

➤ **Redes de Investigación
e Innovación en Docencia
Universitaria**

➤ *Xarxes d'investigació
i Innovació en Docència
Universitària*

Volumen
2022

Volum
2022

UNIVERSITAT D'ALACANT | UNIVERSIDAD DE ALICANTE

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

ICE Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción
Díez Ros, Rocío
Pellín Buades, Neus (Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2022

Rosana Satorre Cuerda (Coord.),

Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2022

Organització: Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)*

Comité tècnic / *Comité técnico:*

Cristina Mansilla Martínez

Sergio Andrés Mijangos Sánchez

Neus Pellín Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ *Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante*

Primera edició: / *Primera edición:*

© De l'edició/ *De la edición: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)*

© *Del text: les autores i autors / Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-39082-3

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels resums publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los resúmenes publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.*

27. Realidad Virtual en la enseñanza de ingeniería y arquitectura

Pereiro Barceló, Javier; Varona Moya, Francisco de Borja; Galao Malo, Óscar; Baeza de los Santos, Francisco Javier; Sáez Fernández, Miguel; Pomares Torres, Juan Carlos

Universidad de Alicante

RESUMEN

En este artículo se utiliza la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en enseñanzas técnicas tales como el Grado de Ingeniería Civil, el Grado en Fundamentos de la Arquitectura Técnica y el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Los objetivos de la investigación son: facilitar el entendimiento de los detalles constructivos, de la distribución volumétrica de espacios y del armado de elementos estructurales, algo que a veces es difícil de transmitir con las herramientas clásicas (Power Point, dibujos en pizarra, planos, etc.); aumentar la, a veces, escasa motivación del alumnado introduciendo nuevas tecnologías y facilitando su proceso enseñanza-aprendizaje; adaptar al alumnado a la rápida incorporación de la RVI en el ámbito laboral. La experiencia se llevó a cabo en cuatro asignaturas y se comprobó la mejora en la adquisición de conocimientos de los estudiantes dependiendo de la técnica utilizada: las tradicionales o la RVI. La evaluación de la consecución de los objetivos se realizó mediante cuestionarios de opinión y examinando objetivamente a los estudiantes sobre un caso en concreto analizado por una parte de ellos de la forma tradicional y por el resto mediante la RVI.

PALABRAS CLAVE: Realidad Virtual, TIC, ingeniería, arquitectura.

1. INTRODUCCIÓN

La RVI es una nueva tecnología que permite a un individuo sumergirse y proyectar movimientos reales en escenarios multidimensionales generados a través de sistemas informáticos mediante gafas que capturan la posición y rotación del cuerpo. Es una tecnología que ha mostrado un gran potencial durante décadas en campos como la aviación o el entrenamiento militar y ahora está dando grandes pasos en campos como el entretenimiento, la medicina, la ingeniería o la construcción (Miguélez-Juan et al., 2019) esta tecnología no está integrada en la Educación Secundaria Postobligatoria. Los nativos digitales que se encuentran en las aulas requieren una educación dirigida a alcanzar los objetivos educativos y a la adquisición de competencias recogidas en el currículo educativo de Bachillerato, pero al mismo tiempo necesitan que la educación que reciben les capacite para afrontar los retos que les presenta la sociedad del siglo XXI. Este artículo recoge los resultados de una encuesta, completada por 390 estudiantes que cursan el Bachillerato en la modalidad de Artes, dirigida a conocer la percepción de la utilidad pedagógica de la Realidad Virtual Inmersiva. Los resultados muestran que los estudiantes han utilizado esta tecnología, pero no como herramienta educativa en el aula. No obstante, consideran que su uso puede tener un efecto positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la califican como una herramienta idónea para complementar su aprendizaje incluso fuera de las instituciones de enseñanza formales. La aplicación de la Realidad Virtual Inmersiva como herramienta estimuladora del aprendizaje plantea importantes retos a las instituciones educativas a corto plazo. (Miguélez-Juan et al., 2019. Las posibilidades de la RVI como instrumento útil en el ámbito educativo cobran cada vez más fuerza por su potencial mejora en la asimilación de contenidos y el rápido crecimiento de la curva de aprendizaje. Las necesidades educativas que puede cubrir la RVI en las enseñanzas técnicas tales como el Grado de Ingeniería Civil, el Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, etc., son las siguientes: facilitar el entendimiento de los detalles constructivos; aumentar la, a veces, escasa motivación del alumnado introduciendo nuevas tecnologías y facilitando su proceso enseñanza-aprendizaje; adaptarse a la rápida incorporación de la RVI en el ámbito laboral.

La educación, como columna vertebral de la sociedad, debe promover la transformación de la sociedad desde el aula hasta el mundo profesional, integrar nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje, permitir que los estudiantes participen más en el proceso de enseñanza e integrar las nuevas tecnologías digitales, específicamente la RVI (Hernandez-de-Menendez et al., 2019; (Hernandez-de-Menendez et al., 2019; Vassigh et al., 2017. Estados Unidos, Reino Unido y China son los países con mayor literatura científica publicada con respecto al estudio de la RVI en la educación (D. Liu et al., 2017). Las universidades con mayor implementación de la realidad virtual son universidades de primer nivel en todos los rankings, tales como Harvard, Stanford o el Instituto Tecnológico de Monterrey. Si bien la importancia de utilizar nuevos entornos y aplicaciones no debe exceder las competencias y habilidades a adquirir (Kim & Irizarry, 2020), es cierto que suelen tener un efecto positivo en la motivación y participación de los estudiantes (Fonseca et al., 2015) e incluso retener en mayor medida los conceptos aprendidos (Shirazi & Behzadan, 2015).

En el campo de la ingeniería civil y de la arquitectura, las nuevas herramientas técnicas como

la RVI se ven como oportunidades para incrementar la productividad, pues se pueden utilizar para anticipar los posibles problemas durante la ejecución de las obras y para reducir los conflictos entre los agentes involucrados en la redacción y ejecución de proyectos de construcción (Akponeware & Adamu, 2017; Y. Liu et al., 2017; X. Wang & Love, 2012). Además de estos efectos sobre el empleo, estas nuevas tecnologías se están introduciendo gradualmente en los campos académico y educativo de la ingeniería. De hecho, en una revisión de Sanfilippo et al. (Sanfilippo et al., 2022), se estima que la ingeniería, la técnica y las matemáticas son áreas de la educación que tienen mayor impacto en la experiencia de la RVI porque es una tecnología que permite de forma directa llevar a la práctica las ideas de “aprender haciendo”(Settles, 2010). En los campos de la ingeniería civil y la construcción, se pueden encontrar ejemplos de aplicación satisfactorios en temas como representación gráfica, terreno, cálculo estructural, gestión de obra y prevención de riesgos laborales (Alizadehsalehi et al., 2020; Gan et al., 2022; Gomez-Tone et al., 2022; Sohn et al., 2022; P. Wang et al., 2018; M. Zhang et al., 2022; Y. Zhang et al., 2020).

Por todo ello, el objetivo fundamental de esta investigación educativa, que se basa en introducir la RVI en las aulas, es que los estudiantes comprendan mejor los detalles constructivos, la distribución volumétrica de espacios y el amado de elementos estructurales, algo que a veces es difícil de transmitir con las herramientas clásicas. Los objetivos concretos de la investigación son: 1- Dar a conocer las posibilidades de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Alicante. 2- Conocer si la inclusión de la RVI a nivel de asignatura consigue que el alumnado adquiera mejor los conocimientos de materias propias de titulaciones técnicas. 3- Conocer la opinión de los estudiantes respecto a la utilidad de la RVI, tanto en su futura vida profesional como en actividades formativas y en lo concerniente a la motivación extra que les aportaría. Las hipótesis de partida, previamente a la experiencia, están relacionadas con los anteriores objetivos específicos y son: 1- el alumnado adquirirá las bases fundamentales y de aplicación de la RVI de tal forma que mejore en alto grado tras la experiencia en comparación con los conocimientos previos; 2- la RVI servirá para que los alumnos entiendan mejor los conceptos técnicos; 3- la RVI aportará una motivación extra y sería útil en su vida académica; 4- la RVI será útil para su vida profesional.

2. MÉTODO

La investigación que se muestra en este artículo ha utilizado el método científico. En este apartado se desarrollará cómo se ha llevado a cabo la investigación educativa.

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

La experiencia educativa se ha llevado a cabo en cuatro asignaturas de tres titulaciones de la Universidad de Alicante: Grado de Ingeniería Civil (Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado – Curso 3º – 24 estudiantes matriculados), Grado en Fundamentos de la Arquitectura (Estructuras 3 – Curso 4º – 57 estudiantes matriculados) y Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

(Nuevos Materiales de Construcción – Curso 2º – 6 estudiantes matriculados y Construcción Metálica y Mixta – Curso 1º – 15 estudiantes matriculados). En total 19 estudiantes realizaron la experiencia docente. La razón de esto es porque se eligieron ciertos grupos de prácticas de las anteriores asignaturas en los que había poco alumnado matriculado ya que los medios técnicos para realizar la experiencia eran muy limitados en número.

Como puede observarse, las asignaturas son de últimos cursos de titulaciones de grado o de máster. Por esta razón, los estudiantes están cerca de ejercer su vida profesional y ya disponen de muchos conocimientos previos para poder valorar esta experiencia con RVI, tanto a nivel de mejora del proceso enseñanza-aprendizaje como a nivel de desarrollo profesional. El nuevo marco profesional al que deben enfrentarse los estudiantes incluye cada vez más nuevas tecnologías. Por ello, se requieren profesionales capacitados para hacer uso de estas nuevas tecnologías.

2.2 Instrumentos

Se han necesitado los siguientes instrumentos para poder llevar a cabo la experiencia: a) gafas de RVI, b) ordenador que soporte la RVI, c) plataforma de RVI, d) aplicación que reproduzca proyectos en RVI. Las gafas de Realidad Virtual Inmersiva son un dispositivo de visualización que permite reproducir imágenes creadas por un ordenador sobre dos pequeñas pantallas muy cercanas a los ojos. Debido esta proximidad a los ojos, se consigue que las imágenes engloben todo el campo de visión del usuario. Gracias a que el casco se encuentra sujeto a la cabeza, éste puede seguir los movimientos del usuario mediante giroscopios integrados, consiguiendo así que se sienta integrado en los ambientes virtuales. Las gafas de RVI están acompañadas de mandos con control de movimiento que permiten andar dentro del escenario o tocar los objetos virtuales. La mayoría de las gafas de RVI no incorporan el procesador, por lo que se necesita un ordenador con una alta capacidad de procesamiento para poder llevar a cabo la experiencia. El ordenador genera dos imágenes diferentes, una para cada ojo, produciendo un efecto 3D, llamado visión estereoscópica, es decir, la percepción de dos imágenes ligeramente diferentes, una en cada ojo, como una sola imagen. Esto da lugar a la percepción de profundidad, que permite ver el mundo en tres dimensiones. Concretamente, esta experiencia educativa se ha realizado con las gafas Lenovo Explorer (Figura 1). Éstas cuentan con pantalla de 1440 x 1440 píxeles, conector HDMI y dos mandos de control, aunque en el software utilizado para esta experiencia sólo se utiliza uno de ellos.

Figura 1. Gafas de RVI Lenovo Explorer



(c)

La plataforma de Realidad Virtual para la cual son compatibles las gafas Lenovo Explorer es *Windows Mixed Reality* (Figura 2). La principal función *Windows Mixed Reality* es la de hacer de puerta de entrada para todo el contenido de realidad virtual. Desde esta interfaz se pueden ejecutar aplicaciones de terceros, alojadas en la Microsoft Store, desde un escritorio de Windows virtual. La aplicación de terceros utilizada es *BIMserver.center Virtual Reality*, una herramienta gratuita que permite visualizar en RVI los proyectos realizados siguiendo la metodología BIM (Building Information Modeling) alojados en el entorno común de datos y plataforma *BIMserver.center*. Además, los profesores pueden acceder al subdominio *BIMserver.center Education* de esta plataforma para generar y visualizar los ítems que los alumnos ven y resuelven desde su cuenta básica *BIMserver.center*. Concretamente, en esta experiencia se ha utilizado *BIMserver.center Education* para alojar el modelo estructural de una edificación para que, el alumnado pudiera visualizarlo en clase en RVI gracias a la aplicación *BIMserver.center Virtual Reality*.

Figura 2. Portal de realidad mixta de Windows (Windows Mixed Reality)



2.3. Procedimiento

La actividad se desarrolló en dos clases durante el curso académico. En la primera se hizo una introducción teórica a la metodología BIM y a la RVI. En la segunda sesión se implementó la RVI

en clase. Esta sesión consistió en el análisis de un modelo estructural de una obra de edificación por parte de los alumnos, previamente creado por el profesor. Este modelo estructural puede observarse en la Figura 3, donde se aprecian tanto los elementos estructurales (pilares, vigas, etc.) como el armado. Primeramente, los estudiantes contestaron a dos preguntas relacionadas con sus conocimientos previos de RVI. Seguidamente, a la mitad de la clase se les mostró el modelo estructural del edificio de forma tradicional, es decir, mediante planos imprimidos en papel (Figura 4.a). A la otra mitad, se les mostró la misma estructura de edificación mediante RVI con el uso de las gafas de realidad virtual (Figura 4.b). Debido a que únicamente se disponía de unas gafas de RVI y un ordenador, los alumnos visualizaban el modelo de forma secuencial, uno detrás de otro. Mientras los estudiantes visualizaban el modelo con las gafas, el profesor podía ver en la pantalla del ordenador lo que el estudiante estaba viendo, claro está, sin la inmersión que proporcionan las gafas y sin poder controlar los movimientos. Sin embargo, era suficiente para guiar al estudiante en caso de confusión. Todos los estudiantes, independiente de la forma de visualizar el modelo, debían anotar los fallos que observasen ya que el modelo poseía, de forma deliberada, fallos que provocaban que la estructura no se pudiese construir en la realidad. A los estudiantes que habían analizado el modelo con los planos en papel, se les permitió posteriormente vivir la experiencia en RVI. Finalmente, todo el alumnado rellenó una encuesta sobre la experiencia con 18 preguntas (Tabla 1) para valorar en una escala del 1 al 10 el grado de conocimientos previos y adquiridos; y la opinión sobre la RVI académica y profesionalmente. Las encuestas como modo de evaluación de la experiencia han sido utilizadas por varios equipos docentes que han introducido la RVI en sus clases (Alizadehsalehi et al., 2021; Noghabaei et al., 2020; Piroozfar et al., 2017; Sepehr et al., 2022)engineering, and construction (AEC).

Con respecto a la evaluación, los objetivos 1 y 3 (1-Dar a conocer las posibilidades de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Alicante y 3-Conocer la opinión de los estudiantes respecto a la utilidad de la RVI, tanto en su futura vida profesional como en actividades formativas y en lo concerniente a la motivación extra que les aportaría) fueron evaluados mediante los dos cuestionarios uno previo a la realización de las actividades y otro a su finalización. La evaluación del objetivo 2 (2-Conocer si la inclusión de la RVI a nivel de asignatura consigue que el alumnado adquiriera mejor los conocimientos de material propias de titulaciones técnicas) se efectuó contabilizando el número de fallos detectados en el modelo por parte del alumnado dependiendo de la forma de visualizar dicho modelo (forma tradicional o con RVI).

Figura 3. Modelo estructural de la edificación: (a) elementos estructurales; (b) armado; (c) detalle de armado de un nudo.

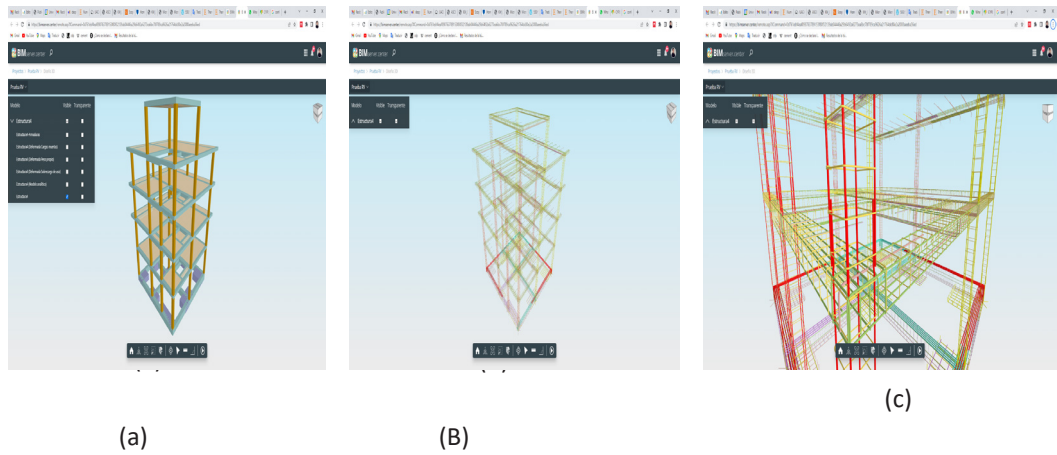


Figura 4. Documentación aportada a los alumnos: (a) planos; (b) modelo en RVI.

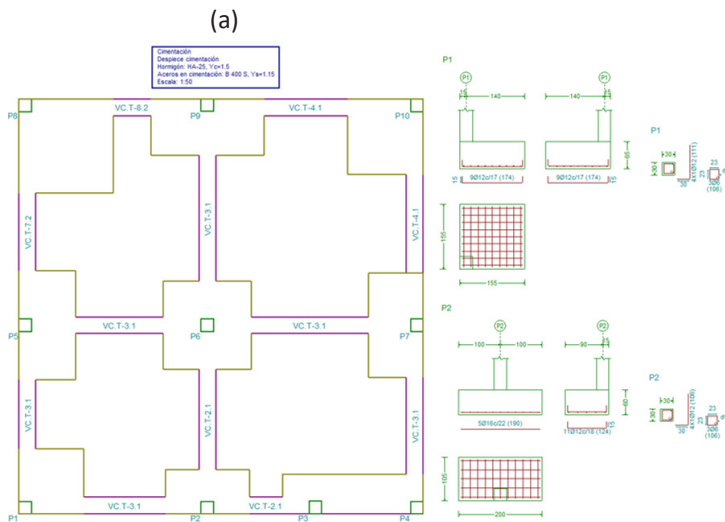


Tabla 1. Respuestas de los estudiantes a la encuesta realizada.

Pregunta	Media ± DE	Mediana
Antes de la clase, indica tu nivel de conocimientos acerca de Realidad Virtual (VR)	2.9±2.7	3
¿Has tenido alguna experiencia previa con VR? Responde sí o no a esta pregunta.	53% Sí 47% No	-
Después de la clase, indica tu nivel de conocimientos acerca de VR	5.8±2.1	6
¿Crees que la VR es importante para el mundo AEC (arquitectura, ingeniería, construcción)?	8.8±1.8	10
¿Crees que la educación en el mundo de la construcción debe incluir VR en el núcleo de sus contenidos para preparar a los futuros profesionales?	8.7±1.8	10
¿Crees que la VR es una herramienta de utilidad en el mundo AEC?	8.9±1.7	9

¿Crees que la VR será empleada a corto-medio plazo de forma efectiva en el mundo AEC?	7.3±2.7	8
¿Crees que la VR es una ventaja competitiva adicional a la hora de captar nuevos clientes?	8.8±1.4	9
¿Crees que la VR facilita la comprensión de los procesos sin la necesidad de interpretar los planos?	7.9±2.3	9
¿Crees que la VR proporciona un mejor entendimiento de las relaciones y las colisiones entre cada parte del proyecto?	9.0±1.6	10
¿Crees que la VR proporciona de una nueva forma de mostrar los resultados a los clientes?	9.2±1.1	10
¿Crees que la plataforma escogida para la realización de esta práctica, BIMserver. center Virtual Reality, permite gestionar y supervisar de forma centralizada y cómoda proyectos de construcción en VR?	8.4±1.5	8
¿Crees que la práctica ha sido útil?	9.4±1.0	10
¿Ha sido una experiencia inmersiva?	9.3±1.3	10
¿Crees que has alcanzado nuevos conocimientos que pueden ser de utilidad en tu vida laboral?	8.3±2.0	8
¿Qué nivel consideras que tienes en uso de herramientas de expresión gráfica?	6.9±2.8	8
¿Crees que con la VR es suficiente para presentar un proyecto?	6.4±2.9	7
¿Crees que la escuela debería disponer de gafas de VR para el uso de los alumnos, siendo consciente de los costes?	9.1±1.8	10

3. RESULTADOS

Esta sección recopila los resultados de las encuestas realizadas a los estudiantes que participaron en las actividades de formación (Tabla 1). Las dos últimas columnas de la Tabla 1 incluyen parámetros estadísticos de las respuestas, tales como la media, la desviación típica y la mediana.

La frecuencia de cada respuesta se muestra a lo largo de esta sección en forma de figuras. Los conceptos similares han sido agrupados para facilitar la explicación. En la Figura 5 se recogen los conocimientos previos y posteriores a la experiencia. En general, después de realizar las actividades se puede apreciar la adquisición de conocimiento, aun cuando el 53% de los estudiantes ya habían tenido alguna experiencia con RVI.

En la Figura 6.a se muestran los puntos de vista sobre la necesidad de implantación de estas tecnologías en la universidad y en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). Ambas respuestas son afirmativas y se puede observar que también son muy parecidas. Además, en la Figura 6.b se puede observar que los alumnos querrían disponer de gafas de RVI en la universidad, aun siendo conscientes del alto coste que ello supondría para la ella.

Figura 5. Valoración de los conocimientos sobre la RVI antes y después de la experiencia.

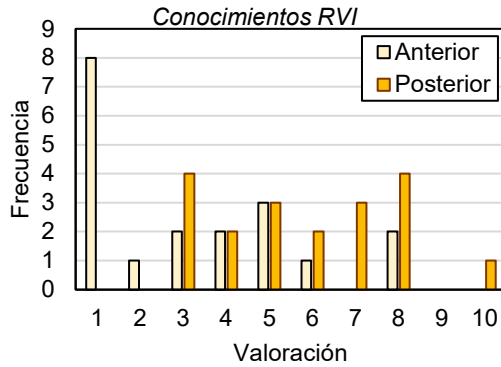
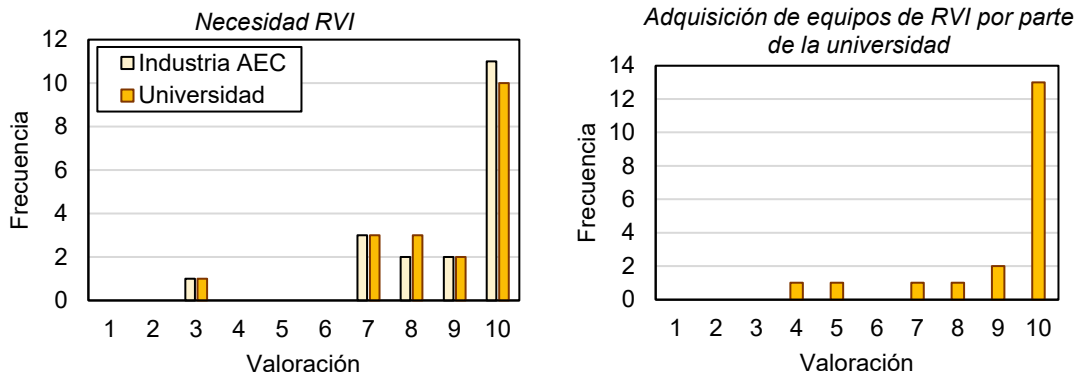


Figura 6. Valoración de la necesidad de RVI: (a) necesidad de incorporarla tanto profesionalmente como en la formación universitaria; (b) necesidad de adquisición de equipos de RVI por parte de la universidad



La Figura 7.a representa la evaluación de la utilidad de la RVI. A diferencia de los documentos gráficos básicos (como planos), los alumnos pueden comprender mejor las actividades a realizar desde una perspectiva geométrica, de modo que se pueden detectar y prevenir posibles conflictos. Sin embargo, no existe un consenso claro si la potencia de la RVI puede ser suficiente como para que sea la única forma de presentar proyectos, en sustitución total de las formas tradicionales o con cualquier otra técnica. Específicamente, para el mundo profesional de la AEC, tal y como muestra la Figura 7.b, los alumnos en general opinan que su utilidad es alta. Piensan, de forma unánime, que se puede favorecer el trato con los clientes por la mejor presentación de resultados, así como que esto se traducirá en un aumento de la productividad y competitividad de la empresa. No obstante, pese a estas ventajas en la industria, no existe un claro consenso en que la RVI se implementará a medio plazo de forma general en las empresas. Parte de los estudiantes piensan que sí, pero existe una cantidad considerable de alumnos y de alumnas cuya respuesta frente a este tema es indecisa.

La evaluación de la experiencia se muestra en la Figura 8. Puede observarse que, en todos los casos, se confirmó la aplicabilidad de *BIMserver.center Virtual Reality*. En general, las opiniones son positivas con respecto a la utilidad de esta experiencia docente, así como al grado de inmersión que se logra con las gafas de RVI a la hora de visualizar los detalles de la estructura. Además, salvo un caso

concreto que poseía notables conocimientos previos sobre RVI, el aprendizaje percibido tras efectuar esta experiencia educativa es considerable.

Figura 7. Opinión sobre la utilidad de la RVI: (a) aspectos generales; (b) en la industria AEC

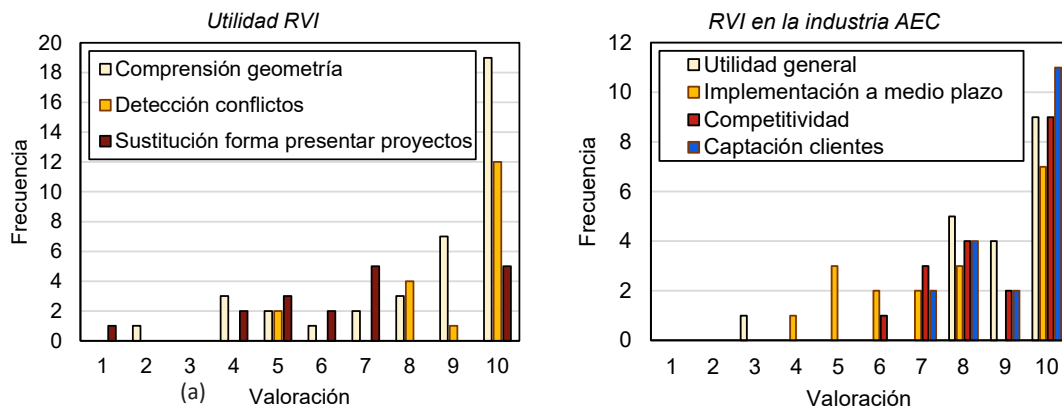
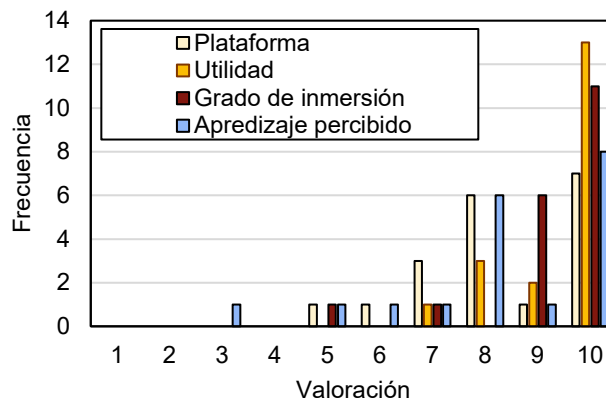
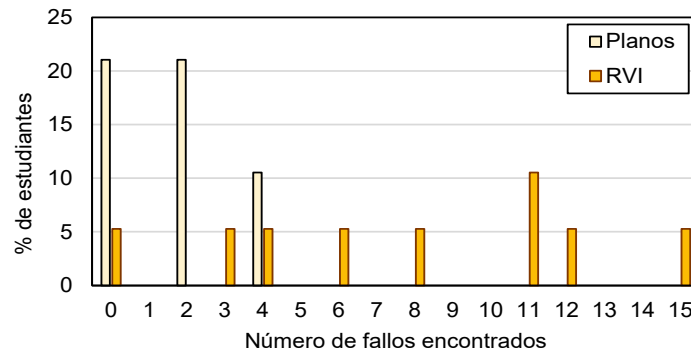


Figura 8. Evaluación de la experiencia.



Finalmente, se puede observar en la Figura 9, los errores detectados en el modelo estructural del edificio dependiendo del modo de visualización de éste: mediante planos o mediante RVI. En general, el alumnado detectó más fallos cuando visualizó el modelo con la RVI, habiendo casos en los que el número de errores detectados era muy elevado.

Figura 9. Errores encontrados por los estudiantes en el modelo estructural dependiendo del modo de visualización: planos o RVI.



4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El alumnado que participó en esta experiencia partía con un nivel bajo de conocimientos sobre RVI (3.2 sobre 10) y, tras la experiencia, el nivel adquirido es suficiente (6.0 sobre 10). Cuantitativamente hablando, parece un nivel bajo para las pretensiones de la experiencia, pero debe tenerse en cuenta que, en general, el alumnado no posee equipos para realizar la RVI, tanto a nivel de procesamiento como a nivel de gafas, por lo que no es algo que hubieran practicado lo suficiente como para adquirir las destrezas necesarias. Además, estos equipos pueden causar mareos o desorientación en las personas que no están acostumbradas. Todo ello supone una limitación para esta experiencia. Con todo ello, se verifica la hipótesis 1 y, por lo tanto, la consecución del objetivo 1.

Para las preguntas de si la RVI es importante tanto para el mundo AEC como para el sistema educativo, la valoración de los estudiantes, salvo casos puntuales, fue muy elevada. Esto indica que sí se ha conseguido mostrar la importancia y capacidad de esta tecnología en el mundo laboral y en la propia enseñanza. De hecho, el alumnado otorgó una puntuación media de 9.1 sobre 10 a la necesidad de adquisición de equipos de RVI por parte de la universidad. Esto verifica la hipótesis 3 y la 4, lo que provoca la consecución del objetivo 3. Además, se pone de relieve que los estudiantes consideran ésta una formación esencial y absolutamente necesaria para los futuros profesionales del sector. Se puede apreciar además, de forma indirecta, un énfasis por favorecer el paso a metodologías docentes basadas en aprendizaje colaborativo o basado en proyectos, que han demostrado ser especialmente motivantes para estudiantes de ingeniería (Fonseca et al., 2014, 2015) and presents the results of a preliminary study based on the profile and the student motivation. The study is conducted with first year Building Engineering degree students in order to use mobile technologies, augmented reality (AR).

La utilidad que los estudiantes perciben de esta tecnología es elevada en casi todas las cuestiones planteadas (utilidad general, ventaja competitiva, comprensión del proceso, comprensión de las relaciones y conflictos en el proyecto). Esto verifica la hipótesis 2, relacionada con el objetivo 2. Esto es acorde a lo expresado por diversos autores (Alizadehsalehi et al., 2021; Piroozfar et al.,

2017; Sepehr et al., 2022)engineering, and construction (AEC, los cuales afirman que la RVI supone un medio de mejorar la experiencia docente. Sin embargo, pese a estas bondades valoradas por los estudiantes, no existe un consenso en cuanto a su implantación en la industria de forma efectiva en el medio plazo ni en que los proyectos se puedan presentar exclusivamente en este formato, sin técnicas tradicionales de apoyo. El mundo de la construcción ha sido conservador en el pasado a lo hora de introducir cambios y los estudiantes así lo perciben.

El alumnado fue capaz de visualizar y comprender mejor un mismo modelo de un edificio mostrado en RVI en comparación con los tradicionales planos. La media de defectos encontrados en el modelo fue de 1.6 si se visualizaba en forma de planos y de 7.8 mediante la RVI. Este hecho también valida de forma decisiva la hipótesis 2.

En lo que respecta a la valoración de la práctica en sí, los estudiantes se muestran muy satisfechos, con una puntuación media de 9.4 sobre 10. Cabe señalar que estas experiencias son satisfactorias para los estudiantes. Se ha comprobado la eficacia de las metodologías docentes prácticas basadas en casos reales y en la que se requiere la participación activa de los estudiantes. Este hecho ayuda a verificar nuevamente la hipótesis 2. Destacan las carencias en cuanto al uso de RVI u otras nuevas formas de visualización en los actuales planes de estudio. Por esta razón y como resumen de toda la investigación, se puede enfatizar que los planes de estudio deberían contemplar las nuevas formas de visualización de proyectos, estructuras, detalles, etc., en tanto en cuanto ayudan al proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado y los prepara para las nuevas tecnologías que utilizarán en su vida profesional.

Las limitaciones de esta experiencia docente fueron varias: 1- sólo se disponía de unas gafas de RVI y de un equipo informático con suficiente capacidad de procesamiento. Por esta razón, los estudiantes visualizaban el modelo uno tras otro, con lo que se requería mucho tiempo. 2- Problemas de desorientación y ligeros mareos en personas sin experiencia; 3- la inexperiencia previa de los estudiantes, por lo que requerían recibir mucho contenido introductorio; 4- la inexperiencia de los propios docentes, que frente a nuevas tecnologías requieren formación específica, tal como apuntó Sanfilippo et al. (Sanfilippo et al., 2022) para el caso específico de la RVI.

REFERENCIAS

- Akponeware, A. O., & Adamu, Z. A. (2017). Clash Detection or Clash Avoidance? An Investigation into Coordination Problems in 3D BIM. *Buildings*, 7(4), 75. <https://doi.org/10.3390/buildings7030075>
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Huang, J. C. (2020). From BIM to extended reality in AEC industry. *Automation in Construction*, 116, 103254. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103254>
- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Huang, J. C. (2021). Assessment of AEC students' performance using

BIM-into-VR. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/app11073225>

- Fonseca, D., Redondo, E., & Villagrasa, S. (2015). Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *Universal Access in the Information Society*, 14(3), 311–332. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0361-4>
- Fonseca, D., Villagrasa, S., Valls, F., Redondo, E., Climent, A., & Vicent, L. (2014). Motivation assessment in engineering students using hybrid technologies for 3D visualization. *2014 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2014*, 111–116. <https://doi.org/10.1109/SIIE.2014.7017714>
- Gan, V. J. L., Liu, T., & Li, K. (2022). Integrated BIM and VR for Interactive Aerodynamic Design and Wind Comfort Analysis of Modular Buildings. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 333, 12(3)*, 333. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12030333>
- Gomez-Tone, H. C., Chávez, M. A., Samalvides, L. V., & Martin-Gutierrez, J. (2022). Introducing Immersive Virtual Reality in the Initial Phases of the Design Process—Case Study: Freshmen Designing Ephemeral Architecture. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 518, 12(5)*, 518. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12050518>
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., & Morales-Menendez, R. (2019). Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00640-0>
- Kim, J., & Irizarry, J. (2020). Evaluating the Use of Augmented Reality Technology to Improve Construction Management Student's Spatial Skills. *International Journal of Construction Education and Research*, 00(00), 1–18. <https://doi.org/10.1080/15578771.2020.1717680>
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (2017). Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. *Smart Computing and Intelligence*.
- Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2017). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction—An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, 35(4), 686–698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
- Miguélez-Juan, B., Núñez Gómez, P., & Mañas-Viniegra, L. (2019). La Realidad Virtual Inmersiva como herramienta educativa para la transformación social: Un estudio exploratorio sobre la percepción de los estudiantes en Educación Secundaria Postobligatoria. *Aula Abierta*, 48(2), 157. <https://doi.org/10.17811/rifie.48.2.2019.157-166>
- Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., & Han, K. (2020). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. *Data*, 5(1).

<https://doi.org/10.3390/data5010026>

- Piroozfar, P., Farr, E., Essa, M. A., & Farr, E. R. P. (2017). The Application of Augmented Reality and Virtual Reality in the Construction Industry Using Wearable Device. *The Ninth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-9)*, April.
- Sanfilippo, F., Blazauskas, T., Salvietti, G., Ramos, I., Radianti, J., Majchrzak, T. A., & Oliveira, D. (2022). A Perspective Review on Integrating VR / AR with Haptics into STEM Education for Multi-Sensory Learning. *Robotics*, 1–20.
- Sepehr, A., Ahmad, H., & Chuenhuei, H. J. (2022). Virtual Reality for Design and Construction Education Environment. *AEI 2019*, 193–203. <https://doi.org/doi:10.1061/9780784482261.023>
- Settles, B. (2010). Active Learning Literature Survey. *Machine Learning*, 15(2), 201–221. <https://doi.org/10.1.1.167.4245>
- Shirazi, A., & Behzadan, A. H. (2015). Design and Assessment of a Mobile Augmented Reality-Based Information Delivery Tool for Construction and Civil Engineering Curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(3), 04014012. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000229](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000229)
- Sohn, G., Daniel, S., Zhu, L., Giraldo, G., Servières, M., & Moreau, G. (2022). Towards a Sensitive Urban Wind Representation in Virtual Reality. *ISPRS International Journal of Geo-Information 2022, Vol. 11, Page 239, 11(4)*, 239. <https://doi.org/10.3390/IJGI11040239>
- Thompson, P. (2010). Learning by doing. In *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 1, Issue 1 C, pp. 429–476). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01010-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01010-5)
- Vassigh, S., Elias, A., Ortega, F. R., Davis, D., Gallardo, G., Alhaffar, H., Borges, L., Bernal, J., & Rishe, N. D. (2017). Integrating Building Information Modeling with Augmented Reality for Interdisciplinary Learning. *Adjunct Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2016*, 260–261. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct.2016.0089>
- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph15061204>
- Wang, X., & Love, P. E. D. (2012). BIM + AR: Onsite information sharing and communication via advanced visualization. *Proceedings of the 2012 IEEE 16th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2012*, 850–855. <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2012.6221920>
- Wood, D. F. (2003). Problem based learning. *BMJ*, 326(7384), 328. <https://doi.org/10.1136/>

bmj.326.7384.328

Zhang, M., Shu, L., Luo, X., Yuan, M., & Zheng, X. (2022). Virtual reality technology in construction safety training: Extended technology acceptance model. *Automation in Construction*, *135*, 104113. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.104113>

Zhang, Y., Liu, H., Kang, S. C., & Al-Hussein, M. (2020). Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. *Automation in Construction*, *118*, 103311. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103311>