

07-002

VIRTUAL, AUGMENTED AND MIXED REALITY IN THE ENGINEERING PROJECTS

Conesa Pastor, Julián; Borja Abellán, Víctor; Martínez Abellán, Francisco; Martínez Conesa, Gregorio; Ortíz Zaragoza, Damián

Universidad Politécnica de Cartagena

Virtual reality, augmented and mixed are concepts that have passed together with the passage of time since its inception in the nineteenth century. Although in its beginnings this technology was limited to the use by governments or big companies due to its high cost, the continuous evolution of it and the cheapening of the necessary computers and peripherals has meant that at present it can be used by a much more society wide and be applied to different fields among which is the development and execution of projects, work management and professional training.

This communication presents an example of application of this technology that would allow a virtual exploration of a work before it was executed. In it, a small application allows you to explore the different enclosures that are part of a building and explore the accesses to it.

The presented work has been carried out on the former Hospital de Marina, current headquarters of the Higher Technical School of Industrial Engineering of the Polytechnic University of Cartagena.

Keywords: *virtual reality; augmented reality; mixed reality; engineering projects*

REALIDAD VIRTUAL, AUMENTADA Y MIXTA EN LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA

La realidad virtual, aumentada y mixta son conceptos que han transcurrido de forma conjunta con el paso del tiempo desde sus inicios en el siglo XIX. Si bien en sus comienzos esta tecnología estaba limitada al uso por gobiernos o grandes empresas dado su alto coste, la continua evolución de la misma y el abaratamiento de los ordenadores y periféricos necesarios ha hecho que en la actualidad pueda ser utilizada por una sociedad mucho más amplia y ser aplicada a distintos campos entre los que se encuentra la elaboración y ejecución de proyectos, la gestión de obra y el entrenamiento profesional.

En esta comunicación se presenta un ejemplo de aplicación de dicha tecnología que permitiría explorar de forma virtual una obra antes de que esta fuese ejecutada. En ella, una pequeña aplicación permite explorar los distintos recintos que forman parte de un edificio y recorrer los accesos a la mismos.

El trabajo presentado se ha realizado sobre el antiguo Hospital de Marina, actual sede de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Palabras clave: *realidad virtual; realidad aumentada; realidad mixta; proyectos de ingeniería*

Correspondencia: Julián Conesa julian.conesa@upct.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El concepto de Industria 4.0 para hacer referencia a la conocida como cuarta revolución industrial y que tiene como centro la inteligencia artificial, viene marcada por el uso de datos (big data), algoritmos para el procesado de estos y la interconexión de distintos dispositivos digitales.

Dentro del manejo de datos podemos incluir el uso de nuevas tecnologías como la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (RM). Estos tres conceptos, que han evolucionado de forma conjunta y paralela, es la suma de distintos desarrollos e investigaciones que diferentes autores y tienen su nacimiento en una época mucho más lejana de lo que podamos pensar.

Ya durante el siglo XIX tuvo lugar la aparición de los primeros sistemas de realidad virtual con la creación de un estereoscopio que permitía percibir un modelo tridimensional a partir de dos fotografías estratégicamente situadas en cada ojo montadas en unas gafas (bibliografías y vidas, n.d). Desde entonces, a lo largo del siglo XX y especialmente durante el siglo XXI, la evolución tanto de software como hardware para hacer frente a esta tecnología ha seguido un ritmo vertiginoso. En la publicación presentada por He (2019) se presenta un resumen de las perspectivas pasadas, presentes y futuras de la industria de la VR y la AR al tiempo que se predice el uso de pantallas holográficas y se muestran sus últimos avances.

No obstante, la implementación total de estas herramientas en la industria, sigue siendo un desafío debido fundamentalmente a la inexistencia de normas o estándares específicos que permitan implementar, por ejemplo, los actuales manuales en manuales AR (Gattullo et all, 2019). Y lo mismo ocurre con el desarrollo de los distintos dispositivos que permiten implementar la AR tales como las conocidas gafas VR, que se enfrenta a barreras en la difusión y preocupaciones sobre su impacto en los usuarios, las organizaciones y la sociedad (Berkemeier et all, 2019).

El uso de la VR y RA ha derivado desde el conocido mundo del ocio representado fundamentalmente por los video juegos, hacia su uso con fines médicos donde recientemente se están convirtiendo en algo común en los entornos de rehabilitación como herramienta para motivar a los pacientes que se someten a terapia para recuperar la función de alguna extremidad después de una discapacidad (Ocampo & Tavakoli, 2019) o como herramienta de apoyo para el desarrollo de la cirugía (Gras & Yang, 2019).

También en el campo de la ingeniería, la VR y la RA ha tomado un papel primordial como demuestra el trabajo presentado por Garcia-Hernandez & Kranzlmüller (2019) donde se describen un conjunto de programas de realidad virtual de código abierto que se pueden utilizar para visualizar los resultados de simulaciones químicas de varios tipos, o el trabajo presentado por Baek, Ha & Kim (2019) centrado en la gestión de instalaciones basados en la localización combinado la AR con la localización automatizada.

En esta disciplina, es habitual el modelado de infraestructuras que permite experimentar distintas situaciones dentro del campo de la ingeniería. De entre los trabajos más recientes destacan la simulación de situaciones de emergencias mediante realidad mixta (Lochhead & Hedley, 2019), el desarrollo de Smart City o más simplificada Smart Campus mediante VR y AR como es el caso del trabajo desarrollado por Ramos et all (2018), la gestión de instalaciones urbanas, que permite el acceso virtual y la interacción con elementos subterráneos ocultos (Soria, Ortega & Feito, 2018), así como la seguridad en los entornos industriales (Tatic, 2018), (Shamsudin et all, 2018).

Dentro de este contexto en esta comunicación presentamos un trabajo que, si bien podría ser catalogado como una herramienta para inspeccionar futuras obras con el objetivo de detectar y corregir posibles errores antes de su ejecución, se ha centrado más en un campo meramente informativo, permitiendo conocer y acceder a las distintas ubicaciones de una infraestructura.

2. Objetivos

En este trabajo se ha implementado una aplicación de realidad virtual que permite conocer las distintas dependencias que forman la actual Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Cartagena.

El objetivo principal de la aplicación es que cualquier persona pueda, interactuando con la aplicación, localizar la dependencia a la que desea acceder y visualizar el recorrido aconsejado para llegar hasta ella.

Aunque el objetivo principal es que los estudiantes, fundamentalmente los de nuevo ingreso, puedan consultar cómo llegar a los distintos servicios que ofrece el edificio, así como la ubicación de los despachos de sus profesores, la aplicación esta abierta a todo el personal que desee utilizarla.

3. Metodología

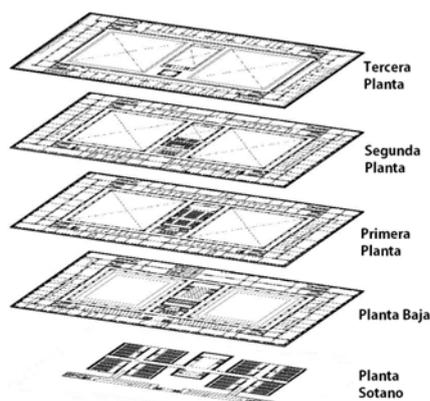
3.1 Modelado

Cualquier aplicación VR o AR necesita como paso previo la modelización del diseño a tratar. En nuestro caso hemos trabajado sobre el Antiguo Hospital de Marina que constituye la sede actual de Escuela Técnica Superior de ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Se trata de un edificio de planta rectangular de 170 m en su fachada principal y 110 m de lateral lo que le da una superficie por planta de 18.700 m². Está estructurado en planta baja, tres plantas sobre la rasante y una planta bajo ella, siendo su superficie total de 93.500 m² con una altura de 20 m.

Aunque el aspecto exterior del edificio es simétrico resaltando dos patios cuadrados perfectos separados por un apéndice central, su distribución interna asimétrica, ha sido adaptada para cubrir las necesidades de los distintos departamentos que forman el centro educativo.

Figura 1: Estructura del edificio



Dado el volumen del edificio a modelar y la necesidad de que el coste computacional permita ser operativo, se ha optado por realizar distintos modelos parciales del edificio en los que se han representado exclusivamente aquellas dependencias que resultarán visibles en los recorridos. A modo de ejemplo, en la figura 2 se presenta el modelo utilizado para realizar los recorridos externos del edificio y en el que se ha prescindido de la tabiquería interna de las dependencias.

Figura 2: Modelado para recorridos externos



Uno de los mayores problemas que se presentan en el modelado para realidad virtual es conseguir un adecuado equilibrio entre el nivel de detalle esperado en el modelo y el tamaño del archivo con el que se ha de trabajar. Por ese motivo, en este trabajo hemos apostado por huir de un excesivo modelado sustituyendo este por el uso de texturas tomadas a partir de fotografías y plasmadas sobre superficies. A modo de ejemplo, en el fotograma de la figura 3 se muestra una de las dependencias del edificio en el que se ha combinado el modelado para representar la estructura exterior con un texturizado realizado a partir de una imagen fotográfica para representar el interior de la dependencia.

Figura 3: Fotograma combinado de modelado y texturizado fotográfico



3.2 Texturizado del modelo

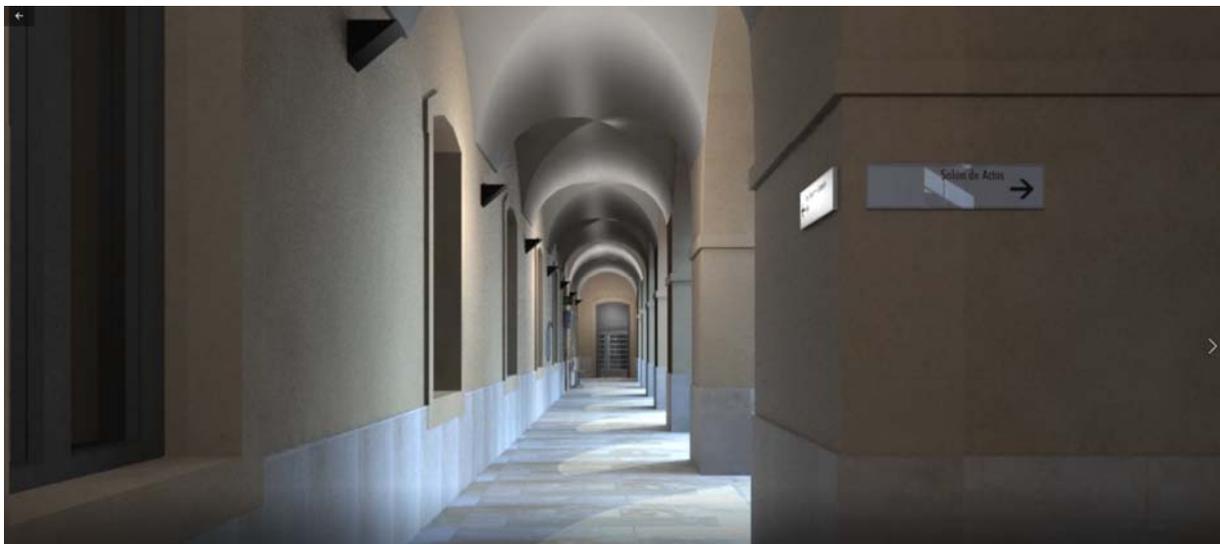
La aplicación de texturas permite transformar, tal y como se muestra en la figura 4, un modelo básico en un modelo virtual e insertarlo como parte del escenario virtual.

Figura 4: Aplicación de texturas sobre modelos básicos e inserción en escenario virtual



En este trabajo hemos utilizado un elevado número de texturas tomadas mediante reportaje fotográfico sobre el propio edificio, basados en la idea de que estas constituyen una herramienta primordial para obtener, por un lado, un modelo lo más real posible, y por otro, un bajo peso computacional. En la figura 5 se muestra un fotograma en el que puede observarse el resultado de las texturas aplicadas en suelos y paredes, así como en uno de los paneles de indicadores.

Figura 5: Aplicación de texturas sobre la estructura



3.3 Iluminación

En espacios abiertos la iluminación no supone grandes inconvenientes para la obtención de modelos virtuales dadas las altas capacidades de cálculo del software existente en la actualidad. En la mayoría de ellos, es suficiente con seleccionar un tipo de luz solar e indicar una hora para obtener unos resultados suficientemente válidos. Sin embargo, no ocurre lo mismo cuando lo que se desea es virtualizar espacios interiores. Una iluminación

inadecuada puede alejar el modelo obtenido de la realidad por detalles que probablemente ni siquiera seamos capaces de detectar, pero que, sin embargo, hace que nuestra imagen nos parezca alejada de la realidad.

En la figura 6 se muestra la iluminación realizada en la planta bajo rasante del edificio y en la que la colocación de fuentes de iluminación virtuales en las luminarias reales instaladas en el edificio permite mejorar la realidad virtual por el reflejo que estas luces arrojan sobre el propio pavimento.

Figura 6: Iluminación en la planta bajo rasante del edificio



3.4 Interactividad

Para conseguir los objetivos propuestos en este trabajo es necesario hacer que nuestra aplicación resulte interactiva. Es el usuario de la aplicación el que decide a que ubicación del edificio dirigirse y, por consiguiente, el camino a recorrer debe ser decidido en la aplicación.

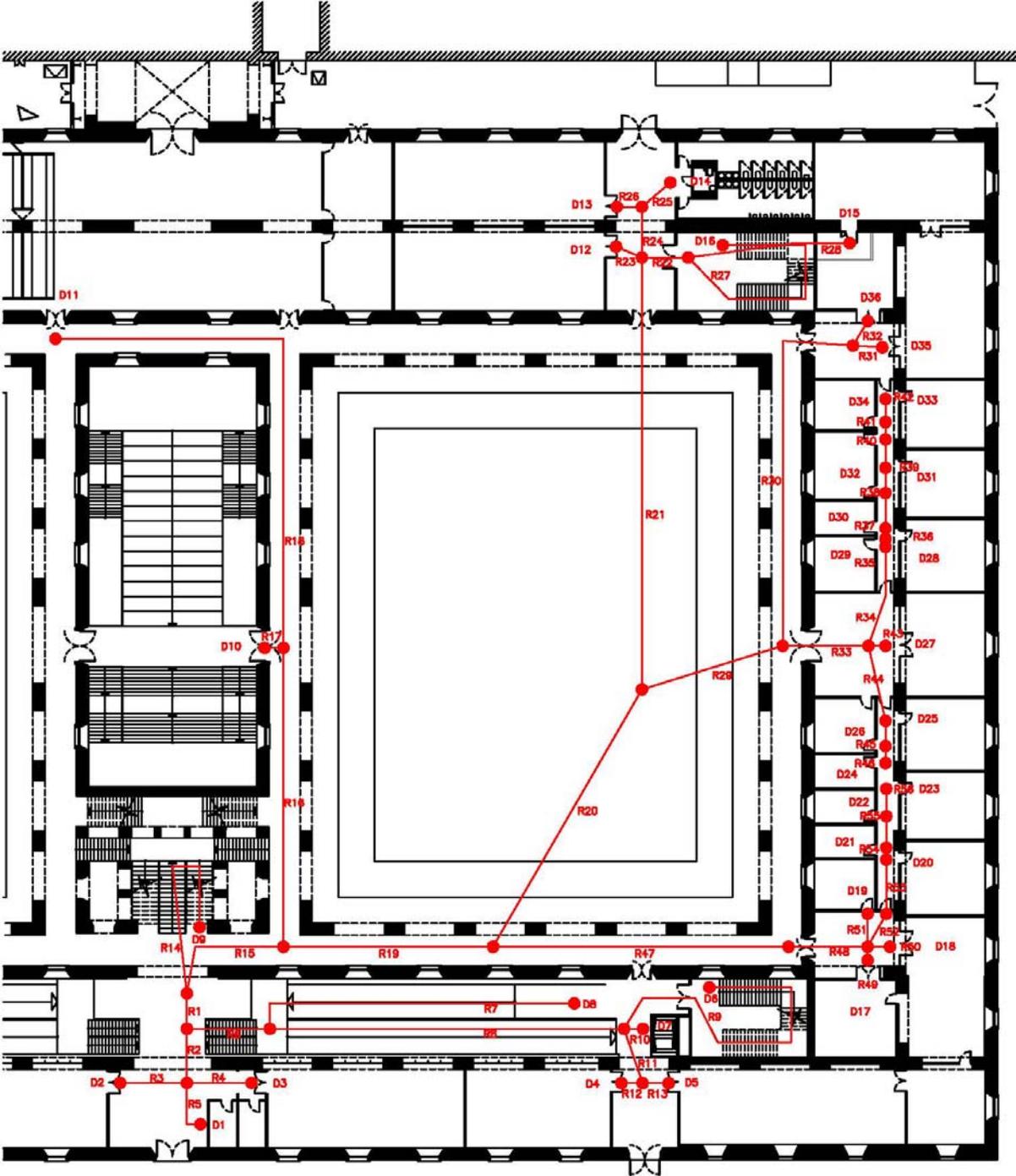
La solución tradicional de grabar en el modelo virtual tantos recorridos como ubicaciones existan en el modelo y a las que el usuario puede desear desplazarse, aunque resulta una solución válida, es poco operativa desde el punto de vista del coste computacional, dado que como consecuencia de las grabaciones virtuales se obtienen archivos de elevado tamaño.

Para conseguir este objetivo, y una vez modelado el edificio, hemos propuesto realizar grabaciones de pequeños trayectos que, unidos entre sí, permitan acceder a cualquier destino seleccionado en el edificio. A modo de ejemplo y para entender mejor la metodología propuesta, en la figura 7 se muestran los distintos trayectos propuestos en la zona este de la planta baja del edificio. Cada recorrido está definido por el segmento lineal comprendido entre dos puntos e identificado en la forma R_n mientras que cada destino lo hemos identificado en la forma D_n .

Teniendo en cuenta que todos los recorridos se inician en la entrada del edificio donde esta previsto instalar un atril con la aplicación virtual, para llegar al destino D_{15} , sería necesario encadenar los recorridos R_{15} , R_{19} , R_{20} , R_{21} , R_{22} y R_{28} , mientras que para llegar al destino D_{12} sería necesario encadenar los recorridos R_{15} , R_{19} , R_{20} , R_{21} y R_{23} . Dado que

los cuatro primeros recorridos son comunes, pueden ser utilizados para llegar a ambos destinos sin necesidad de ser duplicados liberando por tanto peso en la aplicación.

Figura 7: Recorridos definidos en la zona este de la planta baja



4. Resultados

La metodología propuesta ha sido implementada en una aplicación en Visual Studio C#. SolidWorks ha sido el programa utilizado para realizar los distintos modelados y la grabación

de los recorridos. Como resultado en la figura 8 se muestra el entorno de la aplicación obtenida.

Figura 8: Entorno de la aplicación



En ella puede diferenciarse una ventana principal en la que se muestra un video de presentación y en el que se mostrará el recorrido propuesto para llegar al destino seleccionado por el usuario. De forma complementaria, en una ventana en la parte inferior izquierda se muestra un plano sincronizado con el video, correspondiente a la planta del edificio en la que nos encontramos en cada momento. Nuestra posición en cada momento es actualizada y mostrada en el plano mediante un pequeño cuadrado rojo.

El usuario puede interactuar con la aplicación mediante los menús desplegados que se muestran en la parte superior izquierda. En el primero de ellos se permite realizar una selección de entre las siguientes opciones: (1) Despachos de profesor por Departamento, (2) Aulas docentes por planta, (3) Aulas de informática, (4) Laboratorios por Departamento, (5) Servicios y (6) Otros Espacios por Departamento.

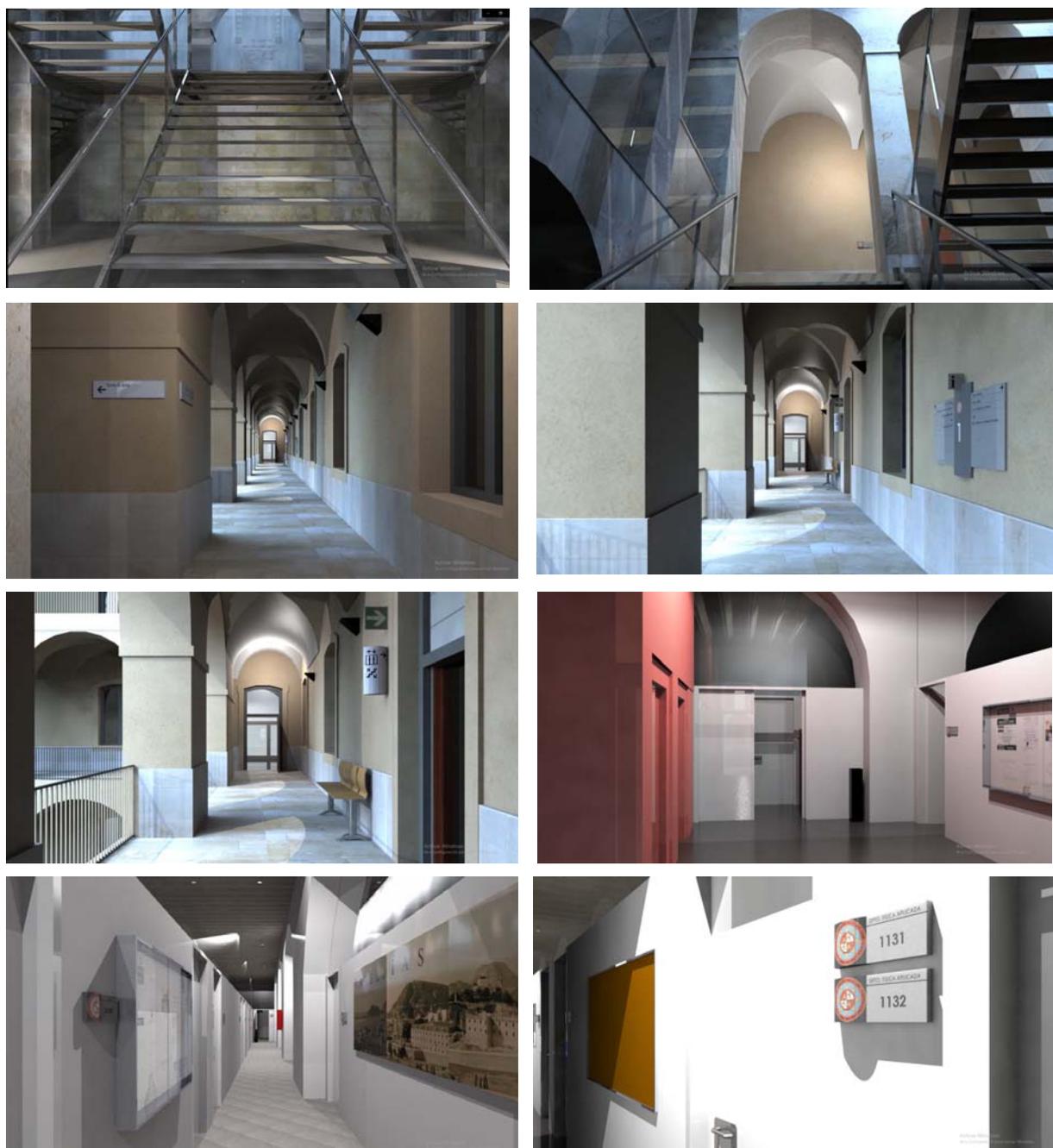
Dependiendo de la opción seleccionada en el menú anterior, el segundo menú desplegado permite seleccionar: un departamento (para las opciones 1, 4 y 6), una planta del edificio (para la opción 2), un aula de informática (para opción 3), un servicio (para la opción 5 del menú anterior) o un espacio singular del departamento tal como dirección, secretaría o sala de reuniones (para la opción 6).

Por último, el tercer menú desplegado permite realizar las siguientes selecciones en función de los valores tomados por los dos menús anteriores: el nombre de un profesor perteneciente al departamento seleccionado en el segundo menú para el caso (1), un aula de la planta seleccionada en el segundo menú para el caso (2) y un espacio singular del departamento seleccionado en el segundo menú para el caso (6).

Finalizada la selección, el usuario puede visualizar el recorrido aconsejado en la pantalla principal pulsando sobre el botón "Iniciar Recorrido" al tiempo que el pequeño cuadrado rojo se desplaza por el plano del edificio en la ventana de la parte inferior izquierda.

A modo de ejemplo, en la figura 9 se muestran distintas secuencias del recorrido aconsejado para desplazarse desde la ubicación del atril hasta el despacho de un profesor del departamento de física.

Figura 9: Secuencias de un recorrido



5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una aplicación basada en realidad virtual que permite conocer como dirigirse a las distintas dependencias que forman parte de una gran edificación, como es la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, siguiendo una ruta aconsejada.

Los resultados obtenidos muestran la utilidad de herramientas tales como la realidad virtual y realidad aumentada, así como su aplicación en la ingeniería.

La gestión de la obra, el entrenamiento profesional y el control y mantenimiento constituyen tres de los grandes campos a los que aplicar estas herramientas, permitiendo gracias a la RV, que un proyectista pueda inspeccionar las instalaciones industriales proyectadas incluso antes de que se hayan ejecutado.

Las recreaciones virtuales permitirán inspeccionar y detectar posibles errores o interferencias entre distintas instalaciones durante el proceso de diseño haciendo posible de este modo corregirlas antes de su ejecución.

Por su parte, la realidad aumentada, permite superponer elementos virtuales a la realidad ofreciendo la posibilidad de realizar asistencias virtuales a procesos, dar información en tiempo real de los elementos críticos de una planta agilizando de este modo la toma de decisiones y disponer de todos los documentos de los elementos diseñados.

Por último, la superposición de un modelo virtual diseñado sobre la obra final ejecutada mediante realidad aumentada, permite analizar "in situ", las desviaciones producidas entre el diseño y la ejecución final.

Referencias

- Baek, F., Ha, I. & Kim, H. (2019). Augmented reality system for facility management using image-based indoor localization. *Automation in Construction*, (99) (18-26), DOI: 10.1016/j.autcon.2018.11.034.
- Berkemeier, L., Zobel, B., Werning, S., Ickerott, I. & Thomas, O. (2019). Engineering of Augmented Reality-Based Information Systems: Design and Implementation for Intralogistics Services. *Business & Information Systems Engineering*, 61(1), (67-89), DOI: 10.1007/s12599-019-00575-6.
- Bibliografías y vidas (n.d.). Obtenido el 28 de febrero de 2019, desde <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/w/wheatstone.htm>
- García-Hernández, R.J. & Kranzlmüller, D. (2019). NOMAD VR: Multiplatform virtual reality viewer for chemistry simulations. *Computer Physics Communications*, (237), (230-237), DOI: 10.1016/j.cpc.2018.11.013.
- Gattullo, M., Scurati, G.W., Fiorentino, M., Uva, A.E., Ferrise, F. & Bordegoni, M. (2019). Towards augmented reality manuals for industry 4.0: A methodology. *ROBOTICS AND COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING*, (56), (276-286), DOI: 10.1016/j.rcim.2018.10.001.
- Gras, G. & Yang, G.Z. (2019). Context-Aware Modeling for Augmented Reality Display Behaviour. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(2), (562-569) DOI: 10.1109/LRA.2019.2890852.
- He, Z.H., Sui, X.M., Jin, G.F. & Cao, L.C. (2019). Progress in virtual reality and augmented reality based on holographic display. *APPLIED OPTICS*, 58(5) (A74-A81), DOI: 10.1364/AO.58.000A74.
- Lochhead, I. & Hedley, N. (2019). Mixed reality emergency management: bringing virtual evacuation simulations into real-world built environments. *International Journal of Digital Earth*, 12(2), (190-208), DOI: 10.1080/17538947.2018.1425489.
- Ocampo, R. & Tavakoli, M. (2019). Improving User Performance in Haptics-Based Rehabilitation Exercises by Colocation of User's Visual and Motor Axes via a Three-Dimensional Augmented-Reality Display. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 4(2) (438-444) DOI:10.1109/LRA.2019.2891283.
- Ramos, F., Trilles, S., Torres-Sospedra, J. & Perales, F.J. (2018). New Trends in Using Augmented Reality Apps for Smart City Contexts. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 7(12-478), DOI:10.3390/ijgi7120478.

- Shamsudin, N.M., Mahmood, N.H.N., Rahim, A.R.A., Mohamad, S.F. & Masrom, M. (2018). Utilization of Virtual Reality Technology Smartphone Application for the Enhancement of Construction Safety and Health Hazard Recognition Training in Piling Work: Pilot Study. *Advanced Science Letters*, 24(11), (8660-8662), DOI: 10.1166/asl.2018.12319.
- Soria, G., Alvarado, L.M.O. & Feito, F.R. (2018). Augmented and Virtual Reality for Underground Facilities Management. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 18(4-041008), DOI: 10.1115/1.4040460.
- Tatic, D. (2018). An augmented reality system for improving health and safety in the electro-energetics industry. *Facta Universitatis-series Electronics and Energetics*, 31(4), (585-598), DOI:10.2298/FUEE1804585T.