

Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense

Javier de Pedro Carracedo, Carlos Luis Martínez Méndez

Title—Augmented Reality: an alternative methodology in primary education in Nicaragua.

Abstract—Internet and Information Technology (IT), with particular reference to all mobile devices and applications, have enjoyed an unprecedented exponential growth in recent years. Higher education has not kept out of this technological revolution. Traditional educational approaches provide to new technologies a decisive role in improving the teaching and learning processes. In this sense, Augmented Reality is presented as a strong candidate, because it facilitates understanding of complex phenomena by integrating computer-generated information into real-world. This technology is projected in the field of Latin America higher education as a trend could significantly transform the cognitive experiences of the university. However, the knowledge and the applicability of this technology in teaching is minimal, given the nature and stage of development, in addition to its low incidence in areas of daily society. The development of educational initiatives that make use of Augmented Reality, and its popularization among primary school children will contribute to its definitive consolidation in the university community.

Index Terms—Augmented Reality, Primary education, Higher education, Ibero-America, COMARFAREM, UNAN-Managua FAREM-Matagalpa.

I. INTRODUCCIÓN

LA incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios está desplazando paulatinamente al método tradicional [1, 2, 3], exclusivamente, en términos de comunicación directa entre los profesores y los estudiantes, por medio de propuestas metodológicas de enseñanza que hacen uso directo de los servicios TIC. Si bien es cierto que las fórmulas pedagógicas clásicas han demostrado su potencial, hoy en día instituciones universitarias de todo el mundo acogen satisfactoriamente la inclusión de nuevos métodos de enseñanza, con objeto de mejorar los niveles de rendimiento de los alumnos. En este sentido las nuevas tecnologías están respondiendo con acierto a las necesidades educativas. Recientes estudios revelan que los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (*Virtual*

Learning Environment), adoptados en muchos centros de educación superior, facilitan el aprendizaje de las materias cursadas [4].

La mayoría de las aplicaciones multimedia, con fines educativos, se sirven de diferentes formatos, véanse texto, imágenes, vídeo, animaciones y sonido, para presentar el material académico. Estas herramientas complementan los métodos tradicionales de enseñanza, dado que los contenidos, objeto de estudio, se proyectan en un modo muy sugerente e interesante para el estudiante. Consecuentemente, cualquier sistema o método venidero deberá considerar las tendencias y necesidades actuales de la educación superior, a todas luces imbuida de las nuevas tecnologías. Atendiendo al marco específico de las ingenierías, en las que las asignaturas fundamentales reclaman altas dosis de abstracción, facultad, de por sí, compleja, el aprendizaje debería ser «más divertido», coincidiendo con lo sugerido en [5]. Por tanto, todos los esfuerzos deben dirigirse hacia un simple propósito, reforzar la capacidad de análisis (discernimiento) de los estudiantes, haciéndoles partícipes de un entorno más colaborativo, a la par que motivador, por medio de mecanismos audiovisuales, ubicuos en sus vidas.

En los últimos años diversas universidades punteras han comenzado a explotar nuevos métodos de visualización, con objeto de enriquecer los actuales programas educativos [6, 7], alzándose la Realidad Aumentada (RA) como una tecnología prometedora, de las existentes hoy en día [8, 9]. En términos técnicos la RA comprende una mezcla de gráficos por computador, visión artificial y multimedia, de forma que el usuario pueda perfeccionar su percepción del mundo real, mediante la anexión de información virtual [10]. Para que la RA proporcione una visión comprensible del mundo circundante, los escenarios real y virtual han de sincronizarse, posicional y contextualmente.

Este artículo obedece a la siguiente estructura. En la sección 2 se introducen los conceptos que definen la RA; además, se describen los elementos que conforman un sistema de RA; en la sección 3 se examina la aplicación de la RA en la educación superior, con especial énfasis en las iniciativas planteadas por diferentes grupos de investigación iberoamericanos; en la sección 4 se pormenorizan los resultados cosechados por la Comunidad de Realidad Aumentada FAREM-Matagalpa, COMARFAREM, de acuerdo con el ámbito de aplicación de la RA, esencialmente, en los contextos de la educación primaria y la publicidad. Finalmente, en la sección 5, a modo de conclusión, se alude a los aspectos didácticos de la

Javier de Pedro Carracedo es miembro del Departamento de Automática, con base en la Escuela Politécnica Superior, adscrita a la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, España (e-mail: javier.depedro@uah.es).

Carlos Luis Martínez Méndez es miembro del Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud, adscrito a la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa, Nicaragua (e-mail: carluismm@unan.edu.ni).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

enseñanza, como factores determinantes del éxito de esta tecnología en la educación.

II. REALIDAD AUMENTADA

La Realidad Aumentada (RA), del inglés *Augmented Reality*, comprende aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real, aumentado con información adicional generada por ordenador [11]. De este modo, la realidad física se combina con elementos virtuales, disponiéndose de una realidad mixta en tiempo real. Objetos virtuales bidimensionales y/o tridimensionales se superponen al mundo real; el efecto suscitado comporta la coexistencia de dos mundos, virtual y real, en el mismo espacio.

Sin embargo, la RA no debe confundirse con la Realidad Virtual, pese a las características comunes que comparten, como, por ejemplo, la inserción de modelos virtuales 2D y 3D en el campo de visión del usuario [12, 13, 14]; la principal diferencia estriba en que la RA no reemplaza el mundo real por un mundo virtual, sino que conserva el mundo real que percibe el usuario, completándolo con información virtual superpuesta a la real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que le rodea, más bien puede interactuar con la información virtual intercalada [15].

Con objeto de experimentar las sensaciones que aporta la RA, se requiere, principalmente, el uso de un sistema de seguimiento, denominado *Head Mounted Display (HMD)*, gafas de visión aumentada y un monitor, con características de RA, que depende de una cámara web y la posición de los marcadores (ver Fig. 1) [16].

A. Arquitectura de un Sistema de Realidad Aumentada

La arquitectura de cualquier sistema de RA descansa fundamentalmente sobre dos elementos críticos, visualización y seguimiento, pues de ellos depende el grado de inmersión e integración en la realidad mixta. El sistema de seguimiento determina la posición y orientación exactas de los objetos reales y virtuales en el mundo real. El sistema gráfico, o de visualización, además de generar los objetos virtuales, combina todos los elementos de la escena, reales y virtuales, mostrándolos por pantalla.



Fig. 1. Tecnología empleada en Realidad Aumentada. En (a) se muestra un modelo de sistema de seguimiento HMD (*Head Mounted Display*); en (b) un modelo de gafas de visión aumentada; en (c) se advierte un PC con cámara web y marcadores posicionales.

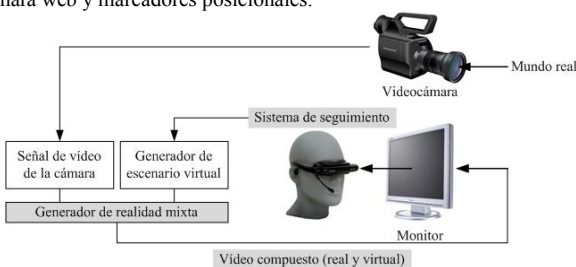


Fig. 2. Diagrama conceptual de un sistema de Realidad Aumentada.

La Fig. 2 ilustra el esquema conceptual de un sistema de RA. La cámara captura la información que suministra el mundo real. El sistema de seguimiento establece la posición y orientación del usuario en cada momento. Con estos datos se genera el escenario virtual que, combinado con la señal procedente de la videocámara, conforma la escena aumentada. Esta escena, compuesta de objetos reales y virtuales, se presenta al usuario por medio del dispositivo de visualización.

Un aspecto importante de la RA lo constituye la interfaz con el usuario. En la mayoría de las aplicaciones las capas superpuestas sobre la imagen real corresponden a video y sonido. En cualquier caso la RA puede proporcionar un mundo completamente «inmersivo», característico de la Realidad Virtual, pero también un mundo físico, en el que los usuarios disponen de cierta capacidad para interactuar con el medio.

Por consiguiente, la RA brinda toda una gama de interfaces por ordenador. Como apuntan Mark Billinghurst et al. en [17]: «Las interfaces por ordenador pueden situarse a lo largo de un continuo, de acuerdo con la proporción de la escena generada por ordenador.» En este sentido una clasificación de las interfaces por ordenador (ver Fig. 3), comúnmente aceptada [18], sitúa el mundo real en el extremo izquierdo y el mundo virtual, generado por ordenador, en el extremo derecho; en el medio, como un continuo, se manifiestan la RA, más próxima al mundo real, y la Virtualidad Aumentada, más cerca del mundo virtual.

III. REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

La progresiva implantación de las nuevas tecnologías en las aulas, sumada al incremento sin precedentes de los dispositivos móviles en el conjunto de la población, sitúa a la RA en una posición destacada. De hecho, en 2010 la revista *Time* la incluyó entre las diez tendencias tecnológicas de ese año —exactamente en un cuarto puesto—, si bien la RA se sirve de otras tecnologías que igualmente figuran en el *ranking*, como la geolocalización, *cloud computing* y juegos sociales, entre otras. En la misma línea la compañía *Gartner Research* identificó la RA como una de las diez tecnologías más disruptivas de los últimos años, con una previsión de uso, en torno a 2014, del orden del 30% de los usuarios de dispositivos móviles [19].

En el ámbito educativo la RA constituye una plataforma tecnológica especialmente eficaz en todo lo relacionado con la forma en que los estudiantes perciben la realidad física, puesto que permite desglosarla en sus distintas dimensiones, con objeto de facilitar la captación de sus diversas particularidades, en ocasiones imperceptibles para los sentidos. Así, con la RA es factible generar modelos que simplifican la complejidad multidimensional del mundo circundante, lo que, desde una perspectiva académica, aporta completud a cualquier experiencia de aprendizaje.

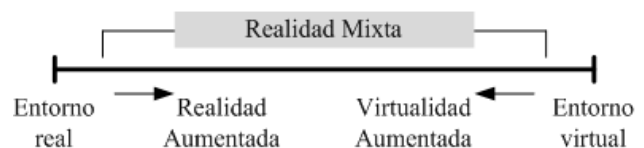


Fig. 3. Continuo de Milgram et al. (Realidad/Virtualidad) [18].

Las posibilidades aplicativas de la RA, respecto a la elaboración de materiales didácticos y actividades de aprendizaje, son múltiples y heterogéneas en, prácticamente, todas las disciplinas universitarias, fundamentalmente, en las especialidades científico-tecnológicas. Es más, esta tecnología conjuga perfectamente la formación presencial con la educación a distancia, como se ha puesto de manifiesto en diversas iniciativas promovidas desde la Universidad Abierta y a Distancia de México [20], con las que se puede optimizar el tiempo invertido en los laboratorios presenciales, destinados a proyectos de desarrollo tecnológico que requieren ciertas habilidades cognoscitivas.

La RA es capaz de proporcionar experiencias de aprendizaje fuera del aula, más contextualizadas, desplegando nexos de unión entre la realidad y la situación de aprendizaje en que participan los estudiantes. Cualquier espacio físico puede convertirse en un escenario académico estimulante. Por ejemplo, los estudiantes de Arqueología, Historia o Antropología, podrían disponer de aplicaciones que reconstruyeran emplazamientos históricos excepcionales. Mediante mapas y gráficos tridimensionales se recrearían diferentes momentos de la Historia. De la misma forma, los museos podrían transformarse en espacios interactivos, del todo inmersivos y autodidactos. En este sentido sobresalen diversos proyectos llevados a cabo por universidades españolas, como la Pompeu Fabra y la Rovira i Virgili, en Cataluña, y la Universidad Politécnica de Valencia, en la que el grupo de investigación FutureLab ha desarrollado un prototipo de RA que permite acceder a reconstrucciones virtuales de monumentos emblemáticos, obteniéndose imágenes 3D, disponibles para PDA, teléfonos móviles y ordenadores [21]. La RA también brinda la posibilidad de modelar objetos 3D sobre planos físicos, como evidencia la propuesta del Colegio Mauricio de Nassau, en Brasil, donde los estudiantes de Arquitectura exploran los beneficios que comporta la RA, proyectando modelos de escaleras de edificios, de manera que se reduzcan los tiempos dedicados a la presentación y construcción de diseños arquitectónicos [22].

Los libros de texto aumentados comprenden otra variante interesante de la RA. Para visualizar objetos de RA, únicamente se precisa la instalación de un software especial en el ordenador, así como enfocar el libro con una cámara web. La finalidad no es otra que complementar la información textual o gráfica, característica de un libro, con simulaciones o análisis de casos de estudio, propiciándose así una aproximación más global y holística de los contenidos expuestos. El proyecto *Magic Book* [17], liderado por el grupo de investigación neozelandés HIT (*Human Interface Technology*), representa el máximo exponente de los libros aumentados.

El alcance potencial de la RA en las diferentes disciplinas universitarias y/o perfiles profesionales no se supedita únicamente a la creación de entornos y recursos educativos, sino que reivindica un esfuerzo innovador en la oferta académica, esto es, la transformación del currículo docente es condición *sine qua non* para el éxito de esta empresa, favoreciendo la aparición de novedosas áreas de investigación aplicada. En cierta forma las posibilidades que brinda la RA, en el ámbito de la educación superior, están

todavía por descubrir, condicionándose los resultados tangibles más a las aplicaciones pedagógicas ideadas que a las competencias tecnológicas en sí.

El presente artículo no pretende abordar todas las iniciativas educativas, dada la amplitud de propuestas, que, con la impronta de la RA, se han venido desarrollando a nivel mundial en los últimos años; más bien se circunscribe al área iberoamericana, en que sobresalen varios proyectos universitarios, subordinados a esta tecnología relativamente incipiente. En cualquier caso diversos trabajos [23, 24], publicados recientemente, compendian los avances registrados en esta tecnología, desde una perspectiva educacional.

- **Arquitectura.** En la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile se ha implementado una experiencia académica, basada en un sistema de RA, consistente en la visualización de proyectos arquitectónicos planteados por los estudiantes [25], con objeto de dar visibilidad pública a sus trabajos, mediante un taller en línea con capacidad telepresencial (programa marco Chiloe).
- **Dibujo técnico.** Diversas universidades iberoamericanas se sirven de Google SketchUp, en combinación con el *plugin* AR-media, para diseñar piezas 3D por medio de la RA [19].
- **Laboratorios de ingeniería.** En la Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao (España), adscrita a la Universidad del País Vasco (EHU), el grupo de investigación MULTIMEDIA-EHU¹ está trabajando en la aplicación de la RA en laboratorios de asignaturas impartidas en ingeniería [15]. En estos laboratorios los estudiantes pueden examinar el funcionamiento de dispositivos eléctricos o mecánicos reales, como máquinas eléctricas, circuitos electrónicos, modelos a escala, actuadores neumáticos, motores, etc.
- **Matemáticas.** Desde hace varios años, el Laboratorio de Investigación en Realidad Virtual,² perteneciente a la Universidad EAFIT (Colombia), dedica la RA, en colaboración con planteamientos pedagógicos, a la enseñanza del cálculo de varias variables [26], a fin de que se potencie la comprensión de los conceptos propios de esta materia.

Estas iniciativas son solo una muestra de los esfuerzos académicos que, desde diferentes universidades iberoamericanas, vienen imprimiéndose en la educación superior, con la aportación de las nuevas tecnologías. La RA ofrece infinidad de posibilidades de interacción, lo que la convierte en una herramienta idónea para dotar de creatividad a las nuevas metodologías pedagógicas; además, en los últimos años ha adquirido un especial auge en el ámbito de la educación primaria.

¹ En la página web <http://multimedia.ehu.es> pueden consultarse los trabajos emprendidos por los miembros del grupo.

² En la página web <http://arcadia.eafit.edu.co/> se dispone de toda la información referente a los proyectos en ejecución, aparte de los concluidos.

IV. SURGIMIENTO DE LA REALIDAD AUMENTADA EN LA UNAN-MANAGUA FAREM-MATAGALPA

En la ciudad de Matagalpa, sita en el norte de Nicaragua, reside una de las sedes regionales de la UNAN-Managua, denominada FAREM-Matagalpa. Entre las múltiples titulaciones que oferta, destacan la Ingeniería en Sistemas de Información y la licenciatura en Ciencias de la Computación. Desde su incorporación al sistema educativo regional, han gozado de un reconocimiento social notable, alentado, quizás, por el impacto de las nuevas tecnologías en el conjunto de la sociedad nicaragüense, fundamentalmente entre los más jóvenes. No obstante, la inicial predilección de los estudiantes por estas titulaciones se diluye con el devenir académico, hasta tal punto que cada año un promedio del 40% de los estudiantes universitarios nicaragüenses decide abandonar las aulas. En este sentido diversos estudios revelan argumentos económicos, culturales y la desmotivación como las principales causas de la deserción estudiantil [27].

Sin desatender los aspectos socioeconómicos, cuyo análisis, del todo interesante, se escapa del propósito de este informe, a la motivación le corresponde un puesto de honor en todo proceso educativo. Las diversas transformaciones curriculares, emprendidas en la última década en la UNAN-Managua, no han conseguido imprimir el impulso que, en un contexto marcadamente globalizado, reclama la educación superior. El manifiesto deterioro de la educación superior en Nicaragua impide su acercamiento al mundo empresarial. Los empresarios nicaragüenses consideran que los universitarios de Nicaragua no disponen de una formación adecuada, de ahí que recurran a profesionales de otros países periféricos, a fin de atender sus necesidades inmediatas [28]. Estos contratiempos se suman al sentimiento de frustración que padece un alto porcentaje de la comunidad universitaria. En espera de medidas de mayor calado, la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa ha apostado por la adopción de fórmulas transitorias que permitan soslayar el desánimo creciente al que se ven sometidos los universitarios. Entre las diferentes iniciativas, sobresale la constitución, en agosto de 2011, de COMARFAREM, una comunidad de Realidad Aumentada.

Este equipo de trabajo, liderado por el profesor M. Sc. Carlos Luis Martínez Méndez, tiene por objeto, por un lado, potenciar el uso de las nuevas herramientas tecnológicas en la educación superior, en particular, desarrollar aplicaciones, basadas en la RA que, desde la universidad, favorezcan el aprendizaje de materias tradicionalmente poco atractivas, como la matemática o la física; por otro lado, aprovechar la RA como medio para la búsqueda del soporte financiero que este tipo de proyectos requiere.

A. La Realidad Aumentada al Servicio de la Educación Primaria

En principio el equipo de trabajo COMARFAREM nace con el ánimo de satisfacer una necesidad ostensible en materia educativa, las carencias, en las ciencias de las matemáticas, de aquellos estudiantes que pretenden acceder a la universidad. Con esta filosofía en mente, una vez detectada la raíz del problema en la educación primaria, se vertebran dos objetivos de largo alcance; por un lado, consolidar la implantación de las TIC en la educación



Fig. 4. Demostración, a cargo de una alumna de la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa, de la suma aritmética de números enteros, haciendo uso de la Realidad Aumentada.

primaria, desde la universidad, inculcándose una nueva estrategia educativa, más atractiva y eficaz, que estimule el aprendizaje en los niños; por otro lado, proporcionar a los maestros de primaria plataformas educativas, basadas en la RA, que faciliten su labor didáctica en la enseñanza de las matemáticas.

En Nicaragua las asignaturas de matemáticas han desconcertado, históricamente, a los estudiantes de primaria y secundaria. La escasa predisposición hacia las matemáticas ha conminado a los centros educativos a rectificar frecuentemente las metodologías de enseñanza. Aun así, los resultados no son nada alentadores, más bien alarmantes; solo en la UNAN-Managua, el 94,48% de los estudiantes de bachillerato de Nicaragua, que se presentaron en el presente año a la prueba de admisión a la UNAN-Managua, reprobó el examen de matemáticas [29].

Ante este sombrío panorama, el equipo de trabajo estimó oportuno contribuir activamente en la confección de nuevos perfiles metodológicos, respaldados por el uso de las TIC, en la instrucción de las habilidades matemáticas en la educación primaria. En una valoración preliminar se optó por examinar soluciones adoptadas en otros países, con resultados contrastados [30, 31], en lo relativo al grado de satisfacción y/o aceptación por parte de los estudiantes. Dado que las matemáticas constituyen un producto del razonamiento abstracto, dos propuestas, fundamentadas en la RA, llamaron especialmente la atención tres proyectos, uno denominado Realita3 [32], patrocinado por la Conselleria de Educación y la Universitat Politècnica de València (España), que implementa un sistema para diseñar libros 3D, con soporte de RA; el proyecto, bautizado como Big Bang 2.0, impulsado por el Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco (España), que presenta el material educativo en formato digital [33]; y, por último, un proyecto de innovación metodológica, presentado en el evento Campus Party en San Salvador [34]. Estos tres programas se enmarcan en el contexto de la educación primaria.

Con base en estas iniciativas se desarrolló un primer prototipo, fácil de manejar y altamente flexible y didáctico, que culminó con su presentación, ante la comunidad informática de la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa, en un evento científico, celebrado en septiembre de 2011. Bastó una simple demostración (ver Fig. 4), consistente en la suma aritmética de dos números enteros –haciendo uso de

la RA—, para que el comité evaluador juzgara conveniente trasladar la propuesta al Ministerio de Educación Nicaragüense, con objeto de concienciar a las autoridades sobre la factibilidad de este tipo de alternativas en los nuevos escenarios metodológicos. Aún no se dispone de datos fidedignos sobre el impacto de la RA en la educación primaria, si bien se sospecha, en una primera estimación, un alto índice de penetración, dado el carácter jovial de esta nueva metodología de enseñanza.

B. Desafíos de la Realidad Aumentada en COMARFAREM

La inexperiencia del grupo de trabajo, lejos de infundir desánimo, se ha contagiado de un fervor investigador, lo que ha intensificado los esfuerzos por coordinar múltiples actuaciones, encaminadas a depurar destrezas en el dominio de diferentes plataformas software, como Autodesk 3ds Max, ARToolKit, BuildAR, Metaio, etc., así como el aprendizaje de lenguajes de programación, como Action Script o Processing, que complementen los diseños previstos. En este sentido no se omite manifestar el déficit formativo en que incurren los miembros del grupo. Las carentes competencias gráficas que se advierten en el seno del equipo están dificultando progresos continuados.

Las aplicaciones, con soporte de RA, no representan obstáculo alguno para los docentes, ya que únicamente manipulan objetos, no han de crearlos. Nociones básicas de informática resultan suficientes para conciliar el uso de las nuevas tecnologías y el contacto humano con los estudiantes, sin pérdida de vigencia didáctica.

Para acometer con éxito tamaño empresa, es imprescindible disponer del equipamiento adecuado, así como de las capacitaciones pertinentes, de ahí que COMARFAREM haya ponderado opciones de financiación que no se supediten, exclusivamente, al marco de cooperación que la UNAN-Managua mantiene con diversas universidades españolas, como la Universidad de Alcalá, entre otras.

C. COMARFAREM en Busca de Apoyo Financiero Empresarial

Todo proyecto innovador, con independencia de su naturaleza, precisa, por mínima que sea, de una financiación, a fin de dotarlo del dinamismo que lo caracteriza. En muchas ocasiones la adquisición de fondos de financiación acarrea, lamentablemente, trámites burocráticos y demoras administrativas que, aun en el mejor de los casos, oprimen la sostenibilidad de los equipos de trabajo. Con estas instrucciones, se decidió flexibilizar el acceso a fondos de inversión, estableciéndose, al mismo tiempo, vínculos de colaboración con empresas nicaragüenses y con otras universidades del país. Ligado a esto último, cabe reseñar que la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), afincada en Managua, ha suscrito recientemente su interés por esta iniciativa, dotando a COMARFAREM de los medios, esencialmente humanos, de que dispone.

La vistosidad y versatilidad de la RA se adaptan plenamente al mundo de la publicidad [35], de ahí que se contactara con la prestigiosa empresa nicaragüense Casa Pellas, un consorcio empresarial dedicado a la venta de

vehículos de la marca Toyota. Con objeto de acercar posiciones, se invitó a Casa Pellas a la feria informática que se celebró, en noviembre de 2011, en las dependencias de la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa. Al evento asistieron varios representantes de Casa Pellas, a los que se agasajó con la presentación del lanzamiento de un coche 3D, con soporte de RA (ver Fig. 5). Una vez concluida la exhibición, los delegados de Casa Pellas mostraron especial interés por la propuesta, constituyéndose una mesa redonda, a fin de debatir las oportunidades de negocio del planteamiento. Como resultado del *feedback*, la gerencia de Casa Pellas se prestó a brindar prácticas profesionales a los miembros del equipo, de forma que resultara viable alinear el diseño, basado en la RA, a las particularidades del negocio.

La confianza depositada en el equipo de trabajo constituye un auténtico reto, pues concede al grupo la posibilidad de adquirir experiencia, tanto a nivel empresarial como tecnológico, lo que, probablemente, abrirá futuras expectativas profesionales, en los ámbitos de la educación superior y de la industria. En este último caso se tiene previsto impulsar programas de emprendimiento entre los jóvenes universitarios, conformándose una red tecnológica que aúne el potencial de que dispone la comunidad universitaria, en un afán por convertir el emprendimiento en una verdadera salida profesional, dada la coyuntura laboral que viene arrastrando Nicaragua desde hace cuarenta años.

V. CONCLUSIONES

Este artículo presenta la RA como una tecnología a tener en cuenta en la educación primaria, en la educación superior y en sectores empresariales concretos, como el *marketing* publicitario. Con el firme propósito de difundir los beneficios que comporta el uso de la RA, se describen los principios de funcionamiento de esta tecnología, así como diversas iniciativas de su aplicación en el espacio educativo iberoamericano, si bien cabe mencionar que, además del académico, hoy en día está presente en múltiples y variopintos ámbitos, como la arquitectura, *marketing*, entretenimiento, arte, medicina, etc.

Ciertamente, la RA no alumbró un concepto nuevo, mas es en los últimos años cuando están aflorando aplicaciones prácticas en el marco de la educación superior. Sin embargo, aún queda mucho trabajo por delante. El valor práctico de la RA, como instrumento de aprendizaje, ha de verificarse por medio de una evaluación controlada que examine no solo el

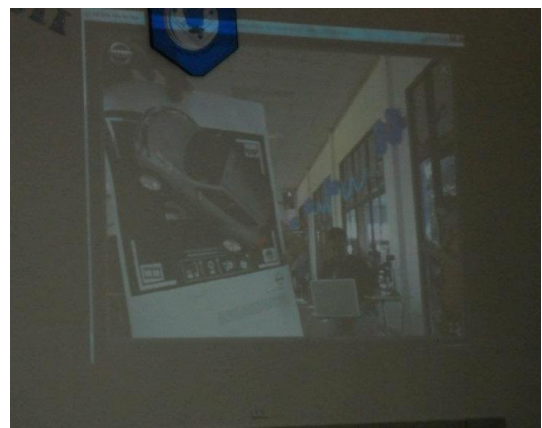


Fig. 5. Demostración, a cargo de un alumno de la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa, de un automóvil 3D, haciendo uso de la Realidad Aumentada.

rendimiento académico del estudiante, fundamentado en el grado de aceptación de la aplicación, sino también aspectos cualitativos de los contenidos académicos, conforme a los currículos impuestos en las diferentes disciplinas universitarias [36]. En este sentido las posibilidades que brinda la RA son latentes; la dificultad reside en la creación de contenidos interactivos, tarea, esta última, al menos tan afanosa como la elaboración de un libro de texto didáctico.

En el contexto específico de Nicaragua, el grupo de investigación COMARFAREM, adscrito a la UNAN-Managua FAREM-Matagalpa, ha recibido muestras del reconocimiento institucional y empresarial que se merece, premiándose el esfuerzo y arrojo que ostentan algunos jóvenes universitarios nicaragüenses. Aún es prematuro para pronosticar el impacto que la RA tendrá en la educación primaria y, por extensión, en la educación superior y en el *marketing* publicitario nicaragüenses, si bien su aceptación inicial, encauzada por las autoridades del Ministerio de Educación, prevé su pronta divulgación en el espacio educativo, con idea de recabar las primeras valoraciones. Entre tanto, la comunidad COMARFAREM sigue su curso, afianzando la RA, al servicio no solo de la educación primaria, sino como una opción profesional prometedora en el ámbito empresarial.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio manifiesta una especial gratitud hacia la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Sin su contribución, desde hace años, el progreso académico de las universidades nicaragüenses no hubiera alcanzado el estatus actual.

REFERENCIAS

- [1] A. Bustos González, "Estrategias didácticas para el uso de las TIC's en la docencia universitaria presencial. Un manual para los ciudadanos del Ágora", Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación (Programa MECESUP), Gobierno de Chile, 2005.
- [2] J. Francisco Martín, J. Murillo, and Josep M. Fortuny, "El Aprendizaje Colaborativo y la Demostración Matemática", Aprendizaje de la Geometría, VI Simposio de la SEIEM, Valencia, 2003.
- [3] M. Delgado, X. Arrieta, and V. Riveros, "Uso de las TIC en educación, una propuesta para su optimización", *Omnia*, vol. 15, núm. 3, pp. 58-77, Universidad del Zulia, Venezuela, 2009.
- [4] Z. Pan, A. D. Cheok, H. Yang, J. Zhu, and J. Shi, "Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments", *Computers & Graphics*, vol. 30, núm. 1, pp. 20-28, 2006.
- [5] L. Carter, "Why students with an apparent aptitude for computer science don't choose to major in computer science", *ACM SIGCSE*, boletín 38, pp. 27-31, 2006.
- [6] H. Rosales, J. Aldana, R. Asenjo, and O. Trelles, "Adecuación de un modelo de enseñanza superior en modelo de enseñanza virtual", Primer Congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia, 23 de marzo a 4 de abril de 2004.
- [7] Cursos de verano de la Universidad Politécnica de Madrid, "Enseñanza y aprendizaje mediado por Internet: Calidad de procesos. Evaluación en entornos virtuales de aprendizaje", La Granja de San Ildefonso, Julio de 2007.
- [8] P. V. Esteban Duarte, H. T. Gómez, and J. Restrepo Toro, "Estrategias de visualización en el cálculo de varias variables", *Revista Educación y Pedagogía*, vol. 18, núm. 45, pp. 119-131, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Colombia, 2006.
- [9] M. Olabe, X. Basogain, K. Espinosa, C. Rouèche, and J.C. Olabe, "Engineering Multimedia Contents with Authoring Tools of Augmented Reality", International Technology, Education and Development Conference (INTED2007), pp. 5, March 2007, Valencia, Spain.
- [10] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. Macintyre, "Recent advances in augmented reality", *Computers & Graphics*, vol. 21, núm. 6, pp. 34-47, 2001.
- [11] C. Orozco, P. Esteban, and H. Trefftz, "Collaborative and distributed augmented reality in teaching multi-variate calculus", WBE'06 Proceedings of the 5th IASTED international conference on Web-based education, ACTA Press Anaheim, CA, USA, 2006.
- [12] G. Ucelli, G. Conti, R. De Amicis, and R. Servidio, "Learning Using Augmented Reality Technology: Multiple Means of Interaction for Teaching Children the Theory of Colours", *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3814, pp. 193-202, Springer Berlin/Heidelberg, 2005.
- [13] L. Heras Lara, and J. L. Villarreal Benitez, "La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios", *Revista Digital Universitaria*, vol. 5, núm. 7, Coordinación de Publicaciones Digitales, DGSCA-UNAM, Agosto 2004.
- [14] A. Ruiz, C. Urdiales, J. A. Fernández-Ruiz, and F. Sandoval, "Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada", *Innovación en Telecomunicaciones*, V-1-V-8, 2004.
- [15] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche, and J. C. Olabe, "Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente", ONLINE EDUCA MADRID 2007: 7.ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnologías. ONLINE EDUCAMADRID'2007 Proceedings, pp. 24-29, 2007.
- [16] S. Zlatanova, "Augmented Reality Technology", GIS Technology Report, núm. 17, Delft University, the Netherlands, 2002.
- [17] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook: a transitional AR interface", *Computers & Graphics*, vol. 25, núm. 5, pp. 745-753, 2001.
- [18] P. Milgram, and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. E77-D, núm. 12, pp. 1321-1329, 1994.
- [19] El New Media Consortium y la Universitat Oberta de Catalunya, "Realidad Aumentada. Horizonte de implantación: de cuatro a cinco años", *El Informe Horizon: Edición Iberoamericana*, 2010.
- [20] R. Edel, and C. E. Guerra, "Recursos didácticos para la educación a distancia: hacia la contribución de la realidad aumentada", *Revista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato*, núm. 61, 2010.
- [21] La Flecha, Agencias, "FutureLab desarrolla un software para reconstruir monumentos de forma virtual", *La Flecha. Tu diario de Ciencia y Tecnología*. Noticia publicada el 25 de marzo de 2008.
- [22] Fundación Telefónica 2011, "Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo", Editorial Ariel, enero de 2011.
- [23] W. F. Maqableh, and M. S. Sidhu, "From boards to augmented reality learning", International Conference on Information Retrieval & Knowledge Management (CAMP), pp. 184-187, 17-18 March 2010.
- [24] F. Liarokapis, and E. Anderson, "Using Augmented Reality as a Medium to Assist Teaching in Higher Education", Proc. of the 31st Annual Conference of the European Association for Computer Graphics (Eurographics 2010), pp. 9-16, Norrköping, Sweden, 4-7 May 2010.
- [25] A. Suazo Navia, "Realidad aumentada sobre web y vídeo en tiempo real: Plataforma de trabajo colaborativo para asistir al diseño arquitectónico", Congreso SIGraDI, 14.ª Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana, Cuba, 1 a 5 de diciembre de 2008.
- [26] H. Trefftz Gómez, J. Restrepo Toro, y P. V. Esteban Duarte, "Estrategias de visualización en el cálculo de varias variables", *Revista Educación y Pedagogía (Colombia)*, vol. 18, pp. 121-131, 2006.
- [27] E. Pineda, "Buscan cura que pare la hemorragia de universitarios", *El Nuevo Diario*. Con todo el poder de la información. Noticia publicada el 1 de noviembre de 2011.
- [28] A. Pérez Rivera, "Mitad de jóvenes egresados sin trabajo", *La Prensa. El Diario de los nicaragüenses*. Noticia publicada el 10 de diciembre de 2010.
- [29] ACAN-EFE, "94.48% de estudiantes no aprueban examen de matemáticas en la UNAN-Managua", *La Prensa. El Diario de los nicaragüenses*. Noticia publicada el 5 de enero de 2012.
- [30] P. Esteban, J. Restrepo, H. Trefftz, J. E. Jaramillo, and N. Álvarez, "La realidad aumentada: un espacio para la comprensión de conceptos del cálculo en varias variables", XVI Simposio Iberoamericano de enseñanza Matemática, Matemáticas para el siglo XXI, 15, 16 y 17 de septiembre de 2004, Castellón, España.

- [31] E. Rivera Caspa, L. B. Quispe de la Cruz, and C. A. Montalvo Yarnold, "Realidad aumentada e inteligencias múltiples en el aprendizaje de matemáticas", Concurso de Proyectos Feria Tecnológica IEEE INTERCON 2011, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2011.
- [32] V. Monfort, "TIC y Educación. Entra en la era de la alfabetización digital", Proyecto REALITAT3, recuperado el 15 de agosto de 2011 de la página web <http://ticyeduca.wordpress.com/2010/12/05/realitat3/>.
- [33] VIRTUALWARE, "Comienza el despliegue tecnológico del programa Escuela 2.0", Proyecto Big Bang 2.0, recuperado el 16 de agosto de 2011 de la página web <http://virtualwaregroup.com/>.
- [34] 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, pp. 163–174, 2006.
- [35] F. Chehimi, P. Coulton, and R. Edwards, "Augmented Reality 3D Interactive Advertisements on Smartphones", *International Conference on the Management of Mobile Business (ICMB 2007)*, pp. 21, 9-11 July 2007.
- [36] D. D. Sumadio, and D. R. A. Rambli, "Preliminary Evaluation on User Acceptance of the Augmented Reality Use for Education", *Second International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA)*, vol. 2, pp. 461-465, 19-21 March 2010.



Javier de Pedro Carracedo ha cursado estudios de Ingeniería de Telecomunicación, en la Universidad de Alcalá, e Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, en la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente, es miembro del área de Ingeniería de Sistemas y Automática, perteneciente al Departamento de Automática de la Universidad de Alcalá. Colabora activamente en el programa de cooperación con

Centroamérica, particularmente, con Nicaragua, siendo responsable de la Academia local Cisco CNAP-UNAN-León. Desde 2011, participa como miembro del comité ejecutivo de la red de Computación para el Desarrollo (COMPDES).



M. Sc. Carlos Luis Martínez Méndez ha cursado estudios de Ingeniería en Sistemas de Comunicación en la Universidad Popular de Nicaragua (UPONIC), Magister en Gestión de Sistemas Empresariales en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León. Fue Director informático de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,

UNAN-León CUR-Jinotega Actualmente se ejerce como maestro en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua FAREM-Matagalpa. Dirige proyectos de Realidad Aumentada desde la universidad así como actual Coordinador Iberoamericano en el proyecto de carácter espacial HUMSAT. Desde 2011, representa a la UNAN-Managua en la red de Computación para el Desarrollo (COMPDES), un organismo internacional de marcado carácter centroamericano.