

## Augmented Virtuality: A Study of Presence in the Dwelling of Virtual Architecture

Ricardo Vivanco<sup>1</sup>, Carolina Carrasco<sup>1</sup>, Eduardo Valenzuela<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile  
[vivancoricardo.es@gmail.com](mailto:vivancoricardo.es@gmail.com); [carolina.carrasco@usm.cl](mailto:carolina.carrasco@usm.cl);  
[eduardo.valenzuela@usm.cl](mailto:eduardo.valenzuela@usm.cl)

**Abstract.** Augmented virtuality (AV) is a technology that superimposes virtual elements onto the real world. This research study investigates the potential of AV to emulate inhabiting, through a dual experience in which the sensation of user presence is evaluated in an atmospheric scene of virtual reality (VR) and AV. The study involved two groups of participants, one group who experienced a VR environment and one group who experienced an AV environment. The AV environment incorporated the construction of a scenography built from the virtual scene with physical and atmospheric elements. The presence instruments revealed a result in favor of the AV experience, denoting the ease with which visitors adapted to the virtual environment, despite the limited visual fidelity. It is concluded that augmenting the virtual experience can demonstrate the value of presence in architectural representation, when participants are observed to act as dwellers of the virtual space and not just spectators.

**Keywords:** Virtual Environments, Augmented Virtuality, Architecture, Presence, Sensorama.

### 1 Introducción

Este artículo involucra el enfoque de realidad mixta (MR) menos explorado conocido como Virtualidad Aumentada (AV) (Zuniga Gonzalez, 2021), donde el usuario se sumerge en un entorno virtual al que se le ha agregado algo del mundo real. Mientras que tanto en realidad aumentada (AR) como en AV, el usuario experimenta objetos virtuales y reales al mismo tiempo, como lo implican sus nombres, Virtuality Continuum (Milgram et al., 1995 revisitado por Skarbez et al., 2021) coloca AR (que agrega elementos virtuales a la realidad) más cerca del final de la realidad y AV (que agrega elementos reales). a lo virtual) más cerca del final virtual del continuo. Tal como lo definen Drascic y Milgram (1996),

*"La realidad aumentada describe esa clase de pantallas que consiste principalmente en un entorno real, con mejoras gráficas o aumentos. La virtualidad aumentada describe esa clase de pantallas que mejoran la experiencia virtual al agregar elementos del entorno real", (Drascic, Milgram. 1996 p. 123.)*

Sin saberlo, Heilig había creado a principios de los 60 el que sería considerado como el primer aparato de Realidad Virtual (RV) inmersiva. Décadas más tarde, las tecnologías de realidad mixta están al alcance de todas las personas gracias a teléfonos celulares y visores de RV, destacando un fuerte desarrollo en el campo de la Realidad Aumentada (RA). Sin embargo, otro medio de la realidad mixta ha visto significativamente menos desarrollo; la Virtualidad Aumentada (VA). Cuyo potencial radica en la capacidad de incorporar elementos y sensaciones del mundo real al entorno virtual, así como buscaba el Sensorama de los 60. Creando experiencias coherentes con la percepción del usuario y potencialmente más inmersivas por su mayor grado de presencia. Cabe preguntarse ¿Por qué la Virtualidad Aumentada no ha visto desarrollos significativos, sino hasta estos últimos años? Y al momento de diseñar una experiencia ¿Cuáles son los elementos arquitectónicos que deben replicarse en mundo virtual y de qué manera se interactúa con ellos? ¿Y qué sensaciones pueden ser incorporadas para potenciar aún más esta ilusión de realidad mixta?

Surge la oportunidad de explorar un nuevo medio íntimamente relacionado con la arquitectura. Pero antes, es necesario comprender su alcance y limitaciones para así desarrollar una experiencia de Virtualidad Aumentada.

## 2 Metodología

Para responder a las preguntas de investigación se plantea un esquema de testeo de "elementos fundamentales en arquitectura", en un ambiente de virtualidad aumentada, separado en tres etapas principales. Una primera etapa, donde se llevó a cabo la primera experimentación informal con un modelo representativo hecho a semejanza de un espacio de sala de estar.

En la segunda etapa, se llevaron a cabo una serie de pruebas de escenografías aisladas; diseñadas, construidas y catalogadas durante la investigación. Dichas escenografías fueron utilizadas más adelante, en la tercera etapa, para la composición de una experiencia final, un escenario completo o pabellón construido y abierto para ser visitado por cualquier persona. Esta tercera y última etapa se detalla en este artículo. Se hizo un levantamiento de información al término de cada visita a la experiencia final.

## **2.1 Metodología de levantamiento de información**

Para el levantamiento de información, se estudió como referente al trabajo de Zuniga Gonzalez et al., 2021 que estudia el impacto de la sensación de presencia en experiencias de Virtualidad Aumentada. El estudio se realiza mediante una comparación entre participantes. Se distribuyen los asistentes de manera aleatoria hacia un grupo “experiencia virtual aumentada” y otro grupo “experiencia virtual”, donde la única diferencia entre ambas es la presencia de la escenografía construida para la “experiencia virtual aumentada”. En ambos casos los participantes verán el mismo modelo virtual.

En ambos casos, los participantes responderán unos cuestionarios antes y después de la prueba. Los resultados de estos cuestionarios serán sometidos a análisis. En ambos casos para esta investigación se decidió implementar la función de reconocimiento de manos dentro de la experiencia.

## **2.2 Mediciones**

El método más común para la medición de la presencia son los cuestionarios subjetivos. (Zuniga Gonzalez, 2021) Todos los cuestionarios usados fueron adaptados para esta investigación.

La confiabilidad de los cuestionarios ITQ y PQ (Witmer & Singer, 1998) se ha probado ampliamente y se usan, además, para garantizar que las diferencias entre los niveles de presencia después de un estímulo no se deban a predisposiciones individuales para la inmersión. Para medir la predisposición a la inmersión, ITQ tiene 18 preguntas que miden factores como el enfoque, la participación, las emociones y los juegos (Por esta razón se toma antes de la experiencia), para esta investigación se decidió cortar el cuestionario ITQ a la mitad a favor de la experiencia.

Sobre los cuestionarios tomados después de la experiencia. PQ incluye 24 preguntas que miden 8 ítems, para esta investigación se removieron 5 preguntas que no son relevantes. Los ítems de sonido y háptica fueron omitidos en el grupo “virtual” a favor de la comparación entre las experiencias.

El cuestionario SUS también es ampliamente utilizado (Slater et al., 1994), consta de 6 preguntas que miden la “sensación de presencia” en un ambiente virtual. Este último tuvo la mayor adaptación: Se decidió utilizar las 6 preguntas, presentando la primera pregunta como una evaluación general de la experiencia en escala 1 a 7 y las siguientes 5 como preguntas de respuesta escrita voluntaria. Este cambio apunta a la recopilación de testimonios auténticos sobre la experiencia vivida.

Finalmente, se puntúan los cuestionarios ITQ y PQ para cada factor de medición, se suman los resultados y se obtiene el total de ambos cuestionarios, para ambas experiencias (“Virtual aumentada” y “Virtual”). Las respuestas del cuestionario SUS fueron examinadas, se procesaron en conjunto todas las respuestas de cada pregunta, para ambas experiencias, con el objetivo de hacer un análisis en base a la comparación.

### **3 Resultados**

La presencia es el estado interno y personal de un individuo, más comúnmente definido como la sensación de “estar ahí” (Skarbez et al., 2017). Slater (2009) define el estado de “estar ahí” como “place ilusion” (PI), y se define como “la intensa ilusión de estar en un lugar, aun teniendo el conocimiento de no estar en ese lugar” que es diferenciada de la “ilusión de plausibilidad” (Psi) que es la sensación de que el escenario virtual es real. En la primera y segunda etapa se pudo observar al usuario comenzando a interactuar con el entorno virtual superpuesto, el gesto propioceptivo de extender el brazo y alcanzar el objeto con la mano virtual visible refuerza la sensación de presencia del usuario. Su actuar en el entorno simulado se percibe cada vez más “natural”.

#### **3.1 Experiencia Final Dual**

Los elementos escenográficos (Fig. 1) se construyeron por módulos separados. El proceso de construcción fue bastante rápido y eficiente gracias a la modulación de los elementos en base a la medida estándar del pliego de cartón piedra (77x110). El proceso de montaje se encargó de alinear todos los elementos escenográficos entre sí.



Figura 1. Foto. Escenografía construida para experiencia final. Al fondo: abertura en la pared para módulo chimenea. Fuente: Propia, 2023.

### 3.1.1 Diseño del entorno Virtual

El proceso comenzó por considerar el recinto disponible, una sala de clases de 6x6m con 3 vanos. Luego, se evaluaron las opciones de disposición de los espacios fundamentales elegidos dentro de la sala. A continuación, se tomaron en cuenta los puntos de estimulación de sistemas de percepción con los que se trabajarían (fuego, agua y viento). Por último, se tuvieron en cuenta las características materiales de la modulación y de la sala donde se emplazaría la escenografía. Estos elementos se integraron en un modelo virtual coherente.

En el contexto de la realidad aumentada, es relevante mencionar que para un mismo escenario se pueden plantear múltiples escenas virtuales, compartiendo los elementos formales del escenario construido. Durante el proceso, se exploraron varias posibilidades de escenarios virtuales en distintos ambientes, buscando coherencia con los elementos del escenario físico y explorando atmósferas distintas para enfatizar el contraste entre la experiencia real y virtual. Aunque se podrían plantear escenas oníricas que desafíen las leyes de la realidad, se optó por escenas estimulantes pero realistas para

facilitar la comparación de la sensación de presencia con la realidad. (Zuniga Gonzalez et al., 2021)

El diseño de la experiencia virtual se planteó como un fragmento visitable de un entorno ficticio más amplio, delimitado por las barreras físicas reales del recinto donde se desarrolla la experiencia. De esta manera, el visitante recorre el entorno virtual percibiéndolo como parte de un contexto más extenso y coherente, evitando que los espacios fundamentales parezcan aislados o sin conexión. Además, se crearon bordes naturales que permiten al visitante ver la continuación del modelo virtual, pero no le permiten circular hasta allí. (Fig. 2)

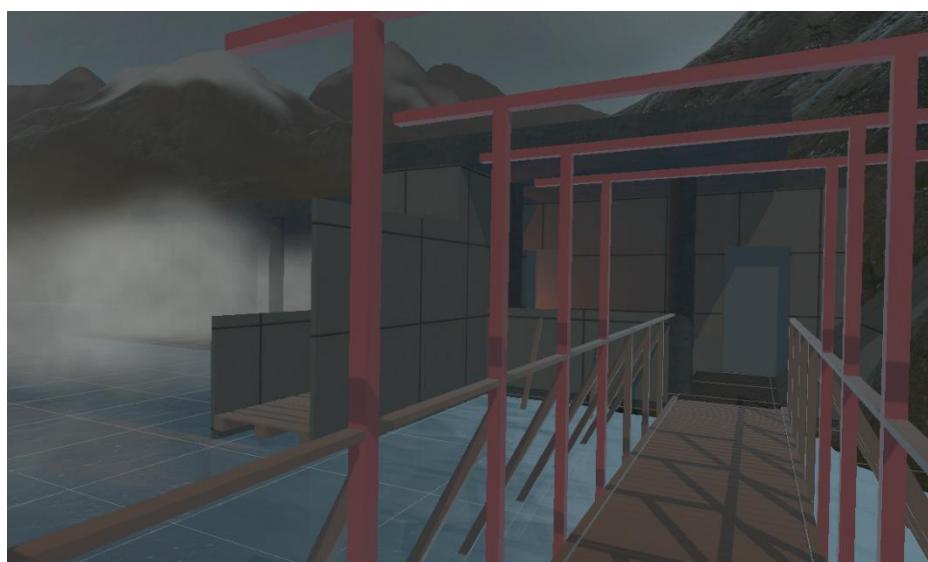


Figura 2. Vista desde el acceso a escena virtual Fuente: Propia, 2023.

### 3.1.2 Resultados de la experiencia final dual

Para llevar a cabo las mediciones se dispuso de dos experiencias. En la primera se dispuso de un visor Oculus Quest 2 en un recinto concurrido ofreciendo la experiencia virtual a quienes circulaban por el espacio. Se marcó en el suelo el borde de la escena virtual y el punto de inicio de la escena. Como se detalló anteriormente en la metodología, el procedimiento fue solicitar a los visitantes interesados contestar una encuesta previa a la experiencia con enlace mediante código QR para luego ser ubicados en el punto de inicio marcado en el suelo con ayuda de un colaborador. Durante la experiencia un colaborador acompañaba de cerca al participante para evitar acercarse a los transeúntes. Una vez terminada la experiencia se invitó a los participantes a responder la segunda encuesta.

Para la segunda se dispuso la escenografía en la sala asignada para ella, con un telón que impedía a los visitantes observar la escenografía. Con las cortinas cerradas y habiendo contestado la primera encuesta, los usuarios fueron ubicados con ayuda de un colaborador en el punto de partida de la experiencia, para ser invitados a entrar seguidos desde lejos por el colaborador. Una vez que el participante retorna al punto de partida se cierra el telón, se quita el visor y es invitado a contestar la encuesta de finalización. (Fig.3)



Figura 3. A la izquierda: Experiencia Virtual. A la derecha: Experiencia Virtual Aumentada Fuente: Propia, 2023.

### 3.2 Cuestionarios

Las experiencias fueron efectuadas en lugares diferentes dentro del campus, asegurando que ningún participante hubiese pasado por ambas. Con una distribución de género de un 38,1% mujeres y 61,9% hombres y un rango de edad promedio entre 18 a 24 años. Principalmente estudiantes universitarios del área de ingenierías y arquitectura. Se estima que un 75% de los participantes no habían tenido experiencias previas de realidad virtual inmersiva.

La Presencia, como fue descrita anteriormente, es un concepto subjetivo que requiere de un análisis cualitativo. Para esta investigación se utilizaron tres cuestionarios descritos anteriormente en el apartado de mediciones junto con un análisis demográfico simple.

Para comenzar el análisis de los datos y con el objetivo de conseguir resultados equitativos de Presencia en ambos grupos de experimentación, se realizó una medición de las tendencias inmersivas de ambos grupos aplicando el cuestionario ITQ. Como resultado se demuestra que con una diferencia de entre 0.1, (en el ítem de Enfoque) a 0.4 (en el ítem de Juegos); No hubo una disparidad significativa entre los dos grupos en su tendencia a la inmersión. Ninguna de las dimensiones del cuestionario ITQ (enfoque, involucramiento, emociones y juegos) fue significativamente diferente entre los dos grupos (experiencia virtual y experiencia virtual aumentada). Además, la puntuación total del ITQ en ambos grupos fue coincidentemente la misma. (Tabla 1)

Tabla 1. Resultados de cuestionario de tendencias inmersivas (ITQ). Relación entre los participantes de ambas experiencias.

| Tendencias Inmersivas<br>(ITQ) | Experiencia<br>Virtual | Experiencia Virtual<br>Aumentada | Rango | Diferencia |
|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------|------------|
| enfoque                        | 15.1                   | 15.0                             | 4-20  | 0.1        |
| involucramiento                | 7.0                    | 7.2                              | 2-10  | -0.2       |
| juegos                         | 6.6                    | 6.2                              | 2-10  | 0.4        |
| emociones                      | 3.9                    | 4.2                              | 1-5   | -0.3       |
| Total                          | 32.6                   | 32.6                             |       | <b>0.0</b> |

Dados los resultados anteriores se considera válida la comparación entre ambos grupos y se procede a analizar el cuestionario de presencia (PQ), tomado al final de la experiencia. Como resultado podemos verificar un rango mucho más amplio de 0.2 (en el ítem de Posibilidad de actuar) a 1.5 (en el ítem de Realismo). Destaca una amplia diferencia a favor del grupo de experimentación de Experiencia Virtualidad Aumentada en los puntos de Realismo y Posibilidad de Examinar.

Para representaciones digitales se acostumbra no considerar los puntos de Sonidos y Haptica, pero gracias la naturaleza del medio de Virtualidad Aumentada, estos factores si son representados y con gran fidelidad dada la cercanía de los resultados en ambos factores al valor más alto de su respectivo rango. Alcanzado 12.9 de 15 en el caso de Sonido y 4,8 de 5 en el caso de Haptica.

De igual manera, es necesario analizar la posición de los resultados del resto de los factores dentro de sus respectivos rangos. Realismo 27,1 de 30 en virtualidad aumentada, dando cuenta de un alto grado de realismo en general. Esto emparejado con el resultado de Evaluación del Rendimiento de 9,2 de 10 (grupo Virtualidad Aumentada) que denota la gran facilidad o

naturalidad con que los visitantes se adaptaron al entorno virtual a pesar del resultado de calidad de interfaz de 4,6 de 10 (grupo Virtualidad Aumentada) nos comienza a dar una idea de cómo fue la experiencia promedio para los usuarios en términos de presencia. Continuando con los dos factores restantes: Posibilidad de Actuar 8,3 de 10 y Posibilidad de Examinar 14 de 15, vemos lo fácil que resulta explorar e interactuar con el espacio simulado, nuevamente, pese al bajo resultado de interfaz. (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de cuestionario de presencia (PQ). Relación entre los participantes de ambas experiencias.

| Total                       | Experiencia Virtual | Experiencia Virtual Aumentada | Rango | Diferencia |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|-------|------------|
| Realismo                    | 25,6                | 27,1                          | 6-30  | -1,5       |
| posibilidad de Actuar       | 8,5                 | 8,3                           | 2-10  | 0,2        |
| posibilidad de Examinar     | 13,0                | 14,0                          | 3-15  | -1,0       |
| calidad de la Interfaz      | 5,3                 | 4,6                           | 2-10  | 0,7        |
| autoevaluación rendimiento  | 8,8                 | 9,2                           | 2-10  | -0,5       |
| Sonidos                     | 0                   | 12,9                          | 3-15  | -12,9      |
| Háptica                     | 0                   | 4,8                           | 1-5   | -4,8       |
| Total, sin Sonido y Háptica | 61,1                | 63,1                          |       | -2,0       |
| Calificación (P1 - SUS)     | 6,1                 | 6,1                           | 1-7   | 0,0        |

La puntuación total de ambos grupos muestra una ventaja considerable a favor de la Virtualidad Aumentada, lo que sugiere un mayor grado de presencia y, en consecuencia, un mayor grado de habitabilidad en comparación con otros enfoques. Los cuestionarios utilizados, adaptados del cuestionario SUS y el cuestionario de presencia (PQ), proporcionan información relevante sobre la sensación de realidad en el ambiente virtual, lo que es fundamental para evaluar la eficacia y el impacto de la experiencia. Una modificación significativa al estándar del cuestionario SUS fue la adaptación de las preguntas 2 a 6, permitiendo respuestas escritas voluntarias. Este enfoque cualitativo resultó en una gran cantidad de relatos detallados sobre la experiencia, aportando puntos clave descritos por los participantes. Mediante el uso de un algoritmo de nube de palabras, se examinaron y procesaron estas respuestas para extraer información valiosa sobre la vivencia de los usuarios en la Virtualidad

Aumentada. Esta metodología enriqueció considerablemente el análisis y comprensión de la experiencia de los participantes.

#### **4 Discusión**

El valor principal de la Virtualidad Aumentada radica en la capacidad de emular no solo el espacio geométrico, sino también atributos adicionales, como la incorporación de materiales, mobiliario, iluminación y condiciones ambientales, lo que otorga al entorno virtual una atmósfera comunicativa y experiencial. Esta evolución del diseño tradicional hacia un modelo más inmersivo ha llevado a los usuarios a transformarse de espectadores a habitantes del espacio virtual proyectado.

El fenómeno de la memoria corporal desempeña un papel crucial en esta transición, ya que los participantes reaccionan de manera instintiva y congruente con sus recuerdos físicos, como se evidencia en situaciones en las que intentan tocar objetos virtuales, sortear obstáculos inexistentes o experimentan sensaciones como vértigo y temor al caminar sobre superficies ilusorias. Aunque experiencias similares se han observado en otros medios, como el cine, la Realidad Virtual proporciona un nivel de inmersión sin precedentes.

Un aspecto innovador que caracteriza a la Virtualidad Aumentada es la integración del mecanismo de movimiento real en el entorno virtual. Cuando los usuarios interactúan con el espacio virtual mediante sus propios movimientos físicos, en lugar de depender de mandos o controles externos, se logra una realidad virtual aumentada, en la que la línea entre lo virtual y lo real se desdibuja, potenciando aún más la sensación de presencia e inmersión.

La presencia, entendida como la sensación subjetiva de existencia dentro del entorno virtual, emerge como un factor esencial para una representación arquitectónica exitosa. Cuando los participantes asumen el papel de habitantes virtuales, explorando el ambiente y experimentando con cada elemento, se logra una comunicación efectiva de la atmósfera y la experiencia del habitar en su totalidad.

Aunque el desarrollo y la construcción de escenarios virtuales demanda esfuerzo y recursos, el valor que aporta la experiencia resulta altamente justificado. La versatilidad de la Realidad Virtual para adaptarse a diversas situaciones y configuraciones arquitectónicas, permitiendo incluso la reconfiguración de elementos para espacios distintos, consolida su condición como una herramienta de amplio potencial para la representación y comprensión del diseño arquitectónico y la vivencia del habitar.

#### **4.1 Reflexiones**

La virtualidad aumentada, concebida como un concepto teórico por Paul Milgram a principios de los años 90, ha sido una parte poco explorada del Continuo Virtualidad-Realidad. Sin embargo, recientes avances en el campo de las Realidades Mixtas han permitido que esta idea empiece a materializarse. Si bien ya existen algunas aplicaciones desarrolladas en este medio, su escala y alcance han sido limitados hasta ahora.

La investigación aborda un importante avance exploratorio en el medio de la Virtualidad Aumentada al lograr una escala y sincronización sin precedentes entre el modelo virtual y el escenario construido en la realidad. Este nivel de precisión permite una experiencia más natural y auténtica para el usuario.

La contribución principal de esta investigación hacia el campo de la arquitectura radica en la flexibilidad que ofrece la representación en la Virtualidad Aumentada, con múltiples capas de información y potenciales implementaciones. En el ámbito doméstico, se exploran posibilidades para transformar viviendas en diversos espacios con atmósferas distintas. Por ejemplo, un departamento urbano podría convertirse en un oasis natural, con cambios en colores, temperatura y luz. Esto plantea interrogantes sobre la "arquitectura del metaverso" y la posibilidad de que los arquitectos del futuro presenten proyectos acompañados de experiencias virtuales asociadas.

En el ámbito académico, la Virtualidad Aumentada podría ser utilizada para visitar obras de valor histórico o pedagógico, permitiendo a los estudiantes de arquitectura comprender gestos arquitectónicos importantes desde una perspectiva vivencial. No obstante, surge la pregunta de si es posible comprender la totalidad de una obra a partir de la vivencia de un fragmento representado en realidad aumentada.

#### **Referencias**

- Drascic, D., & Milgram, P. (1996). perceptual issues in augmented reality. SPIE Proceedings. <https://doi.org/10.1117/12.237425>
- Heilig, M. L. (1992). El Cine del Futuro: The cinema of the future. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(3), 279–294. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.279>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. SPIE Proceedings. <https://doi.org/10.1117/12.197321>

- Norberg-Schulz, C., & Margarit, A. (1980). Existencia, Espacio y Arquitectura. Blume.
- Rasmussen, S. E. (2004). La experiencia de la Arquitectura sobre la percepción de nuestro entorno. Reverté.
- Skarbez, R., Brooks, Jr., F. P., & Whitton, M. C. (2017). A survey of presence and related concepts. *ACM Computing Surveys*, 50(6), 1–39. <https://doi.org/10.1145/3134301>
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. C. (2021). Revisiting milgram and Kishino's reality-virtuality continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549–3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130–144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Zumthor, P. (2019). Atmosferas: Entornos Arquitectónicos: Las Cosas a mi alrededor. Gustavo Gili.
- Zuniga Gonzalez, D. A., Richards, D., & Bilgin, A. A. (2021). Making it real: A study of augmented virtuality on presence and enhanced benefits of study stress reduction sessions. *International Journal of Human-Computer Studies*, 147, 102579. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102579>