

# Diseño de Sistema de Realidad Aumentada para el Aprendizaje Inmersivo de Electrónica Digital

Sergio Martin, Gerardo Parra, Joaquín Cubillo, Blanca Quintana, Rosario Gil, Clara Perez, Manuel Castro  
Dep. Ing. Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química aplicada a la Ingeniería  
*Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*  
Madrid, Spain  
smartin@iecc.uned.es

**Abstract**— El presente artículo describe el desarrollo de dos aplicaciones móviles para el aprendizaje de Electrónica Digital. La primera aplicación se trata de una app interactiva para iOS donde estudiar los distintos circuitos digitales, y que servirá de base para la segunda, que es un juego de preguntas en realidad aumentada.

**Keywords**— *Electrónica Digital, Realidad Aumentada, Aplicación Móvil, Aprendizaje Inmersivo*

## I. INTRODUCCIÓN

Enseñar y aprender es una labor con un alto grado de dificultad. El uso de las nuevas tecnologías [1] va a permitir utilizar un medio de enseñanza que facilite la labor de transmisión de conocimientos, por otro lado se va a contar con la ventaja de utilizar un medio muy atractivo para los jóvenes que va a facilitar su motivación a la hora de aprender. De este modo las Tablet pasan a ser un método de integración y un gran avance para el proceso enseñanza-aprendizaje.

Este trabajo se centra en el aprendizaje de la Electrónica Digital, su objetivo es ofrecer una herramienta que nos permita utilizar un medio tan atractivo para los estudiantes de hoy en día como es el aprendizaje móvil.

Este artículo persigue dos objetivos fundamentales:

1. Descripción de una aplicación móvil para iOS con simuladores de circuitos de Electrónica Digital.
2. Descripción de una aplicación móvil para iOS de realidad aumentada basada en reconocimiento de patrones que incluye un juego además de integrar los simuladores de circuitos de Electrónica Digital anteriormente descritos.

Esta investigación pretende ser de utilidad para todos aquellos docentes e investigadores interesados en nuevas formas de enseñar asignaturas técnicas como la Electrónica Digital.

La organización de este artículo es la siguiente: En el capítulo II se da una breve introducción al uso de aplicaciones móviles y en concreto de realidad aumentada en educación. En el capítulo III se describe la aplicación móvil para Electrónica Digital desarrollada por los autores. El capítulo IV se centra en la otra aplicación móvil desarrollada por los autores, en este caso de realidad aumentada. Y finalmente en el capítulo V se dan las conclusiones obtenidas en este trabajo.

## II. APRENDIZAJE MÓVIL Y AUMENTADO

Las nuevas tecnologías pretenden facilitar en gran medida las tareas diarias de cada persona, desde estar localizados en cualquier lugar y en cualquier momento a disponer de la información sobre cualquier tema sin más que contar con una conexión a Internet.

Estas tecnologías móviles están siendo utilizadas en todos los ámbitos de la sociedad, por supuesto también en el educativo. El aprendizaje móvil puede tener lugar en cualquier lugar y en cualquier instante, tanto en los entornos tradicionales de aulas y talleres como en bibliotecas, lugares de trabajo, en casa o la oficina, además el hecho de disponer de estos equipos y de una conectividad móvil permite incorporar otras nuevas tecnologías que se verán más adelante como podrían ser la realidad aumentada o los entornos virtuales de aprendizaje [2].

Autores como Lin [3] enumeran alguna de las virtudes que proporciona su uso en educación:

- Fomento de la participación de los alumnos en clase. Incluso los más tímidos tendrían una oportunidad de contribuir.
- Mantener el nivel de atención del alumno y su interés por seguir los contenidos, ya que estos pueden ser interactivos, multimedia etc.

- Favorecer el pensamiento crítico y la creatividad permitiendo al alumno descubrir y participar en la construcción de conocimiento.
- Ayuda al docente a averiguar el grado de comprensión de los contenidos en tiempo real.
- Flexibilidad y espontaneidad en la presentación de contenidos.

En cuanto a la Realidad Aumentada (RA), es una tecnología que tuvo su inicio en 1962, comenzó a destacar por las posibilidades que ofrece en distintos ámbitos, la industria, el marketing, el comercio y la educación [4] [5] [6].

La definición más popular sobre RA es la dada por Milgram y Kishino [7] quienes indican que: "entre un entorno real y un entorno virtual puro esta la llamada realidad mixta y esta se subdivide en dos, la realidad aumentada (más cercana a la realidad) y la virtualidad aumentada (más próxima a la virtualidad pura)." [8] [9].

Otra definición comúnmente aceptada es la aportada por Ronald Azuma [10] que acota a la RA a la que cumple estos tres requisitos:

- Combinación de elementos virtuales y reales.
- Interactividad en tiempo real.
- Información almacenada en 3D.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

El trabajo se basa en el diseño y desarrollo de dos aplicaciones para el sistema operativo iOS que favorezcan el aprendizaje de la Electrónica Digital. Mediante el uso de una Tablet el alumno tendrá acceso a menús sencillos e intuitivos que le permitirán conocer de manera rápida y eficaz los conocimientos necesarios sobre la Electrónica Digital.

En ambas aplicaciones se pretende dotar a los alumnos de materiales didácticos sobre Electrónica Digital que abarquen los siguientes circuitos:

- Puertas Lógicas
  - NOT
  - AND
  - NAND
  - OR.
  - NOR
  - XOR
  - XNOR
- Sistemas Combinacionales
  - Multiplexor
  - Demultiplexor

- Codificador
- Decodificador
- Sistemas secuenciales:
  - R-S Asíncrono Activo a Nivel Alto
  - R-S Asíncrono Activo a Nivel Bajo
  - J-K Asíncrono
  - R-S Síncrono Activado por Nivel
  - D Síncrono Activo por Nivel
  - J-K Síncrono Master – Slave
  - T Síncrono Activo Flanco Bajada.

### IV. APLICACIÓN IOS CON INFORMACIÓN DE COMPONENTES Y SIMULADOR VIRTUAL

La primera de estas aplicaciones estará realizada bajo el soporte de Xcode y consistirá en la realización de un Curso de Electrónica Digital en el que se abarcará los siguientes aspectos: Puertas lógicas, sistemas combinacionales y sistemas secuenciales.

Además, en todas ellas se tendrá un simulador mediante el cual se podrá simular el funcionamiento del dispositivo real. Actuando sobre las entradas se simularán las salidas que se obtendrían para cada uno de los casos posibles.

El desarrollo de los contenidos dentro de la aplicación será mediante la creación de fichas informativas para cada uno de los circuitos. Dichas fichas informativas contendrán los siguientes datos, tal y como se puede observar en las figuras 1 y 2:

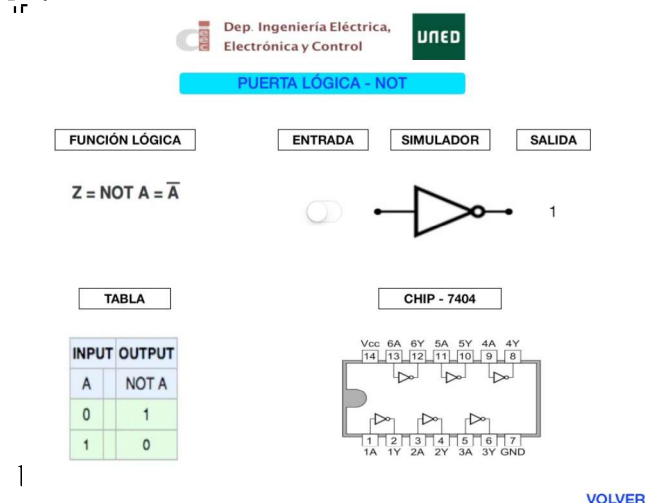


Fig. 1. Pantalla de la aplicación desarrollada con Xcode para puerta lógica NOT.

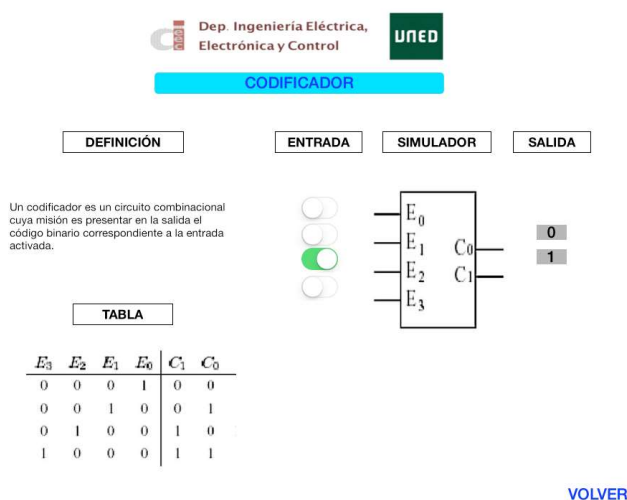


Fig. 2. Pantalla de la aplicación desarrollada con Xcode para circuito combinacional codificador.

### V. APLICACIÓN IOS DE REALIDAD AUMENTADA

La segunda de las aplicaciones busca sorprender a los alumnos utilizando una herramienta nueva y poco conocida por el público en general como es Vuforia apoyándonos en la herramienta de desarrollo de Unity.

Se trata de unas librerías que nos van a permitir utilizar realidad aumentada, esta técnica consiste en superponer imágenes ficticias sobre imágenes reales capturadas mediante la cámara en tiempo real (Figura 3). Estará basada en la misma aplicación efectuada en Xcode pero con el añadido que nos ofrecen las librerías de Vuforia para desarrollo de experiencias de realidad aumentada.

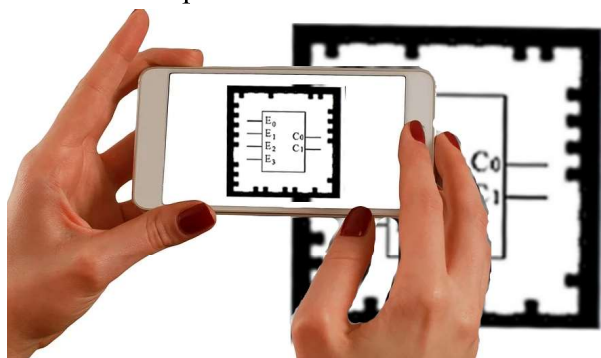


Fig 3. Escaneo de patron de circuito combinacional con aplicación de realidad aumentada.

Partiendo de la aplicación anteriormente comentada, creada en Xcode, se pretende desarrollar un curso de Electrónica Digital que abarque los mismos aspectos pero enfocándolos de distinta manera. En el desarrollo del curso se mostrarán los mismos tipos de circuitos de la aplicación anterior, pero en este caso se preguntará por el símbolo correspondiente a un circuito, el cual será seleccionado al azar para cada pregunta entre todos los tipos que abarca la aplicación, se

contestará utilizando los patrones y la cámara del dispositivo, nos mostrará si la respuesta es correcta o errónea y nos contará tanto los aciertos como los errores.

#### A. Elección y uso de patrones

Los patrones o ImageTarget son imágenes con la complejidad necesaria para que la librería de Vuforia pueda encontrar suficientes referencias dentro de la misma y así poderlas detectar y tratar como patrones.

Estas imágenes, una vez detectadas, al contener múltiples puntos de referencia, permiten a la librería seguir detectándolas aunque estén sólo parcialmente cubiertas y enfocadas por la cámara.

Una característica interesante es que se pueden utilizar imágenes seleccionadas por el programador entre las imágenes que se desean detectar. Para ello se utiliza una herramienta online que puede encontrarse en la propia página web de Vuforia (Target Management System).

La cantidad máxima de imágenes de este tipo que la librería permite detectar simultáneamente es de cinco, aunque en el caso que nos ocupa solo será necesario detectar una de manera simultánea.

En el proceso de selección de los patrones se determinó que debido a la simplicidad de los símbolos utilizados en electrónica digital se producían falsas detecciones o inestabilidad al superponer imágenes sobre los patrones en el entorno de Unity. La solución encontrada fue la utilización de unos patrones que vienen prefijados con Vuforia unidos a los símbolos de los distintos circuitos que utilizamos. De esta manera la unión de ambas imágenes nos dan los suficientes puntos de referencia para que la detección de Vuforia funcione de manera precisa.

A modo de ejemplo se muestra en la figura 4 alguno de los patrones utilizados, como por ejemplo el patrón de la puerta NOT, de la puerta AND, de un codificador y de un biestable RS.

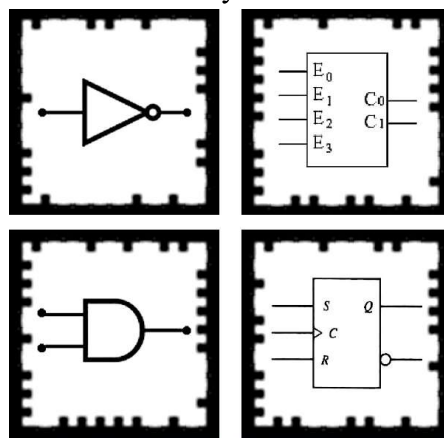


Fig. 4. Ejemplo patrones de Vuforia usados en la aplicación de realidad aumentada para Electrónica Digital

Una vez diseñadas las imágenes patrones, es necesario subirlas al “Target Management System” de Vuforia. Se trata de la herramienta online proporcionada por la arquitectura Vuforia para la creación de los patrones de reconocimiento utilizados por el SDK de Vuforia para la identificación de los objetos y su posterior tratamiento.

El “Target Management System” nos ofrece una herramienta basada en la web para los desarrolladores que utilizan el SDK Vuforia para crear esos “DataSet” (Figura 5) a partir de una imagen importada a la herramienta. El objeto que crea se quedará almacenado en la página de Vuforia y se podrá descargar para su utilización en nuestra aplicación de Unity.

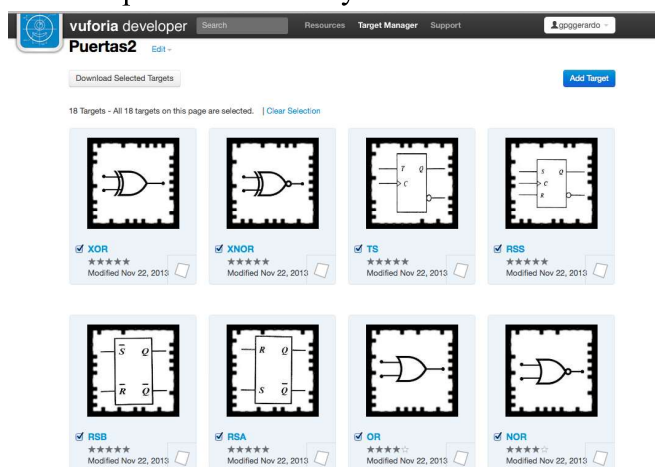


Figura 5. Dataset con los patrones de Electrónica Digital en el TargetManager de Vuforia

Esta aplicación se ha desarrollado utilizando 2 entornos de desarrollo distintos, por un lado Vuforia que se encarga de la parte de captación y reconocimiento de los patrones correspondientes a cada circuito y por otro lado Unity que nos permitirá crear el entorno de la aplicación.

Una vez ya tenemos definido el Dataset con los patrones ya podemos exportarlo e integrarlo en nuestra aplicación Unity, donde podremos desarrollar nuestra aplicación de realidad aumentada haciendo uso de los mismos (Figura 6).

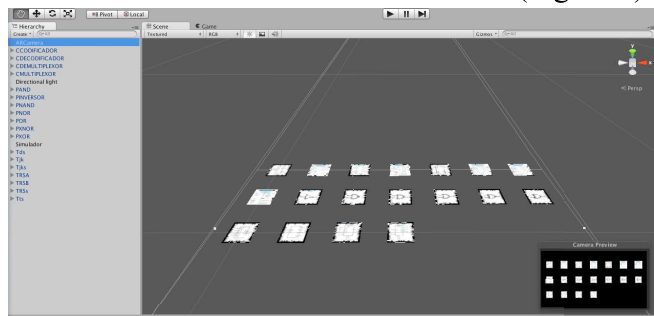


Figura 6. Patrones de puertas lógicas en la aplicación de realidad aumentada desarrollada en Unity.

## B. Funcionamiento de la aplicación

La aplicación se divide en tres apartados que desarrollarán el curso desde tres aspectos muy diferenciados (Figura 7), aunque todos ellos basados en el uso de la cámara del dispositivo sobre unos patrones diseñados para tal efecto.

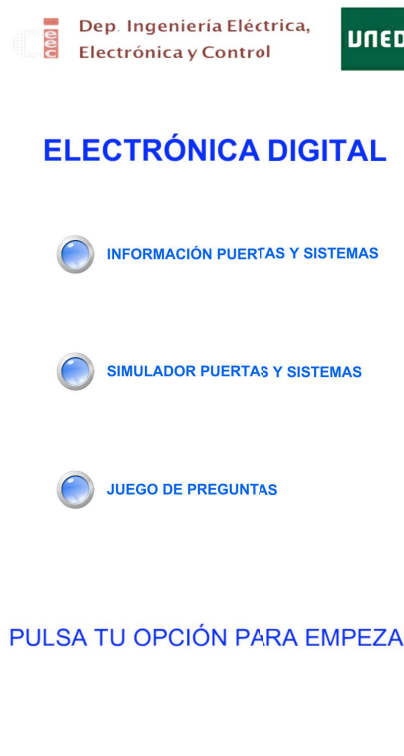
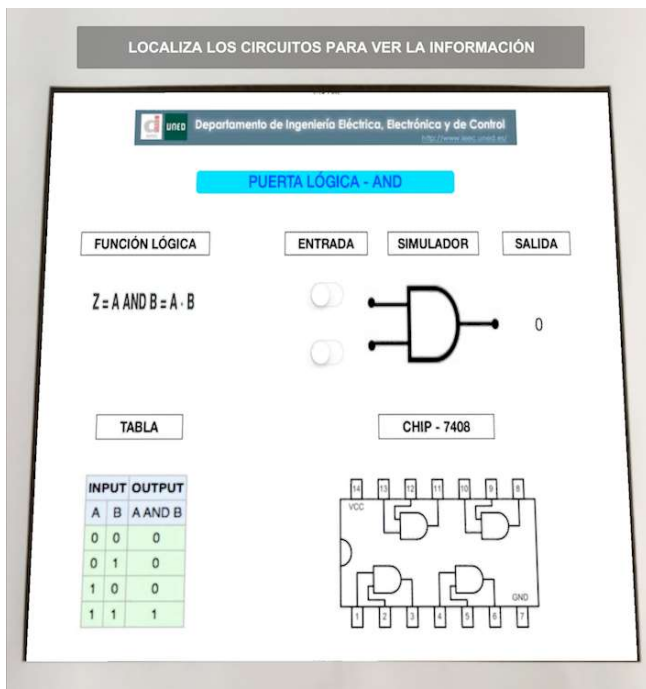


Fig. 7. Pantalla inicial de la aplicación de realidad aumentada donde se le da al usuario la opción de elegir una de las 3 funcionalidades de la aplicación.

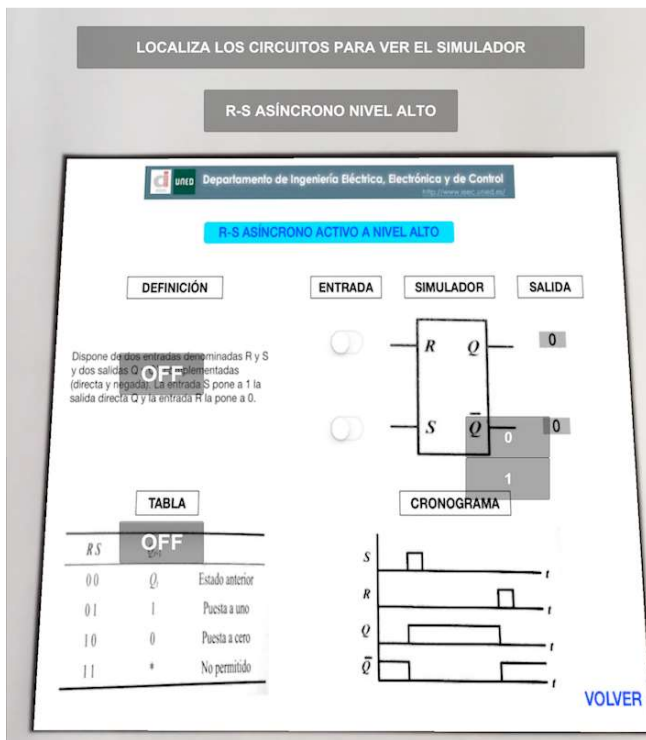
Estos apartados son:

1. **Información de puertas y sistemas.** Al enfocar el patrón correspondiente a cada uno de los circuitos, se superpondrá sobre la imagen real una imagen que nos mostrará la información correspondiente al circuito que está asignado al patrón enfocado con la cámara del dispositivo. La Figura 8 muestra un ejemplo de lo que ocurre al escanear con el dispositivo móvil el patrón correspondiente a una puerta AND. En tal caso, cuando el sistema lo detecta ejecuta la acción asociada que en este caso es simplemente poner encima del patrón una imagen previamente diseñada.





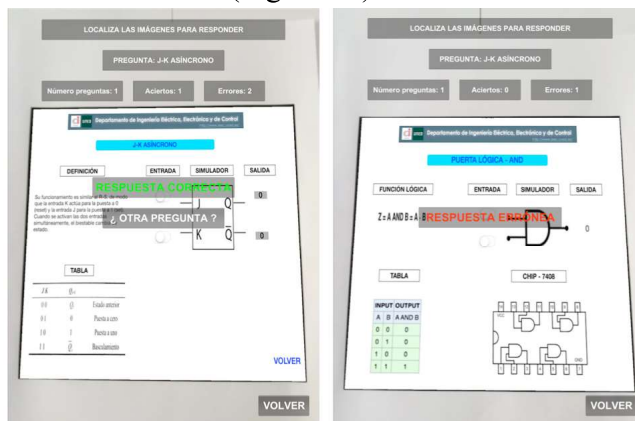
2. **Simulador puertas y sistemas.** Al enfocar el patrón correspondiente a cada uno de los circuitos se pondrá sobre la imagen real una imagen que nos mostrará la información correspondiente al circuito que está asignado al patrón enfocado con la cámara del dispositivo (Fig. 9).



patrón correspondiente se le permite al usuario interactuar con las entradas para ver el resultado de las salidas.

Además se accederá a un simulador del circuito correspondiente, donde actuando sobre las entradas se simulará la salida para cada uno de los casos en función de la tabla de la verdad de cada uno de ellos. Este simulador consiste en un script que en base al valor de las entradas definidas por el usuario calcule y muestre el resultado de la salida (Figura 9).

3. **Juego de preguntas.** En este caso se preguntará por el símbolo correspondiente a un circuito, el cual será seleccionado al azar para cada pregunta entre todos los tipos que abarca la aplicación, se contestará utilizando los patrones y la cámara del dispositivo, nos mostrará si la respuesta es correcta o errónea (Figura 10).



Al entrar a este apartado, sale la imagen captada por la cámara del iPad y el nombre del circuito que nos indica como pregunta. A continuación la aplicación ya estará lista para apuntar sobre uno de los patrones de la base de datos para efectuar la respuesta. Una vez esté enfocado uno de los patrones, la aplicación lo reconocerá y si está a una distancia suficiente indicará si la respuesta es correcta o errónea. En caso de ser correcta aumentará el número de aciertos y dará la opción de realizar otra pregunta. En caso de ser errónea sumará un error y se quedará a la espera de una nueva respuesta con un patrón diferente.

## VI. CONCLUSIONES

La utilización de aplicaciones móviles y de experiencias de realidad aumentada en educación ha sido tratado ampliamente en la literatura. Sin

embargo, su utilización en enseñanzas técnicas es aún minoritaria. Por ello, los autores han desarrollado estas dos aplicaciones como prueba de concepto que permitan seguir investigando en la posible mejora del aprendizaje de alumnos de ingeniería a través de estas tecnologías.

El principal inconveniente encontrado en el desarrollo de estas aplicaciones ha sido la rapidez con la que evolucionan las herramientas para el desarrollo de estas experiencias, así como la dificultad que estos desarrollos tienen para aquellos docentes sin conocimientos de programación.

Es por ello, que como líneas de trabajo futuras marcamos el desarrollo de entornos de autoría de este tipo de aplicaciones educativas que permitan a cualquier docente desarrollarlas sin tener conocimientos de programación.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la Comunidad de Madrid a través del proyecto eMadrid-CM mediante la ayuda S2018/TCS-4307, cofinanciada con Fondos Estructurales Europeos (FSE y FEDER).

#### REFERENCIAS

- [1] S. Martin, G. Diaz, E. Sancristobal, R. Gil, M. Castro, and J. Peire, "New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence," *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 3, pp. 1893-1906, 2011, doi: 10.1016/j.compedu.2011.04.003.
- [2] S. Martin, E. Lopez-Martin, A. Lopez-Rey, J. Cubillo, A. Moreno-Pulido, and M. Castro, "Analysis of New Technology Trends in Education: 2010–2015," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 36840–36848, 2018. doi: 10.1109/access.2018.2851748
- [3] T.Lin, H.B. Duh, N. Li, H. Wang, and C. Tsai. 2013. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system *Computers & Education*, vol. 68, pp. 314 - 321.
- [4] S. Martin, E.J. Lorenzo, M. Rodriguez-Artacho, S. Ros, R. Hernandez, and M. Castro. 2012. Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON); Ubiquitous annotation and a collaborative open mobile augmented reality In, 1 - 5.
- [5] J. Cubillo, S. Martín, M. Castro, A. Colmenar, Recursos Digitales Autónomos Mediante Realidad Aumentada. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia (RIED)*, vol. 17, no. 2, 2014, pp. 241-274 Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia.
- [6] J. Cubillo, S. Martin, M. Castro, I. Boticki. Preparing augmented reality learning content should be easy: UNED ARLE—an authoring tool for augmented reality learning environments. *Computer Applications in Engineering Education* 23 (5), 778-789, 2015.
- [7] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, and F. Kishino. 1994. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. 2351, 11.
- [8] K. Hsiao, and H.F. Rashvand. 2011. 2011 Fifth FTRA International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering; Body Language and Augmented Reality Learning Environment In , 246 - 250.
- [9] P. H. Diao and N. J. Shih, "Trends and Research Issues of Augmented Reality Studies in Architectural and Civil Engineering Education—A Review of Academic Journal Publications," *Appl Sci*, vol. 9, no. 9, pp. 1840, 2019. doi: 10.3390/app9091840.
- [10] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. Macintyre 2001. Recent Advances in Augmented Reality. vol. 21, pp. 34 - 47.