

Tecnología de inmersión virtual en la didáctica del proyecto arquitectónico. Instalaciones hidrosanitarias

Virtual Immersion Technology in the Teaching of Architectural Projects. Hydrosanitary Installations

J. J. García-Morales ^{a*}, Francisco Reyna-Gómez ^b, Carlos A. Bigurra-Alzati ^c, Eli O. Lozano-González ^d

^{a, b, d} Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México, México.

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

Los estudiantes han perdido la motivación de involucrarse en el proceso de enseñanza aprendizaje. Una de las causas es la brecha digital. La encuesta realizada en el 2023 reveló que los estudiantes de arquitectura perciben a más del 50% de sus profesores desactualizados en tecnologías para la enseñanza. En contraste, los estudiantes basan su comunicación en el desarrollo tecnológico. Una solución es la utilización de tecnología de inmersión virtual (TIV). Para comprobarlo, se implementó a un grupo de estudiantes, una actividad utilizando un recurso didáctico con TIV para reforzar lo aprendido en clase sobre un tema arquitectónico. Un segundo grupo hizo una actividad de manera tradicional. Posteriormente, a ambos grupos se les aplicó la encuesta RIMMS (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*) para medir el nivel de motivación que se obtiene al realizar la actividad. El grupo que realizó la actividad utilizando el recurso con TIV obtuvo puntajes más altos, lo cual indica que este tipo de recurso didáctico es eficaz para motivar a los estudiantes a aprender.

Palabras Clave: realidad virtual, realidad aumentada, didáctica de la arquitectura, implementación, motivación.

Abstract

Students have lost the motivation to get involved in the teaching-learning process. One of the causes is the digital gap. The survey carried out in 2023 revealed that architecture students perceive more than 50% of their teachers to be outdated in teaching technologies. In contrast, students base their communication on technological development. One solution is the use of virtual immersion technology (VIT). To verify this, an activity using a teaching resource with VIT was implemented for a group of students to reinforce what they learned in class about an architectural topic. A second group did an activity in a traditional way. Subsequently, the RIMMS survey (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*) was administered to both groups to measure the level of motivation obtained when carrying out the activity. The group that carried out the activity using the resource with VIT obtained higher scores, which indicates that this type of teaching resource is effective in motivating students to learn.

Keywords: virtual reality, augmented reality, didactics of architecture, implementation, motivation.

Introducción

En arquitectura e ingeniería algunos autores describen el reforzamiento cognitivo por medio de los entornos virtuales, los cuales ofrecen experiencias de aprendizaje inmersivas que simulan situaciones del mundo real, permitiendo a los estudiantes interactuar con modelos arquitectónicos de manera dinámica, y participativa, además de crear entornos virtuales

colaborativos entre los mismo estudiantes. (Bower *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2018).

Esta investigación experimental responde a las preguntas: ¿qué tan eficaz es la TIV para motivar a los estudiantes a involucrarse en el aprendizaje del proyecto arquitectónico? y ¿a qué se debe?

Primero, se entendió el problema a resolver el cual es que los docentes y estudiantes han estado perdiendo interés de involucrarse en el proceso de enseñanza aprendizaje. Parte de

* Autor para la correspondencia: jjesus.garcia@comunidad.unam.mx

Correo electrónico: jjesus.garcia@comunidad.unam.mx (J. Jesús García-Morales), pacorey@unam.mx (Francisco Reyna-Gómez), carlos_bigurra@uaeh.edu.mx (Carlos Alfredo Bigurra-Alzati), eli.orlando.lozano@gmail.com (Eli Orlando Lozano-González).

esta problemática la ha provocado la brecha digital (UNESCO, 2020; UNESCO, 2023). La encuesta *Preferencias de aprendizaje* (García, 2023) realizada para esta investigación, a 84 estudiantes de arquitectura en etapa de titulación, arroja que menos del 50% de docentes está actualizado en técnicas pedagógicas y utilización de tecnologías para la enseñanza educativa.

Posteriormente, se buscó la solución al proponer la utilización de TIV en la didáctica de la arquitectura, por las ventajas que varios autores han destacado y principalmente por el impacto positivo en la motivación.

Para comprobar si la solución es correcta, se diseñó una actividad que utilizara TIV. Para lo anterior se desarrolló un recurso con esta tecnología a partir de las características, preferencias, habilidades y recursos materiales de los estudiantes de esta generación (Luján, 2022).

Después, un grupo experimental de estudiantes realizó la actividad con TIV y otro grupo realizó una actividad tradicional, a ambos grupos se les aplicó una encuesta que funcionó como herramienta para medir la motivación en el aprendizaje.

Por último, se analizaron los resultados de las encuestas y se confirmó el impacto positivo en la motivación de las estudiantes al utilizar estas tecnologías, así como las razones y se entendió la importancia de insertar estas tecnologías educativas en la didáctica del proyecto arquitectónico.

Antecedentes

Mencionar, en la problemática, que docentes y estudiantes han estado perdiendo interés de involucrarse en el proceso educativo nos referimos en general a la pérdida de motivación. La motivación se define como la intención de producir en los estudiantes una reacción consciente y deseada de una actividad (Alemán *et al.*, 2018). La motivación afecta al aprendizaje, hasta llegar a ser el punto principal de los docentes. La falta de motivación es una causa importante que se debe revisar en el fracaso de los estudiantes, sobre todo cuando se fundamenta entre los involucrados en el proceso (Olanco, 2011).

Al hablar de tecnología de inmersión virtual (TIV) nos estamos refiriendo principalmente a lo que se conoce en el ámbito tecnológico como realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA). Estos entornos virtuales y sus componentes tanto de hardware como software, permiten a los estudiantes experimentar y manipular entornos tridimensionales simulados (Sherman & Craig, 2018). Actualmente también se habla de la realidad mixta y realidad extendida que no son otra cosa que la combinación o una ampliación de las dos primeras (RV y RA).

Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente (Roehl, 1996).

Realidad aumentada tiene ciertas características: combina objetos reales y virtuales en nuevos ambientes integrados; se ejecutan en tiempo real; las aplicaciones son interactivas y los objetos reales y virtuales son registrados y alineados geoméricamente entre ellos dentro del espacio (Lara & Villarreal, 2023).

Investigaciones destacan las ventajas que tiene el uso estas tecnologías en el ámbito educativo si se compara con los métodos tradicionales de enseñanza (Cabero *et al.*, 2023) entre

las que se encuentran: aumento en el aprendizaje (Fromm *et al.*, 2021); alta satisfacción (Fussell & Truong, 2021) y desarrollo de la creatividad; así como, el aumento de motivación en el proceso educativo (Campos *et al.*, 2020; Radianti *et al.*, 2020).

Sin embargo, existe una carencia de investigaciones que no se centran tanto en los desafíos relacionados con el hardware y el software, como lo mencionan estudios diversos (Brown *et al.*, 2020), sino en las circunstancias de una implementación y en la forma en la cual pueden ser diseñados estos recursos para el aprendizaje.

Además de entender las ventajas de estas tecnologías debemos entender las características y preferencias de aprendizaje de los estudiantes de esta generación (De la Luz, 2020; Luján, 2022), con el fin de desarrollar recursos didácticos acorde a ellos e incrementar la probabilidad de éxito en su implementación.

Esta investigación es novedosa por la incorporación de tecnología educativa que hasta hace cinco años tenía potencial y que ahora con el desarrollo de dispositivos de visualización accesibles, nuevas aplicaciones y la cobertura de internet, es una realidad. En la didáctica de la arquitectura, en particular, tiene una relevancia significativa porque, además de motivar a los estudiantes al aprendizaje, el simular entornos tridimensionales ayuda a mejorar la habilidad espacial de los estudiantes, la cual es una competencia básica en la arquitectura.

Metodología

Se llevó a cabo una metodología experimental para comprobar la hipótesis: La utilización de tecnologías de inmersión virtual en la didáctica de la arquitectura motiva a los estudiantes a involucrarse en el aprendizaje. Las distintas actividades se realizaron en 5 etapas.

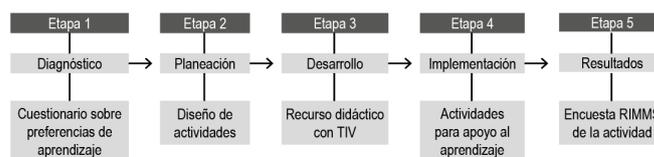


Diagrama 1. Etapas de la metodología

Etapa 1. Diagnóstico. Por medio de la aplicación *Google forms* se aplicaron encuestas a estudiantes de arquitectura sobre preferencias de aprendizaje, habilidades técnicas y recursos materiales.

Etapa 2. Planeación. Con esta información obtenida en las encuestas y junto con el docente seleccionado, se planearon las actividades necesarias para la experimentación. Se contempló la selección del grupo experimental y grupo de control. También funcionó para determinar el tema y la actividad utilizando un recurso didáctico con TIV.

Etapa 3. Desarrollo de recurso. A partir de la actividad se seleccionaron y utilizaron los programas adecuados para poder

desarrollar este tipo de recursos didácticos, así como las plataformas para visualización de RV/RA.

Etapa 4. Implementación. El grupo experimental realizó una actividad con el recurso didáctico con TIV. Al mismo tiempo, el grupo de control, realizó una actividad tradicional (realización de una maqueta). Al terminar la actividad se aplicó, a ambos grupos, el cuestionario RIMMS y una serie de preguntas para obtener las opiniones de los estudiantes sobre este tipo de actividades en el aprendizaje de la arquitectura.

Las primeras 12 preguntas corresponden al RIMMS (*Reduced Instructional Materials Motivation Survey*) que fue creado por los doctores Nicole Loorbach, Oscar Peters, Joyce Karreman y Michaël Steehouder (Loorbach et al. 2015), a partir del IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*) de Keller. Esta encuesta surge del modelo ARCS de diseño motivacional y se basa en literatura motivacional que resultó en una agrupación de 4 dimensiones: (A)tención, (R)elevancia, (C)onfianza y (S)atisfacción (Keller 2010). Keller menciona que tener éxito en lograr estos cuatro objetivos motivacionales da como resultado que las personas estén motivadas para aprender.

- (A) Es necesario estimular y sostener las curiosidades y los intereses de la gente.
- (R) Antes de que las personas puedan motivarse a aprender, tendrán que creer que la instrucción está relacionada con objetivos o motivos personales importantes y se siente conectado con ellos.
- (C) Podrían tener temores bien establecidos sobre el tema, la habilidad o situaciones que les impiden aprender eficazmente. O, en el otro extremo, podrían creer incorrectamente que ya lo saben y pasar por alto detalles importantes en las actividades de aprendizaje.
- (S) Para tener un deseo continuo de aprender, las personas deben tener sentimientos de satisfacción con el proceso o los resultados de la experiencia de aprendizaje.

Cuestionario RIMMS

Las respuestas son tipo likert donde:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo / ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Preguntas

1. Mientras trabajaba en esta actividad, tenía confianza en que podría aprender algo.
2. Después de hacer la actividad, estaba seguro de que podría aprobar un examen de conocimientos
3. Cómo se organizó esta actividad me ayudó a tener confianza en que aprendería
4. La manera de hacer esta actividad llamó mi atención.
5. La organización de la actividad me hizo mantener mi atención.
6. La variedad de actividades para realizar el ejercicio me ayudó a mantener mi atención en el tema. Disfruté tanto de esta actividad que me gustaría saber más sobre este tema.

7. Completar esta actividad me dio una sensación satisfactoria de logro.
8. Disfruté tanto de esta actividad que me gustaría saber más sobre este tema.
9. Realmente disfruté aprender con esta actividad.
10. Tengo claro cómo se relaciona el contenido de esta actividad con cosas que ya sé.
11. Este tipo de actividades transmiten la impresión de que vale la pena conocer sobre el tema.
12. La temática de esta actividad me será útil.
13. ¿Crees que este tipo de recursos didácticos que utilizan RA/RV ayudan a entender temas arquitectónicos y por qué?
14. Si tienes algún otro comentario específico relacionado a la actividad o al recurso didáctico menciónalo aquí.

Con las respuestas a las preguntas 1, 2 y 3 se obtuvieron los valores para medir la dimensión Confianza. Con la 4, 5 y 6 los valores para la dimensión Atención. La 7, 8 y 9 los valores para Satisfacción. Finalmente, la 10, 11 y 12 para Relevancia. Las preguntas 13 y 14 son abiertas y tienen el objetivo de encontrar las razones que tienen los estudiantes sobre las respuestas a las preguntas de la 1 a la 12.

Para validar la confiabilidad de la encuesta se obtiene el Alfa de Cronbach con las respuestas tipo likert, Si el valor resultante es mayor a 0.8 se considera una encuesta fiable (Cronbach, 1951).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s^2}{ST^2} \right]$$

Donde

- k = El número de items
- $\sum s^2$ = sumatoria de varianzas
- ST^2 = Varianza de la suma de los items
- α = Coeficiente de alfa de Cronbach

Al obtener la media de las respuestas se obtiene el puntaje con el que podemos determinar el nivel de motivación resultante.

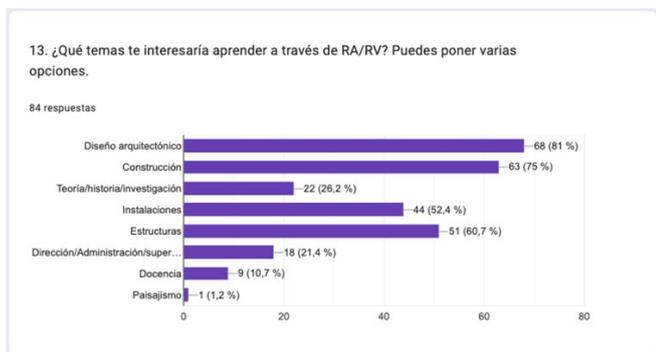
| Nivel | Puntajes |
|------------|-------------|
| bajo | < 3 |
| medio | 3.00 - 3.49 |
| medio alto | 3.50 - 3.99 |
| alto | 4.00 - 5.00 |

Tabla 1. Niveles de motivación

Etapa 5. Análisis de datos. Los resultados obtenidos en el cuestionario RIMMS se colocaron en el programa Excel, desde el cual se validaron y se generaron los gráficos necesarios para su análisis.

Etapa 1. Diagnóstico

En la encuesta realizada en 2023 a 84 estudiantes de últimos semestres de la licenciatura en arquitectura se preguntó: ¿Qué temas te interesaría aprender a través de RA/RV? Las respuestas favorecieron principalmente a 4 áreas: Diseño arquitectónico, instalaciones, construcción y estructuras (gráfica 1). Por lo tanto, se buscaron profesores en estas áreas que tuvieran el interés y la disposición de aplicar estas tecnologías en una actividad dentro de su plan de clase. Existió interés de distintos profesores, sin embargo, se seleccionó al docente que imparte la asignatura de Instalaciones 1, por tener grupos asignados con alto volumen de estudiantes. Lo que permite obtener datos más confiables.

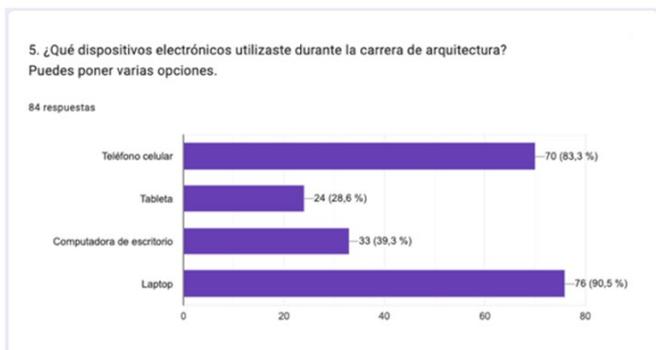


Gráfica 1

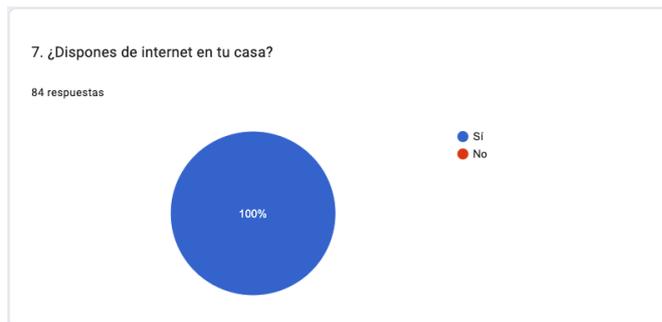
El cuestionario permitió saber cuáles son los recursos materiales disponibles, como computadoras, tablets, teléfonos celulares y conexión a internet. También para conocer las habilidades y destrezas en el manejo de aplicaciones tecnológicas para estudiar, para realizar proyectos y para comunicarse con sus compañeros o profesores. En general, conocer sus preferencias de aprendizaje.

Al analizar los datos resultantes se obtuvo la siguiente información, la cual sirvió para desarrollar tanto el recurso didáctico como la actividad.

- Que más del 100% de los estudiantes cuentan con computadora e internet en su casa (gráfico 2 y 3).

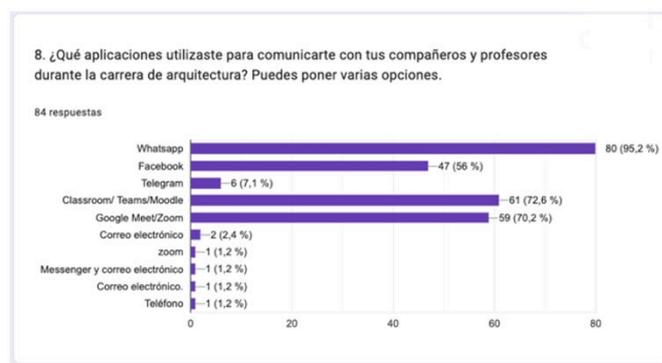


Gráfica 2

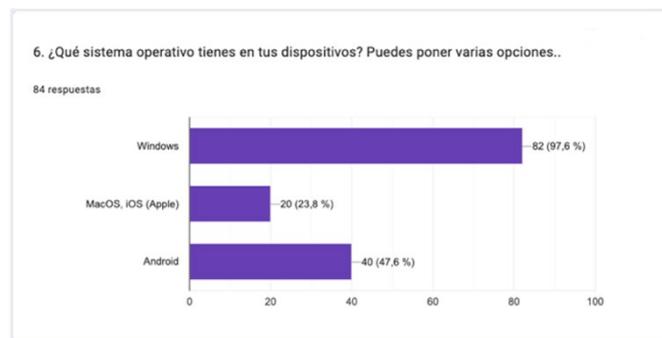


Gráfica 3

- Predomina el sistema operativo Windows y Android en sus dispositivos (gráfica 4). Utilizan Classroom y Whatsapp como plataformas de comunicación. (gráfica 5).

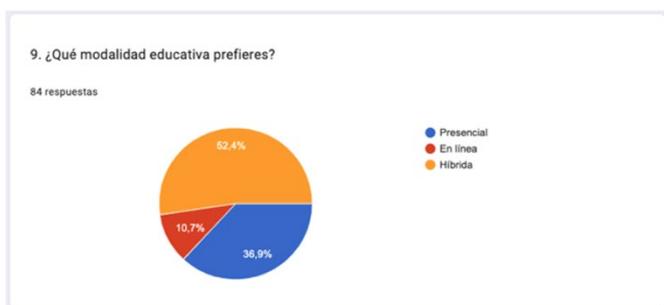


Gráfica 4

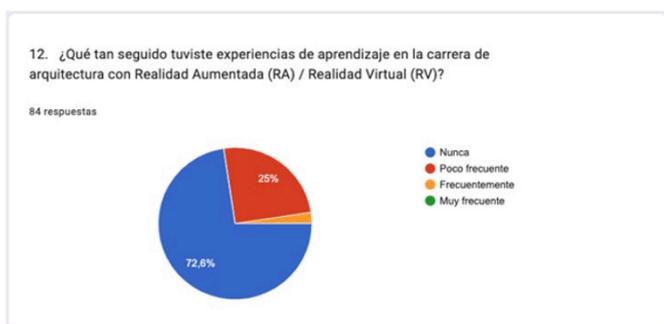


Gráfica 5

- Predomina la preferencia de tomar clase de manera híbrida (presencial y a distancia) (gráfica 6). La mayoría de los estudiantes nunca ha tenido experiencias de aprendizaje con RV/RA (gráfica 7).

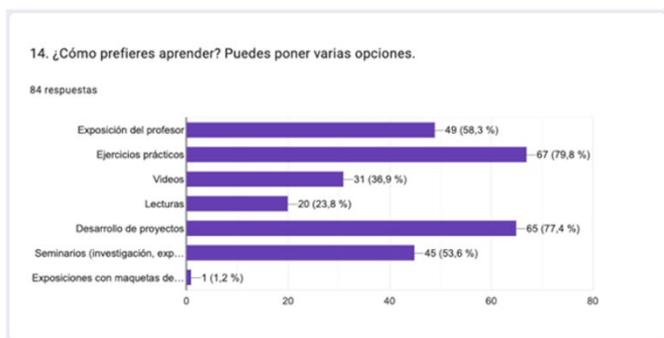


Gráfica 6



Gráfica 7

- Prefieren aprender y ser evaluados con una actividad o proyecto (gráficas 8 y 9).



Gráfica 8



Gráfica 9

Etapa 2. Planeación

La implementación se programó para el primer semestre del año 2024. Por lo tanto, el tema a desarrollar para apoyar al docente tenía que coincidir con el tema que el profesor imparte en la asignatura y que marca el plan de estudios 2017. El tema correspondía a Sistemas hidro-sanitarios en las edificaciones. De la asignatura Instalaciones 1

Para el desarrollo del recurso didáctico se utilizaron las aplicaciones tecnológicas disponibles en el mercado. Se realizó un comparativo tomando en cuenta, el bajo costo o versiones gratuitas para la educación.

| Aplicación | Versión educativa | Versión para Windows y MacOS | Herramientas MEP | Herramientas BIM | Exporta archivos para RV/ RA |
|------------|-------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|
| Revit | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Archicad | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Unreal | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Unity | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Blender | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| SketchUp | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| Rhino | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ |
| AutoCad | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |

Tabla 2. Comparativo de aplicaciones para modelado 3D

Comparativo de aplicaciones realizado para esta investigación.

También que fueran aplicaciones consolidadas y conocidas por los estudiantes, porque se propone, que ellos mismos desarrollen estas herramientas didácticas para los próximos ciclos escolares.

Características generales para desarrollar el recurso con TIV

- Acceder al recurso didáctico por medio de computadora, tablet o teléfono celular.
- Visualizar desde cualquier sitio que cuente con conexión a internet y en cualquier momento
- Permitir la implementación de actividades de aprendizaje.
- De acceso libre

Diseño de la actividad

La actividad diseñada fue acorde a los recursos y capacidades técnicas de los estudiantes. No debemos olvidar que para la mayoría fue la primera experiencia de aprendizaje utilizando TIV.

La actividad se planeó para que fuera desarrollada, de manera individual, después de haber visto el tema en clase de manera tradicional (exposición del profesor, dibujo en planos, presentaciones en Power point, videos, etc.) desde el lugar que prefiera el estudiante, ya sea dentro o fuera de las instalaciones escolares. Se recomendó utilizar su computadora, sin embargo, se les dio la libertad de utilizar cualquier otro dispositivo como tablets o teléfonos celulares. El tiempo estimado para llevar a cabo esta actividad es aproximadamente de 3 horas, por lo que se determinó, que completarán la actividad en un plazo no mayor a 1 semana. Se determinó utilizar la aplicación WhatsApp para mantener la comunicación.

Etapa 3. Desarrollo del recurso con TIV

El recurso didáctico con TIV es un archivo digital que contiene un modelado digital 3D de un objeto arquitectónico que al ser montado en una plataforma de RV/RA puede ser visualizado por medio de las pantallas de dispositivos como teléfonos celulares, tablets o computadoras que tengan acceso a internet. El desarrollo fue a partir del tema y la actividad planeada.

Modelado

Para el modelado 3D se utilizó el programa Archicad por lo siguiente.

- Cuenta con licencia educativa gratuita
- Hay versión para windows y Mac OS
- Cuenta con herramientas especiales para modelado de instalaciones MEP (*Mechanical, Electrical and Plumbing*). Importante por el tema seleccionado.
- Exporta archivos para visualizarse en plataformas de RV/RA
- Se puede utilizar para desarrollo de proyectos BIM (*Building Information Modeling*)
- Conocimiento previo del programa

El programa Revit también cuenta con la mayoría de estas características y se recomienda también su uso para este tipo de desarrollos, sin embargo, no tiene versión para Mac OS.

El modelo 3D se desarrolló a partir de un plano en 2D de casa habitación, que el docente ha utilizado en los últimos años, y que ha funcionado para enseñar todas las instalaciones que marca el plan de estudios para la asignatura. Lo anterior tuvo la intención de que el profesor cuente con un material personalizado y se identifique con estas nuevas herramientas, lo cual repercute en la participación en el desarrollo del recurso didáctico.



Figura 1. Planos de casa habitación para la asignatura de instalaciones 1

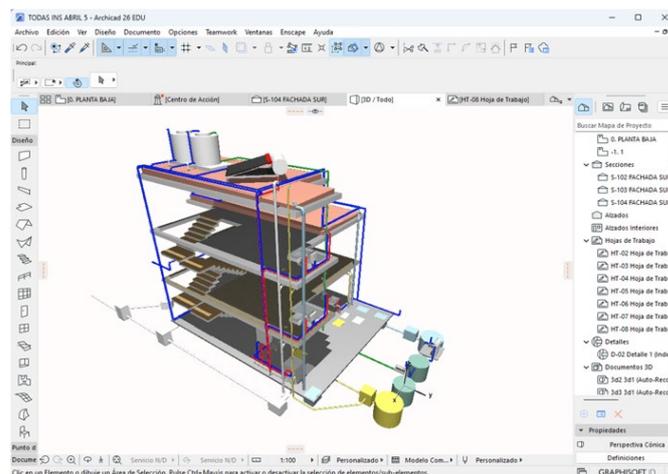


Figura 2. Modelado digital

Plataforma RV/RA

Las plataformas para visualizar RV/RA son sitios en internet que permiten subir archivos modelados en 3D y permiten tener experiencias inmersivas desde aplicaciones instaladas en algún dispositivo, como teléfonos celulares, computadoras, tablets o algunos más especializados como Google lens o Hololens de Microsoft.

Para este recurso didáctico y por sus características se utilizó la plataforma Augin (aplicación de origen brasileño) por las siguientes razones.

- La versión gratuita tiene acceso a la mayoría de las herramientas de visualización
- Puede instalarse en computadores (solo con sistema operativo Windows), teléfonos celulares y tablets (Android y iOS)
- La cuenta para compartir el recurso didáctico tiene un costo accesible.
- Se probó la estabilidad en varios dispositivos y es consistente.
- Número ilimitado de visualizaciones del recurso didáctico compartido.
- Tiene herramientas para grabar video o tomar fotos de las actividades realizadas.

Etapa 4. Implementación

Actividad del grupo experimental

Las instrucciones para realizar la actividad se dieron de manera presencial a 72 estudiantes. La presentación duró 20 minutos. También se subieron las mismas instrucciones en el Classroom de manera detallada para evitar alguna confusión en el procedimiento.

Instrucciones para el estudiante.

- Descarga e instala la aplicación Augin en tu computadora: <https://augin.app/es/hub/>
- Crea una cuenta gratuita y accede a la aplicación

- En la parte superior de la pantalla aparece en el menú la sección de Compartidos, desde ahí, carga el proyecto por medio del enlace compartido: <https://go.augin.app/0epCU27S4Ib>
- Familiarízate con las herramientas, crea tu avatar desde la sección Mi avatar, que se encuentra en la parte superior derecha
- Realiza el recorrido. Muestra y explica los distintos elementos (al seleccionar un elemento se enciende su contorno). Apóyate en el guion. Puedes intentarlo las veces que quieras. Ver ejemplo.
- Graba el recorrido con la utilidad que viene en la misma aplicación.
- Guárdalo y súbelo a la plataforma
- Contesta el cuestionario: <https://forms.gle/FwjUeGCVGHL2b42g7>

Como ejemplo se incluyó un recorrido virtual realizado por una estudiante y un guion donde podían obtener información sobre el tema.

Cada estudiante finaliza la actividad una vez que sube el video del recorrido virtual y contesta la encuesta.



Figura 3. Recorridos virtuales

Actividad del grupo de control

La actividad de apoyo al aprendizaje que realizó el grupo de control, conformado por 61 estudiantes, consistió en hacer una maqueta a partir del conocimiento adquirido en clase. Esta actividad es común en cada ciclo escolar. Las indicaciones se dan en clase y en el Classroom

Como parte de las actividades del tema de instalaciones hidráulicas el estudiantado entregará la maqueta de la práctica con tuberías reales, en donde se contemplan las instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente, el alumnado debe seguir las siguientes condiciones para el desarrollo de la maqueta:

- La maqueta será del baño de primer o segundo nivel de la casa habitación (solo uno de los dos, al final es el mismo diseño para ambas plantas) donde se realiza como ejercicio de representación gráfica (El plano base se encuentra en la sección baja de esta actividad, tamaño carta escala 1:20)
- El alumnado de forma individual creará su maqueta y pondrá la instalación de agua fría y caliente que

dotará a los muebles que se encuentran en el interior de dicho baño.

- La separación de muebles debe ser conforme a lo indicado en un baño normal, pueden ver ejemplos en Neufert, Libro de Plazola o dimensiones de una casa. (esto queda a propuesta del estudiantado)
- La escala de la maqueta será 1:20
- Los muros propuestos deben ser transparentes con el grosor de muro de 15 cm o 0.15 metros.
- La tubería de agua fría será de color azul y la tubería de agua caliente deberá ser de color rojo, estas tuberías deben tener volumen, pueden ser pequeños popotes, fideos o cualquier otro material que pueda representar dichas tuberías, estas tuberías deben ir dentro del muro y solo salir lo necesario representativamente para dar servicio al mueble o equipo hidráulico. (por ello se piden que los muros sean transparentes para ver las tuberías dentro de estos)
- El piso puede ser opaco
- La maqueta se muestra y califica en clase o sitio.
- Las fotos de la maqueta y del estudiantado con ella son las que se suben a esta sección, ver referencias en documentos a entregar.
- Materiales que están prohibidos para realizar la simulación de las tuberías en la maqueta con: plastilina, limpia pipas, foami, pintura inflable, o solo trazar las tuberías con plumón u otro elemento.

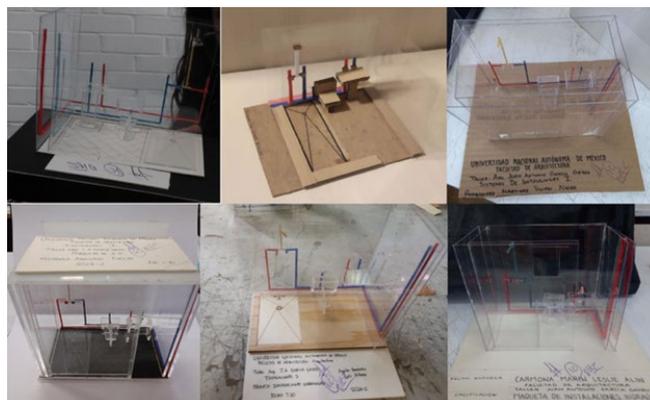


Figura 4. Entregas de maqueta

Etapa 5. Resultados

Validación de las encuestas

Se logró un coeficiente de Alfa de Cronbach de 0.92 para el grupo experimental y 0.95 para el grupo de control, lo cual, es un resultado excelente, según la tabla de rangos de confiabilidad.

| Alfa de Cronbach | Consistencia Interna |
|-------------------------|----------------------|
| $\alpha \geq 0,9$ | Excelente |
| $0,8 \leq \alpha < 0,9$ | Buena |
| $0,7 \leq \alpha < 0,8$ | Aceptable |
| $0,6 \leq \alpha < 0,7$ | Cuestionable |
| $0,5 \leq \alpha < 0,6$ | Pobre |
| $\alpha < 0,5$ | Inaceptable |

Tabla 3. Rangos de Alfa de Cronbach

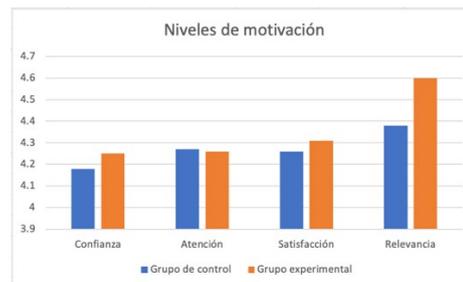


Figura 10. Niveles de motivación por dimensión

Alfa de Cronbach por dimensión

En cada dimensión del grupo experimental se mantuvo una consistencia por arriba del 0.8, En el grupo de control el más bajo fue de 0.79, sin embargo, según la misma tabla de rangos, se mantiene aceptable, por lo tanto, las encuestas realizadas tienen una fiabilidad de aceptable a excelente.

| | Alfa |
|--------------|-------|
| Confianza | 0.794 |
| Atención | 0.902 |
| Satisfacción | 0.865 |
| Relevancia | 0.916 |

Tabla 4. Alfa de Cronbach Grupo de control

| | Alfa |
|--------------|-------|
| Confianza | 0.800 |
| Atención | 0.834 |
| Satisfacción | 0.857 |
| Relevancia | 0.800 |

Tabla 5. Alfa de Cronbach Grupo experimental

Una vez validado el instrumento se obtuvieron las medias estadísticas de los resultados en cada dimensión motivacional en ambos grupos.

En general, según la tabla 1 de niveles de motivación, se obtuvieron niveles altos de motivación en ambos grupos, más de 4 de un total de 5 en todos los casos. Sin embargo, el promedio del nivel en el grupo experimental es ligeramente mayor, 4.35 contra 4.27, lo cual no es poca cosa si estamos comparando la actividad que utiliza TIV con la elaboración de una maqueta, la cual es una actividad muy valorada para entender conceptos arquitectónicos.

| | items 3 | Media | Mínimo | Máximo |
|--------------|---------|-------|--------|--------|
| Confianza | 3 | 4.18 | 1 | 5 |
| Atención | 3 | 4.27 | 1 | 5 |
| Satisfacción | 3 | 4.26 | 1 | 5 |
| Relevancia | 3 | 4.38 | 1 | 5 |
| Promedio | | 4.27 | | |

Tabla 6. Niveles de motivación Grupo de control

| | items 3 | Media | Mínimo | Máximo |
|--------------|---------|-------|--------|--------|
| Confianza | 3 | 4.25 | 1 | 5 |
| Atención | 3 | 4.26 | 1 | 5 |
| Satisfacción | 3 | 4.31 | 1 | 5 |
| Relevancia | 3 | 4.60 | 1 | 5 |
| Promedio | | 4.35 | | |

Tabla 7. Niveles de motivación Grupo experimental

Las dimensiones Confianza, Satisfacción y Relevancia del grupo experimental resultaron superiores, excepto la dimensión de Atención en donde el grupo de control resultó con mayor nivel de motivación, aunque por poco margen (4.27 vs 4.26).

Otra información interesante fue entender de qué manera fueron cubiertas estas cuatro dimensiones con la actividad realizada con TIV. Con las respuestas de los estudiantes involucrados sobre el potencial de estas tecnologías educativas en el aprendizaje de la arquitectura se logró registrarlo.

- **Atención (A). Estimular y sostener las curiosidades y los intereses de la gente.** Los estudiantes destacaron que la actividad logró que mantuvieran la atención, porque les atrae la tecnología, lo visual, lo dinámico, la interacción, es decir, aspectos que a esta generación caracteriza.

“...porque son más didácticos e interactivos, lo cual logra captar nuestra atención...”

“...Sí, porque lo explican de una forma más dinámica y visual. Te puedes imaginar cómo sería todo en la vida real...”

Estudiantes de Instalaciones 1

- **Relevancia (R). Se relaciona con objetivos importantes y se siente conectado con ellos.** El recurso y la actividad inmersiva se diseñó a partir de temas y materiales que estaban llevando en clase. Por lo tanto, el recurso lo tomaron como apoyo a su aprendizaje, lo sintieron relevante.

“...se disfruta aprender a usar las tecnologías como lo fue en este programa, además de que son temas que estamos viendo y tener una representación gráfica, realmente favorece el aprendizaje...”

“...me gustó que se tomará el detalle de mostrarnos el recurso con un proyecto que hemos venido trabajando, porque así quedó todo claro...”

Estudiantes de Instalaciones 1

- **Confianza (C). Sobre el tema, la habilidad o situaciones para aprender.** Las encuestas previas funcionaron precisamente para conocer las habilidades de los estudiantes y poderles aplicar una actividad acorde a ellas, lo cual les da confianza para lograr terminar la actividad.

“...aunque al principio me confundí un poco, pude resolver la actividad correctamente...”

Estudiantes de Instalaciones 1

- **Satisfacción (S).** Las personas deben tener sentimientos de satisfacción de los resultados de la experiencia. La satisfacción se logró porque la actividad les ayudó a entender de mejor manera un tema, destacan principalmente la característica de la inmersión tridimensional como ventaja con otros tipos de enseñanza.

“... realmente si ayuda a aprender ya que puedes ver el cómo están en este caso, las instalaciones del proyecto y ya no solo queda en el papel, en solo 2D que en algunas ocasiones si logramos entender el funcionamiento de éstas, pero si se puede observar es mucho mejor y todavía es más útil y funcional el poder tener esa interacción, además de ser este tipo de recursos algo que agradezco yo personalmente...”

Estudiantes de Instalaciones 1

Conclusiones

Se comprobó que la utilización de estas tecnologías, en la didáctica de la arquitectura, motiva al estudiante al aprendizaje como lo indican los resultados en la medición de las cuatro dimensiones de Keller (ARCS), las cuales sobrepasan el 4 en una escala del 0 al 5, lo que confirma la efectividad de este tipo de herramientas por sí solas. Aún al ser comparada con actividades tradicionales, como lo es la elaboración de maquetas, resultó superior ligeramente, lo cual, permite al docente contar con una herramienta comprobada por su eficacia, como opción.

Consideramos que los resultados obtenidos se deben principalmente a las características propias de esta tecnología educativa, las cuales se conjugan con las preferencias de aprendizaje de los estudiantes de arquitectura de la generación Z, las cuales fueron expresadas por ellos mismos en la encuesta diagnóstico Preferencias de aprendizaje y en las respuestas a las preguntas 13 y 14 del cuestionario Opinión sobre la actividad con RV/RV. Son más visuales; dinámicos e interactivos; aprenden a través del *gaming*, disfrutaban al utilizar tecnología; visualización 3D que ayuda entender conceptos; visualizan elementos que son imposibles de ver en la realidad; mejora su habilidad espacial (Gavilanes *et al.*, 2018). Estas características logran en los estudiantes atención, relevancia, confianza y satisfacción con lo que se garantiza el éxito para tenerlos motivados hacia el aprendizaje.

La inmersión e interactividad resultan atractivas a los estudiantes porque se produce una sensación de presencia subjetiva en un espacio virtual que se percibe como la realidad dominante (Makransky *et al.*, 2019), lo cual permite mayor involucramiento, es decir, motiva a utilizar o estar virtualmente en el material de aprendizaje (IJsselsteijn *et al.*, 2000).

En general, la utilización de tecnologías inmersivas en la didáctica de la arquitectura ofrece una serie de beneficios que van desde una mejor comprensión de los distintos temas hasta

una mejoría en la comunicación entre el docente y el estudiante lo que finalmente conduce se refleja positivamente en lo académico y profesional.

Hasta hace 5 años atrás, la capacidad de los dispositivos, la cobertura adecuada del internet y la falta de aplicaciones que permitan la visualización y producción de recursos inmersivos solo permitía ver el potencial a futuro de estas tecnologías en la enseñanza de la arquitectura. Se consideraba una tecnología educativa emergente que favorecía el trabajo colaborativo (Cabero *et al.*, 2020). Ese futuro llegó, los estudiantes ya están preparados, son nativo-digitales y cuentan con los recursos tecnológicos (acceso a internet, teléfonos inteligentes y tabletas electrónicas, aplicaciones, etc.) que les permiten desarrollar, visualizar, interactuar y aprender a través de este tipo herramientas.

Se recomienda seguir con investigaciones relacionadas a estas tecnologías educativas. Sobre todo, aquellas que se enfoquen en las circunstancias de la implementación y la forma en la cual pueden ser diseñados estos recursos para el aprendizaje, ya que existe una carencia de investigaciones que no se centran tanto en los desafíos relacionados con el hardware y el software, como lo mencionan estudios diversos (Kukulaska *et al.*, 2022; Abich IV *et al.*, 2021).

La importancia de este tipo de investigaciones radica en concientizar a las autoridades académicas y administrativas sobre algunos cambios que se están dando en tecnología educativa y puedan generar las condiciones para una nueva formación docente que incluya la utilización e implementación de estas herramientas para que los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje puedan obtener los beneficios mencionados en este artículo.

Agradecimientos

Para el Arq. Hermilo Rodríguez B. docente de la facultad de Arquitectura de la UNAM por su apoyo y entusiasmo en esta investigación y permitir la experimentación en los grupos de estudiantes donde imparte la asignatura de Instalaciones 1.

Referencias

- Abich IV, J., Parker, J., Murphy, J., & Eudy, M. (2021). A review of the evidence for training effectiveness with virtual reality technology. *Virtual Reality*, 25. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00498-8>
- Alemán, B., Navarro de Armas, O. L., Suárez, R. M., Izquierdo, Y., & Encinas, T. de la C. (2018). La motivación en el contexto del proceso enseñanza-aprendizaje en carreras de las Ciencias Médicas. *Revista Médica Electrónica*, 40(4), 1257-1270. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1684-18242018000400032&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., & Grajek, S. (2020). 2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. En *EDUCAUSE*. EDUCAUSE.
- Cabero, J., Cejudo, C. L., & Martín, L. (2023). Carga cognitiva y realidad mixta (aumentada y virtual). *Hachetepepe*. *Revista científica de Educación y Comunicación*, 27, Article 27. <https://doi.org/10.25267/Hachetepepe.2023.i27.2206>
- Cabero, J., Vázquez, E., Meneses, E. L., & Martínez, A. J. (2020). Posibilidades formativas de la tecnología aumentada. Un estudio diacrónico en escenarios universitarios. *Revista Complutense de Educación*, 31(2), Article 2. <https://doi.org/10.5209/rced.61934>
- Campos, N. C., Navas, M. R., & Guerrero, A. J. M. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos

- veinte años de Scopus. *Alteridad*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- De la Luz, K. (2020). ¿Quiénes son y cómo aprenden los jóvenes pertenecientes a la generación Z? <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/4641>
- Fromm, J., Radianti, J., Wehking, C., Stieglitz, S., Majchrzak, T. A., & vom Brocke, J. (2021). More than experience? - On the unique opportunities of virtual reality to afford a holistic experiential learning cycle. *The Internet and Higher Education*, 50, 100804. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2021.100804>
- Fussell, S. G., & Truong, D. (2021). Accepting virtual reality for dynamic learning: An extension of the technology acceptance model. *Interactive Learning Environments*, No Pagination Specified-No Pagination Specified. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2009880>
- García, J. (2023). *Preferencias de aprendizaje. Encuesta*. <https://icontexto.work/>
- Gavilanes, W., Abásolo Guerrero, M. J., & Cují, B. (2018). Resumen de revisiones sobre Realidad Aumentada en educación. *Revista Espacios*, 39, n.º 15. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/73208>
- IJsselstein, W. A., Ridder, H. de, Freeman, J., & Avons, S. E. (2000). Presence: Concept, determinants, and measurement. *Human Vision and Electronic Imaging V*, 3959, 520-529. <https://doi.org/10.1117/12.387188>
- Kukulka, A., Bossu, C., Charitonos, K., Coughlan, T., Ferguson, R., FitzGerald, E., Gaved, M., Guitert, M., Herodotou, C., Maina, M., Prieto-Blazquez, J., Rienties, B., Sangrà, A., Sargent, J., Scanlon, E., & Whitelock, D. (2022). *INNOVATING PEDAGOGY 2022 Exploring new forms of teaching, learning and assessment, to guide educators and policy makers*.
- Lara, L., & Villarreal, J. L. (2023). Revista Digital Universitaria—UNAM. *RDU UNAM*, 4. <https://www.revista.unam.mx/>
- Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150-162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- Luján, J. (2022, marzo 30). Nuevas generaciones de universitarios. Los «centennials». *Nueva Revista*. <https://www.nuevarevista.net/nuevas-generaciones-de-universitarios-los-centennials/>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60(1), 225-236. <https://www.learnlib.org/p/208141/>
- Olanco, A. (2011). La motivación en los estudiantes universitarios. *Actualidades Investigativas en Educación*, 5(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v5i2.9157>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Roehl, B. (1996). *Special Edition Using VRML*. Mc Millan Computer Publishers. <https://www.library.georgetown.edu/gelardin/vr>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (Eds.). (2018). *Understanding Virtual Reality (Second Edition)*. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800965-9.16001-5>
- UNESCO. (2020). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2020, América Latina y el Caribe: Inclusión y educación: Todos y todas sin excepción—UNESCO Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374615>
- UNESCO. (2023). *Tecnología en la educación*. 2021/2 GEM Report. <https://gem-report-2023.unesco.org/es/tecnologia-en-la-educacion/>
- 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), Article 6. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061204>