la posición contraria se generará una rotación en la dirección opuesta
- Selección: utilizando la cámara infrarroja ubicada en el Wiimote se puede distinguir y rastrear la luz generada por un led infrarrojo, obteniendo las coordenadas del led con respecto a la cámara del Wiimote. Las cuales pueden ser convertidas a coordenadas en un rango correspondiente al tamaño de la ventana de la aplicación para posteriormente mover el puntero del mouse a estas coordenadas. Al realizar esto de forma constante, se obtiene un muy buen mecanismo para mover el mouse con el Wiimote, el cual presenta buena estabilidad y un rango aproximado de un metro con un solo led infrarrojo. Para realizar la acción

del click, se emplea el botón B (gatillo) del Wiimote el cual es ergonómicamente más apropiado para esta acción figura 7.

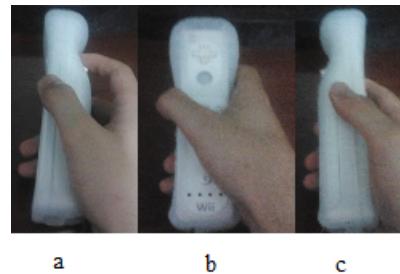


Fig. 4. rotación del modelo en el eje X, a) rotación en dirección positiva, b) posición neutra, c) rotación en dirección negativa

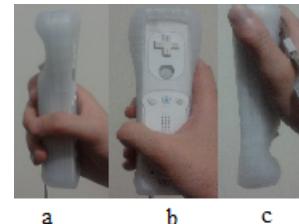


Fig. 5. rotación del modelo en el eje Y, a) rotación en dirección positiva, b) posición neutra, c) rotación en dirección negativa



Fig. 6. rotación del modelo en el eje Z, a) rotación en dirección positiva, b) posición neutra, c) rotación en dirección negativa



Fig. 7. Selección con el Wiimote

## V. EVALUACIÓN

EducAR fue evaluado por estudiantes de ingeniería de ambos géneros con edades entre 21 y 40 años, se realizó un proceso exploratorio inicial para probar la aceptación de la técnica de interacción usando el Wiimote, y con la

retroalimentación de esta se mejoró la aplicación y se realizó una prueba con 10 usuarios de la siguiente forma:

#### A. Prueba de usuarios

Se realizó una prueba de tipo between subjects en la que intervinió 10 usuarios de ambos géneros con edades entre 21 y 36 años, los usuarios exploraban el sistema por 1 minuto y posteriormente participaban en una corta clase de 5 minutos de introducción a la química orgánica en la que se les explicaba los conceptos de tipos de enlace, enlace simple, doble, triple, nomenclatura y formación de alcoholes utilizando la aplicación EducAR en forma síncrona, los estudiantes interactuaban con el profesor por medio de videoconferencia, mientras podían manipular los modelos 3D de las moléculas. Un grupo de usuarios interactuó con los modelos 3D generados con realidad aumentada utilizando el Wiimote y otro empleando mouse y teclado. Después cada usuario respondía 3 preguntas de química orgánica referentes a la clase que escucharon.

#### B. resultados

A continuación se presentan los resultados promedio de la encuesta realizada a los 10 participantes al terminar la prueba de usuarios figura 8, las calificaciones son de 1 a 10 siendo uno el peor valor y 10 el máximo tabla I .

TABLE I  
RESULTADOS PROMEDIO PRUEBA DE USUARIOS

	Wiimote	Mouse-teclado
desempeño	7.2	7.4
Entretención	7.8	6.6
Utilidad	9	8.4
Facilidad rotación	7.4	6.4
Facilidad selección	8	8
Facilidad zoom	6.6	8.2
Pertinencia	7.4	7.4
necesidad	8.8	8.2
Porcentaje preguntas correctas	93.3	86.6

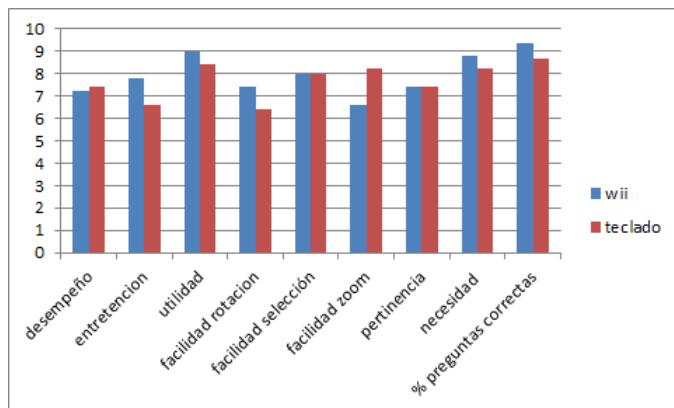


Fig. 8. resultados prueba de usuarios

Como se puede observar en la mayoría de los casos los usuarios

prefieren utilizar EducAR empleando el Wiimote, exceptuando la acción del zoom la cual varios usuarios no encontraron placentera. Adicionalmente los usuarios a pesar de solamente haber recibido una lección de 5 minutos, obtuvieron muy buenas calificaciones en las preguntas de química orgánica demostrando que la aplicación favorece la apropiación de nuevos conceptos. La interacción utilizando el mouse y teclado mostró que la aplicación puede ser utilizada con las técnicas convencionales de interacción aunque no mostró ser tan entretenida, lo cual es un factor a considerar teniendo en cuenta que el público objetivo de la aplicación son estudiantes de educación media y primeros semestres de universidad. Despues de realizar la encuesta, se realizó una corta entrevista, en la cual los usuarios opinaron sobre el sistema dándole calificativos como "interesante", "entretenido", "buena idea", lo cual muestra una gran aceptación del sistema y muestra que su desarrollo tiene un futuro promisorio

#### VI. CONCLUSIONES

- Se creó una aplicación que emplea un modelo de comunicación para educación virtual que emplea realidad aumentada colaborativa y utiliza una técnica de interacción basada en el Wiimote la cual demostró ser exitosa
- La creación de la aplicación EducAR mejora la apropiación de conceptos, al facilitar la manipulación de modelos 3D, y proveer un ambiente de aprendizaje virtual apropiado
- El uso de la realidad aumentada tiene un efecto positivo, los estudiantes pueden sentir que los conceptos son más accesibles, aumentando su interés por los temas tratados
- El uso de una técnica de interacción no convencional como lo es el Wiimote, facilita la interacción con los modelos 3D, en especial para la rotación y tiene una capacidad similar a la provista por el mouse

#### VII. TRABAJO FUTURO

- A partir de la retroalimentación conseguida rediseñar el mecanismo de zoom para el Wiimote y el mecanismo de rotación con el mouse y teclado de forma que sea más natural para el usuario
- Probar la aplicación EducAR en un ambiente asíncrono de educación autónoma
- Continuar con el desarrollo de EducAR para que pueda ser usada por múltiples usuarios (alumnos) en un modelo síncrono
- implementar otros mecanismos de interacción con realidad aumentada

#### REFERENCES

- [1] J. Cabero, "Bases pedagógicas del e-learning," *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, no. 6, 2007.
- [2] J. Carmignani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani, and M. Ivkovic, "Augmented reality technologies, systems and applications," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 51, no. 1, pp. 341-377, Dec. 2010. [Online]. Available: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11042-010-0660-6>
- [3] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Media*, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, 1997.

- [4] M. Paechter, B. Maier, and D. Macher, "Students expectations of, and experiences in e-learning: Their relation to learning achievements and course satisfaction," *Computers & Education*, vol. 54, no. 1, pp. 222–229, 2010.
- [5] L. Kerawalla, R. Luckin, S. Seljeflot, and A. Woolard, "making it real: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science," *Virtual Reality*, vol. 10, no. 3, pp. 163–174, 2006.
- [6] J. Martín-Gutiérrez, J. Luís Saorín, M. Contero, M. Alcañiz, D. C. Pérez-López, and M. Ortega, "Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students," *Computers & Graphics*, vol. 34, no. 1, pp. 77–91, Feb. 2010. [Online]. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0097849309001514>
- [7] T.-J. Nam and K. Sakong, "Collaborative 3D Workspace and Interaction Techniques for Synchronous Distributed Product Design Reviews," *International Journal of Design*, vol. 3, no. 1, pp. 43–55, 2009. [Online]. Available: <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/387/240>
- [8] C. Dede, M. Salzman, and R. Bowen Loftin, "Sciencespace: Virtual realities for learning complex and abstract scientific concepts," in *Virtual Reality Annual International Symposium, 1996., Proceedings of the IEEE 1996*. IEEE, 1996, pp. 246–252.
- [9] H. Kaufmann and D. Schmalstieg, "Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality," *Computers & Graphics*, vol. 27, no. 3, pp. 339–345, 2003.
- [10] Z. Pan, A. Cheok, H. Yang, J. Zhu, and J. Shi, "Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments," *Computers & Graphics*, vol. 30, no. 1, pp. 20–28, Feb. 2006. [Online]. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0097849305002025>
- [11] F. Mantovani, "Vr learning : Potential and challenges for the use of 3d environments in education and training," *Virtual Reality*, vol. 2, no. 1 Introduction, pp. 207–226, 2003.
- [12] E. Costanza, A. Kunz, and M. Fjeld, "Mixed Reality: A Survey," in *Human Machine Interaction*. Springer-Verlag, 2009, vol. LNCS 5440, pp. 47–68. [Online]. Available: <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/20953/>
- [13] Nyartoolkit. [Online]. Available: <http://www.nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>
- [14] H. Katz and M. Billinghurst, "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system," in *Augmented Reality, 1999.(IWAR'99) Proceedings. 2nd IEEE and ACM International Workshop on*. IEEE, 1999, pp. 85–94.
- [15] Wrj4p5. [Online]. Available: <http://sourceforge.jp/projects/wrj4p5/>
- [16] Udp processing library. [Online]. Available: <http://ubaanet/shared/processing/udp/>
- [17] A. Herráez, "Biomolecules in the computer: Jmol to the rescue," *Biochemistry and Molecular Biology Education*, vol. 34, no. 4, pp. 255–261, 2006.