

Uso e impacto de realidad virtual de diferentes gamas en procesos educativos de los oficios de la construcción.

Uso en interpretación de planos.

Universidad de Chile - Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Estudiante: Martin Retamal Echeverria

Profesor guía: Mauricio Loyola

Resumen

La realidad virtual se considera como una herramienta con un potencial significativo en ámbitos educativos y formativos. Muchas industrias poseen la capacidad de integrar esta tecnología con facilidad y eficacia, mientras que otras se encuentran con diferentes limitantes que hacen la integración de esta tecnología más compleja. Una de las áreas acomplejadas es la industria de la construcción, específicamente los oficios de la construcción. Estas profesiones se aprenden generalmente en obra y mediante práctica en terreno, lo cual hace difícil la visualización del uso de la realidad virtual en el área.

A pesar de esto, estudios han intentado integrar realidad virtual en la educación de estos oficios, muchos con resultados exitosos, pero ¿Cómo se comportan los resultados de la educación al hacerla remota? ¿Cómo actúan dichos oficios en un escenario de enseñanza a distancia?

En este artículo se evaluó el comportamiento de los resultados en torno a una actividad de carácter interactivo bajo el tema de interpretación de planos, luego de haber entregado gafas de realidad virtual de distinta gama a dos grupos de trabajadores de la construcción sometidos a una experiencia por gafa. De esto se desprendieron resultados donde se comparó el impacto que generó el cambio de gama en la experiencia y se definió hasta qué punto se puede integrar el uso de gama baja en un sistema de educación masivo.

Palabras clave: Realidad virtual, Construcción, Interpretación de planos

1. Introducción

La constante evolución de la tecnología está llevando a la educación por nuevos caminos de aprendizaje mucho más atractivos para los estudiantes, entregando nuevas herramientas y procedimientos. La realidad virtual ocupa un lugar importante en esta evolución. Esta se utiliza cada vez más en procesos educativos, donde permite al alumno descubrir, explorar y construir sus propios conocimientos (Piovesan et al., 2012).

De la mano con esto, la educación remota se ha vuelto el principal motor de enseñanza en los últimos años. Esta medida no dejará de ser importante en un futuro, debido a las facilidades y el ahorro de energía, tiempo y costo que representa. Muchos rubros han adaptado sus medios de enseñanza hacia la educación a distancia durante el tiempo de

pandemia, y para muchos ha impactado de manera positiva, lo que se ha visto reflejado en los resultados

finales. Incluso llegando en muchos rubros a demostrar una mayor eficiencia que la enseñanza presencial y tradicional.

Sin embargo, existen campos de la enseñanza que no poseen la capacidad de adaptarse por completo a la educación a distancia. Un ejemplo de estos, son los oficios de la construcción, los cuales requieren de una instrucción presencial para la enseñanza de procesos y procedimientos acordes al oficio. Su baja capacidad adaptativa a la educación remota ha causado un retraso y una degeneración en la calidad de la enseñanza que se está entregando, trayendo consigo problemas a largo plazo.

De esta manera, los estudiantes al no haber recibido la correcta ni adaptada instrucción durante el tiempo de pandemia poseen vacíos de conocimiento en el procedimiento y aplicación de su labor en terreno, a pesar de haber recibido su certificación, lo cual es únicamente causa de la falta de adaptabilidad del área de estudio en torno al área tecnológica.

Ahora bien, aquellas variables que dificultan la integración del sistema de realidad virtual en el proceso de enseñanza de los oficios de la construcción tienden a considerarse principalmente como variables hápticas y sensoriales (Radhakrishnan et al., 2021), lo cual limita las oportunidades de integración de la realidad virtual para simular experiencias relacionadas a aquellos oficios. Consecuentemente surge el cuestionamiento principal acerca de la posibilidad de integrar la realidad virtual en el entrenamiento de los oficios de la construcción.

Tomando en cuenta el potencial que la realidad virtual presenta en términos educativos y relacionándolo con la capacidad remota que muchas áreas de estudio poseen, es prudente preguntarse ¿Es posible el uso de la realidad virtual en el entrenamiento de oficios de la construcción? Si, existen estudios los cuales han entregado equipamiento de realidad virtual a obreros y trabajadores del área con resultados en su mayoría favorables.

Es aquí donde nos encontramos con la limitante física para la integración de esta tecnología en el proceso de enseñanza remoto, el cual va referido a la entrega de equipamiento y el gasto relacionado.

A pesar de contar con una disminución del gasto total en material, la entrega de dispositivos tecnológicos de realidad virtual a todos los estudiantes remotos considerados se vuelve una tarea difícil, asumiendo que pocos o ninguno de ellos cuenta con uno propio. Es aquí donde nos cuestionamos ¿De qué forma puede integrarse la realidad virtual como herramienta de aprendizaje remoto para los oficios de la construcción?

Dentro de esto cabe destacar que en términos de hardware disponible existen diferentes gamas bajo las cuales estos estudios se pueden basar. Teniendo en cuenta la existencia de las distintas gamas de equipamiento para realizar el estudio podemos inferir que estas gamas tendrán un impacto diferente referido en cuanto a los resultados y la experiencia entregada a sus usuarios, pero ¿De qué forma impacta?.

2. Antecedentes

Dentro del campo de la construcción y su compatibilidad con la realidad virtual en su proceso de enseñanza, se han efectuado varios estudios y experimentos que han puesto a prueba esta cualidad. Dichos estudios han definido y establecido variables de comparación y comportamiento de los usuarios frente a este tipo de enseñanza. En el intento de definir qué formato educativo trae consigo mejores resultados e impacta de mejor manera en la enseñanza de los estudiantes, se establecen dos puntos a tratar acerca de esta forma de educación dentro del campo de los oficios de la construcción.

2.1. Realidad virtual en la industria de la construcción

La realidad virtual (RV) ha sido materia de estudio de la industria de la construcción desde hace años, donde casi la totalidad de las empresas que han decidido darle la oportunidad ha entregado resultados prometedores y ventajosos por sobre las técnicas tradicionales utilizadas.

“Dentro del contexto de la industria de la construcción, la realidad virtual se ha empleado principalmente para analizar problemas que ocurren en los sitios de construcción, tales como: diseños de ingeniería, procesos de trabajo, logística, así como también la capacitación de los operarios”(Goulding et al., 2012)

En este contexto podemos identificar diferentes campos de la construcción donde se ha utilizado la tecnología de la realidad virtual como objeto de apoyo y de aprendizaje. Estos campos se extienden desde el uso de la RV con fines informativos, hasta el uso de esta con propósitos preventivos.

A partir de esto podemos identificar algunos usos que se le han otorgado a la RV en la industria de la construcción (Tabla 1):

Tabla 1: Usos RV en industria construccion. Fuente: Elaboración propia

Seguridad	-Capacitaciones de seguridad -Prevención de riesgos -Cursos de entrenamiento en ambientes controlados
Diseño	-Modelado espacial -Diseño interior -Diseño de iluminación -Paisajismo
Construcción (aspectos técnicos)	-Diseño y planificación de sitio -Planificación y seguimiento de procesos constructivos -Evaluación de escenarios en la construcción
Logística	-Toma de decisiones de los usuarios -Simulaciones de eventos ambientales controlados -Cursos de entrenamiento en ambientes controlados

(Davila Delgado et al., 2020)

Sin embargo, a pesar de los usos que se le han entregado a la RV, los cuales son capaces de abarcar muchos sectores de la industria de la construcción, nos encontramos con áreas inexploradas dadas ciertas limitaciones que el uso de la RV presenta. Estas limitantes han sido estudiadas y categorizadas en 4 grandes grupos.

Este estudio realizado en base a una recopilación de resultados de una encuesta realizada de manera cuantitativa y cualitativa en donde se consultó en empresas inglesas que han integrado o intentado integrar la RV en sus procesos de entrenamiento de personal asigna limitantes identificadas por ciertas empresas y las categoriza a continuación (Tabla 2):

Tabla 2: Limitantes RV en industria construccion. Fuente: Elaboración propia

Tecnologías inmaduras	-Limitaciones de energía y batería -Escasez de habilidades y dificultad para acceder a usuarios calificados -Tamaño limitado de modelos 3D a proyectar -Dispositivos pesados y no adaptados correctamente para este campo
Problemas no técnicos	-Falta de conocimiento en el mercado -Falta de tiempo para la exploración y adapte en las tecnologías inmersivas
Requisitos especiales de implementación	-Capacitaciones y dispositivos costosos -Requisitos de equipo de procesamiento especializado -Falta de espacios de gran envergadura
Estructura sectorial y dinámica cliente-contratista	- Industria fragmentada -Falta de interés del cliente

(Davila Delgado et al., 2020)

A partir de este estudio observamos que las limitantes categorizadas van referidas principalmente hacia aspectos técnicos y físicos de los dispositivos de RV. Bajo esta misma línea buscando e investigando variables limitantes aparte, nos cuestionamos ¿Qué pasa con las variables sensoriales y perceptivas? Tal como lo dijo el autor Radhakrishnan una de las limitaciones principales del uso de la RV como herramienta en la industria de la construcción tiene que ver con variables hápticas y sensoriales (Radhakrishnan et al., 2021), como por ejemplo: el peso de los elementos utilizados en la simulación no se ve representado en la RV, las vibraciones del espacio y/o de los elementos en la acción no se componen en el mundo virtual, la temperatura ambiental que afecta al trabajador no se puede percibir en la simulación, entre otros ejemplos.

Luego de identificar diferentes variables que limitan el uso de la RV en variados campos de la construcción, podemos inferir que el uso de esta tecnología en el entrenamiento de los oficios de la

construcción tendrá ciertos campos que presentarán una mayor dificultad al intentar integrar esta herramienta en su proceso educativo, y aún más a distancia.

De esta misma forma logramos identificar y categorizar aspectos positivos o ventajas que trae consigo la integración de esta tecnología en el campo de la construcción identificados por las empresas cuestionadas en el mismo estudio. Siguiendo la misma línea anterior, el estudio analizado categoriza ciertos impulsores y aspectos positivos de esta integración. Luego de la recopilación de información entregada por la encuesta a las empresas en cuestión, las ventajas fueron categorizadas nuevamente en cuatro calificaciones (Tabla 3).

Tabla 3: Impulsores y aspectos positivos uso RV. Fuente: Elaboración propia

Mejora desempeño en proyectos	<ul style="list-style-type: none"> -La RV reducirá el gasto total de los proyectos -Incremento productividad laboral -La RV contribuye a una mejor entrega de proyecto -Incremento entendimiento del proyecto
Mejora de imagen corporativa/empresa	<ul style="list-style-type: none"> -Obtener una ventaja diferenciadora en el mercado -Mejora reputación de la organización
Mejorar el desempeño general de las empresas	<ul style="list-style-type: none"> -Una forma de brindar nuevos y mejores servicios -La necesidad de organización de ser más eficiente y productiva -La RV reduce los riesgos generales
Reforzar la investigación y el desarrollo	Fomentar la investigación en los empleados

(Davila Delgado et al., 2020)

Al poseer ventajas como desventajas, las empresas son las que tienen la última palabra. Muchas evitan esta inversión por los riesgos que traen consigo o la calidad adaptativa a esta tecnología que su respectivo campo posee. Pero, por otro lado, existen aquellas que lo ven como una oportunidad de

mejora de su producto e imagen, las cuales son fieles usuarias de tecnologías de RV, y, por consiguiente, logran sacar su mayor partido.

Instrumentos de realidad virtual

La realidad virtual es considerada como una tecnología de visualización y una herramienta digital de simulación de experiencias o eventos, pudiendo ser interactivos o no. Para su visualización se utilizan dispositivos digitales de observación que poseen características, aptitudes y ventajas distintas, creando así una diferencia en la experiencia a partir del hardware utilizado.

Para identificar estos dispositivos mencionados, estaremos analizando los instrumentos Head-Mounted Display o bien HMDs, los cuales, traduciendo su nombre, son aparatos montados a la cabeza. Dentro de esta categoría existen dispositivos de diferentes gamas, las cuales poseen características y funcionalidades diferentes:



Fig.1 Ejemplos de HMDs. Fuente: Medium.com

Dentro de esta línea, nos encontramos con los dispositivos VR de gama alta. Estos dispositivos utilizan procesamiento propio y se caracterizan por crear una experiencia inmersiva. Aparte, muchos de estos poseen sensores de movimiento y extensiones del dispositivo para la mejor inmersión (uso de controles externos, audífonos propios, accesorios disponibles para los usuarios). Es importante destacar que el costo de la producción de esta tecnología eleva el costo total, haciendo así menos asequible para muchos usuarios. Algunos ejemplos de estos dispositivos son los Oculus Rift®, HTC VIVE®, Sony PS VR®, entre otros.



Fig.2 Oculus Quest 2. Fuente: Oculus.com

Por otro lado, también tenemos los dispositivos llamados "Mobile VR", los cuales no poseen un sistema de procesamiento propio, sino que utilizan un sistema de procesamiento externo al cual se acoplan para ser utilizados en conjunto. Estos dispositivos utilizan teléfonos móviles de generaciones actuales, los cuales poseen características y especificaciones técnicas que hacen posible una semi-inversión en un campo virtual. De los componentes que usan, podemos mencionar el giroscopio integrado en los dispositivos móviles para el movimiento de cabeza, el compás, acelerómetro, entre otros. El ejemplo más claro de estos dispositivos es el Google Cardboard VR®. Cabe mencionar que estos dispositivos se presentan a un coste más asequible para los usuarios, dada la incapacidad de procesamiento propio, su materialidad y su característica de acople a un dispositivo móvil.



Fig.3 Google Cardboard VR. Fuente: Diversitynewsmagazine.com

Al contar con ambas gamas está demás mencionar que existe una diferencia de opinión en cuanto a la tecnología a utilizar. Muchos usuarios han considerado los dispositivos de baja gama debido a su bajo costo y su fácil uso y adquisición, mientras

que existe otro grupo de usuarios los cuales preferentemente escogen los dispositivos de alta gama, para lograr resultados mejores. De esta manera, se ha cuestionado el alcance que la gama baja de dispositivos posee en relación con los resultados que entregan los de gama alta, lo cual no ha sido totalmente experimentado ni probado.

Bajo esta misma línea y en relación con los costos asociados existen opiniones contrarias acerca del ahorro de dinero que la RV podría traer consigo. En primer lugar, podemos identificar gastos relacionados al uso de espacios y materiales físicos durante la realización de la educación tradicional de los oficios de la construcción. Muchos de estos gastos se ven suprimidos al transformar las variables físicas y el equipamiento a elementos virtuales, generando una línea de ahorro en los costos relacionados. Dichos costos, asociados al componente físicos se ven identificados en el transporte, mantenimiento, productos, gasolina, entre otros.

"(...) La formación en un entorno basado en RV traerá consigo beneficios significativos en términos de costes y de seguridad. Como la formación se basa en simulación, no incluye costes habituales, como el consumo de combustible, alquiler de equipos ni gasto material" (Wang et al., 2018)

Al verse desde esta perspectiva puede considerarse una alternativa de preferencia por muchos campos de la construcción, sobre todo por aquellos los cuales requieren de materiales físicos para su instrucción, o bien aquellos que requieren de un espacio físico específico para su realización, el cual, en este sentido, puede ser reemplazado por uno virtual con variables controladas a gusto del usuario. Esto último entrega una ventaja significativa por sobre la educación tradicional, debido su apertura a modificaciones constantes y en ambientes con variables volátiles.

3. Métodos

Ahora bien, tomando lo anteriormente dicho, se llevó a cabo una investigación mediante un modelo de estudio de tipo experimental, el cual evaluó la experiencia de individuos sometidos a dos experimentos de inmersión, donde el hardware sería la variable modificada de ambos experimentos. Esta fue de carácter interactivo en torno a la representación e interpretación de planos. Esta intervención específica en el proceso formativo de

los estudiantes de la construcción fue posteriormente comparada entre ellas para lograr conclusiones acerca del impacto que generó la alteración del hardware en el ejercicio práctico.

3.1. Caso de estudio

El experimento consistió en evaluar el comportamiento de los trabajadores de la construcción en una simulación en relación con la manipulación y adaptabilidad en torno a la interpretación de planos en ambientes virtuales. Esta experiencia se concentró en la lectura de planos arquitectónicos y la relación con el entorno virtual próximo. La experiencia midió los conocimientos entregados hacia los obreros de la construcción en torno a esta materia como también su comportamiento y reacción ante el entorno virtual.

De esto se desprendieron actitudes y reacciones de los sujetos puestos a prueba en relación con el hardware entregado. De esta manera se estudiaron los resultados y se llegó a conclusiones las cuales podrían ayudar a definir la posibilidad de integración de la RV de baja gama en los sistemas de educación, a distancia o presencial, considerando una tecnología asequible para todos los estudiantes.

3.2. Instrumentos

Para esta investigación se requirió de lentes de realidad virtual de alta y baja gama para su posterior comparación y contraste. Para la variante de alta gama se utilizaron *Oculus Quest 2*[®] (Fig.4) y en cuanto a los de baja gama se utilizaron las gafas basadas en equipos móviles inteligentes *VR Box*[®] (Fig.5).



Fig.4: Imagen escenario 2. Fuente: Elaboración propia



Fig.5: Imagen escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Consiguientemente, para la posterior evaluación de los resultados arrojados por los estudiantes se utilizaron encuestas y cuestionarios diseñados específicamente para determinar el valor de la experiencia con las diferentes percepciones de los evaluados, para finalmente comparar los instrumentos y herramientas de estudio. Estas encuestas también fueron las responsables de evaluar la comodidad, adaptabilidad a la interfaz y al equipo, su relación con el escenario próximo y también se preguntó por la opinión acerca de la proyección futura del uso de herramientas de esta índole en el campo educativo de la industria de la construcción.

3.3. Procedimiento experimental

El experimento se realizó gracias al apoyo de coordinadores de la Escuela nocturna de los obreros de la construcción (ENOC), la cual otorgó el contacto con ex alumnos de su escuela. El ex alumno contactado accedió a ser parte de este experimento junto a sus trabajadores a cargo.

Primero se hizo una presentación del proyecto donde se comentó de que se trataría el experimento y como los trabajadores iban a participar en este. Posteriormente se separaron en dos grupos, donde uno de ellos fue inmerso en el escenario 1 con las gafas de alta gama y otro con las de baja gama, para posteriormente rotar y vivir el escenario 2 con el otro equipo. Esto se pensó con el fin de obtener resultados de parte de los trabajadores que fueron capaces de vivir ambas experiencias, generando así una capacidad crítica y comparativa al momento de aplicar los cuestionarios.

Luego de finalizadas las experiencias y sus respectivas pruebas, se realizaron una serie de

preguntas involucrando percepción propia, aspectos sensoriales, acercamiento a la realidad y familiarización tanto con el equipo como con el entorno virtual

Para finalizar, con los resultados entregados con las encuestas se generaron gráficos los cuales fueron muy útiles para el posterior análisis e interpretación de la experiencia. De estos resultados se generó una comparativa entre el impacto del cambio de dispositivo y como se comportaron los resultados dependiendo de estos.

3.4. Experimento practico

El experimento comenzó con una introducción y una bienvenida hacia todo el personal de la obra. Se presentó el proyecto junto con un perfil simple del estudiante y del experimento en sí. Dentro de esta misma sección, se presentó todo el material con el que se trabajaría ese día igualmente de la logística del experimento (visores de realidad virtual, monitoreo remoto y tiempos aproximados de experimento).

A continuación de esta breve introducción a lo que iba a ser el experimento y sus componentes, se dividieron los grupos de trabajo y comenzó el llamado de los obreros de dos en dos. Se les realizó una breve entrevista sobre sus datos personales e información práctica útil para generar un perfil primero de los entrevistados. Dentro de esta breve entrevista se preguntó por edades, oficios, estudios previos hasta condiciones médicas.

Luego de haber creado un perfil de los trabajadores puestos a prueba, se creó una instancia de reconocimiento y familiarización con las herramientas de trabajo. Esta prueba de imagen se realizó tanto con las gafas *Oculus Quest 2*[®] y *VR Box*[®]. A los trabajadores se les entregó un escenario de prueba donde se consultó por su capacidad de enfocar, capacidad de distinción de objetos en el ambiente y también comodidad con el equipo y el entorno.

Concluida la fase introducción y fase de prueba de imagen se dio por iniciado el experimento. Ambos grupos de trabajadores, grupo *Oculus Quest 2*[®] y grupo *VR Box*[®], comenzaron con el escenario 1 (fig. 6), donde se realizaron preguntas de reconocimiento de elementos.

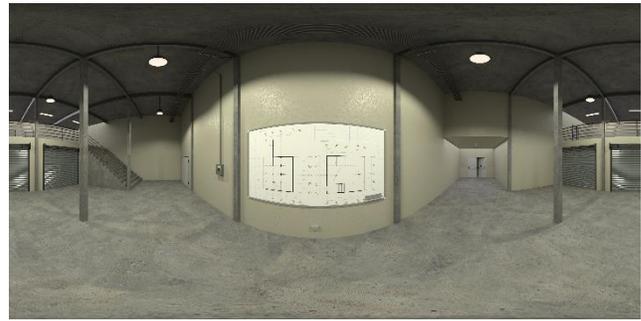


Fig. 6: Imagen escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

En el primer escenario, correspondiente a una bodega de almacenaje, se diseñó una prueba donde los trabajadores deberían reconocer un número de elementos destacados en un plano virtual en el su entorno. Mientras los trabajadores observaban el plano y el escenario virtual, se hizo un monitoreo de lo que ellos estaban observando mediante un reflejo de su pantalla en un dispositivo externo (esto aplica para ambos visores RV) para la supervisión y revisión de sus respuestas.

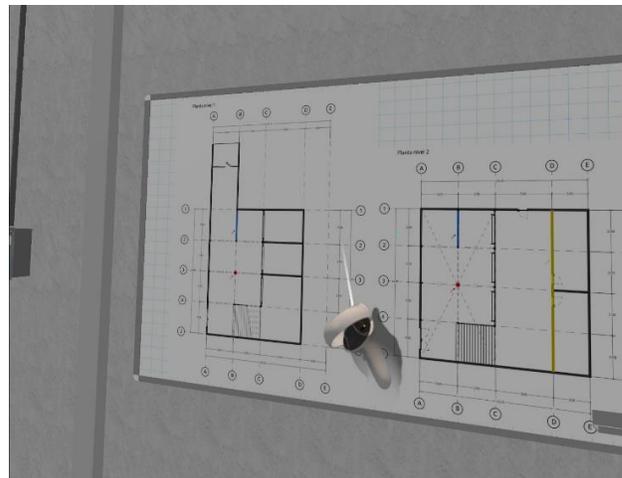


Fig.7: Imagen inmersión escenario 1. Fuente: Elaboración propia

Luego de finalizada la primera experiencia se generó el cambio de equipo de realidad virtual para la inmersión en el siguiente escenario, donde al igual que en escenario 1, se realizaron preguntas de prueba acerca del entorno y de su comodidad inicial.

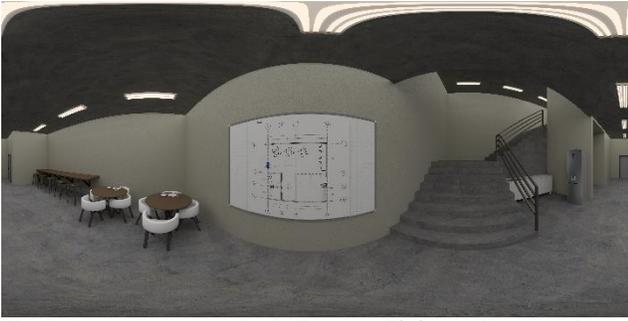


Fig.8: Imagen escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Para la segunda parte del experimento, como ya fue mencionado, los trabajadores fueron inmersos en el escenario 2 (fig. 8), correspondiente a un comedor de servicio, donde se les explico que el plano que podían observar en el escenario virtual contenía fallas estructurales y arquitectónicas, o bien, un plano desactualizado. En esta sección se les explicó que el procedimiento siguiente era de identificar las fallas o diferencias del plano con el entorno virtual construido para posteriormente señalarlas. Esto igualmente fue monitoreado de forma remota para lograr visualizar lo que iba siendo señalado por el encuestado. A continuación, se realizó una encuesta con respecto a sus aprensiones, sensaciones y comodidad en el ambiente virtual.



Fig.9 Imagen trabajador inmerso en experiencia. Fuente: Elaboración propia

Posterior a las inmersiones en ambos escenarios y el uso de ambos visores de realidad virtual, el experimento termino con un cuestionario general sobre el uso y aplicación de la realidad virtual como herramienta en procesos educativos en la rama de la construcción, específicamente en la interpretación de planos. Estas ultimas preguntas fueron dirigidas principalmente a aspectos sensoriales y de opiniones personales de los encuestados.

4. Resultados

Posterior al experimento inmersivo en ambas gamas de equipamiento de visualización de realidad virtual a los trabajadores de la obra en cuestión, quedamos con resultados de los cuestionarios aplicados durante y posterior a la inmersión. En esta sección se discutirán e interpretarán los resultados obtenidos.

4.1. Fase Screening inicial

Primero se creó un perfil de los entrevistados, llamado screening inicial, donde se les pregunto principalmente su edad, oficio, educación en torno al área de interpretación de planos y sobre su acercamiento al uso de realidad virtual previo al experimento.

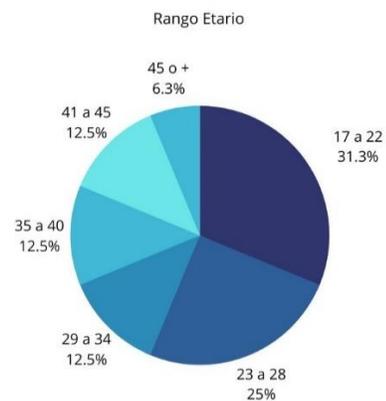


Fig.10 Rango etario trabajadores encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta el grafico de la figura 10, podemos observar como la mayoría de los encuestados el día del experimento se encuentra entre los rangos de 17 a 22 años, y de 23 a 28 años. De esto, es correcto desprender que la población joven fue la predominante en el proceso de experimentación.

Estudios en Area Construcción

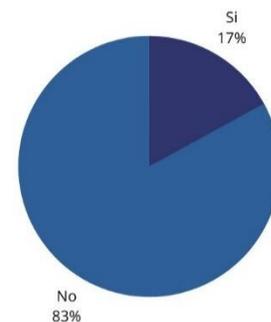


Fig.11 Estudios área de la construcción trabajadores encuestados. Fuente: Elaboración propia.

También, con la idea de expandir el perfil de los trabajadores, se hicieron preguntas acerca de sus estudios previos relacionados a la construcción (fig.11). De estos podemos observar claramente como la gran mayoría de los trabajadores no tuvieron educación relacionada con la construcción en institutos o algún ente educador, sino que sus oficios y labores fueron aprendidos en obra. Junto a esto se pregunto acerca de las labores que ejercen en la construcción. El grupo de muestra estaba compuesto principalmente por electricistas, maestros, ayudantes, carpinteros, pintores, capataces y jefes de obra.

Al tener labores y oficios distintos surge la duda acerca de su capacidad de lectura de planos. Al preguntar con relación a este tema, las respuestas demostraron un predominio de la gente que afirmo poseer conocimiento de lectura de planos, como también trabajadores que indicaron tener un conocimiento básico de lectura de planos. Junto a esto se pidió una mayor contextualización de su aprendizaje de lectura de planos, donde la gran mayoría afirmo haber aprendido a leer planos en obra (fig.12).

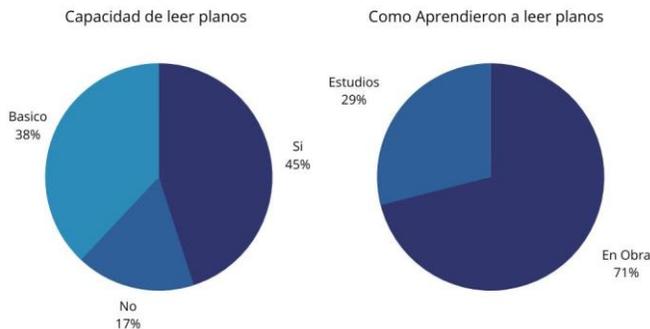


Fig.12 Lectura de planos trabajadores encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Por último, dentro de la etapa de Screening inicial de los participantes, se preguntó por algún acercamiento a la realidad virtual previo al experimento, donde la gran mayoría de los encuestado nunca había tenido algún tipo de interacción o aproximación a la tecnología de la realidad virtual (fig.13). Por otro lado, aquellos que afirmaron haber tenido acercamiento a la RV previo, se basaba en la visualización de películas, imágenes y videojuegos principalmente.

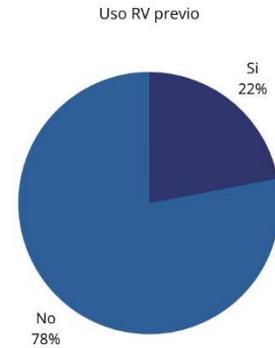


Fig.13 Uso previo de RV trabajadores encuestados. Fuente: Elaboración propia

4.2. Experimento Escenario 1

Previo al comienzo del experimento en el primer escenario, se realizó una prueba de imagen, que fue una instancia donde el encuestado podría comunicar sus inquietudes o incomodidades acerca del equipamiento o del mundo virtual, con el fin de poder ayudarlo a acomodar el equipo para una mejor inmersión. Junto a esto se realizaron una serie de preguntas acerca de su comodidad y capacidad de visualización. Lo más importante aquí fue la comparación entre gamas de su capacidad de enfoque y respuesta a los movimientos por parte del encuestado en la imagen de prueba, con el fin de generar una primera impresión de lo que seria el comportamiento del equipamiento y su relación con el usuario durante el experimento (fig.14).

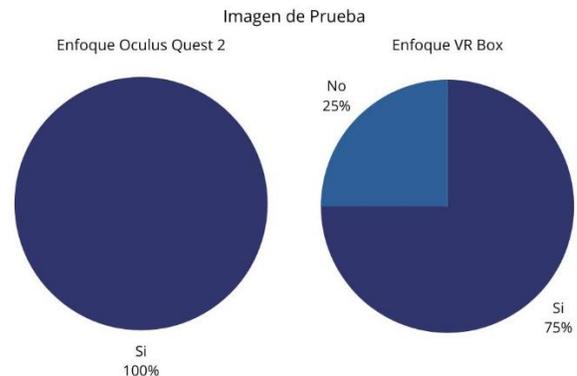


Fig.14 Enfoque imagen prueba. Fuente: Elaboración propia

De esto se desprendió inmediatamente una diferencia entre las gamas estudiadas, donde la reacción de los trabajadores frente a la prueba de imagen de los visores de alta gama fue de perfecta respuesta. Los trabajadores indicaron poseer muy buena visión de su entorno y reacción del equipo

frente a sus movimientos. Por otro lado, la imagen de prueba de los visores de gama baja tuvo una reacción en su mayor parte positiva, pero con un porcentaje notable de obreros que no se sintieron cómodos en una primera instancia en cuanto al enfoque y la respuesta del dispositivo a sus movimientos (fig.14). También fue evaluada la comodidad general durante la imagen de prueba la cual demostró poca diferencia entre ambas gamas, pero, aun así, *Oculus Quest 2*® tuvo un porcentaje mayor de puntajes perfectos (fig.15).

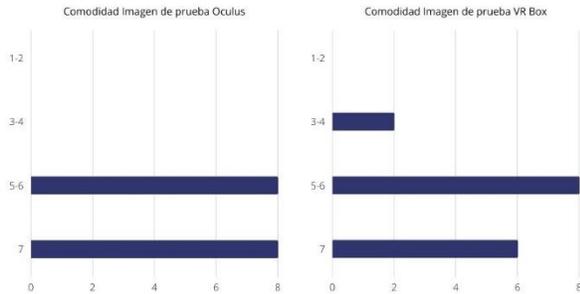


Fig.15 Comodidad imagen prueba. Fuente: Elaboración propia

Posterior a la imagen de prueba, se dio comienzo al experimento en el primer escenario. Como se mencionó anteriormente, el objetivo de esta sección fue reconocer e identificar los elementos destacados en el plano en el entorno virtual. Por un lado, nos encontramos con la experiencia en *Oculus Quest 2*®, la cual posee características propias. En esta el usuario tiene la capacidad de desplazarse en el escenario con ayuda de los mandos de *Oculus*®. Por el otro lado, la experiencia de *VR Box*®, es estática. La experiencia *Oculus*® funciona con un enlace directo al modelo 3D en el computador, mientras que la experiencia en *VR Box*®, se basa en la visualización de imágenes 360. El render 360 usado en esta segunda, posee un trabajo de luces y texturas mayor al de la experiencia en *Oculus*®, debido a la capacidad de modificar cada variable en la exportación de un render.

Por consiguiente, una vez iniciado el experimento se realizó una serie de preguntas con el fin de identificar nuevamente la capacidad de enfoque de los respectivos visores hacia el escenario como también preguntas acerca del objetivo principal de la experiencia (fig.16).

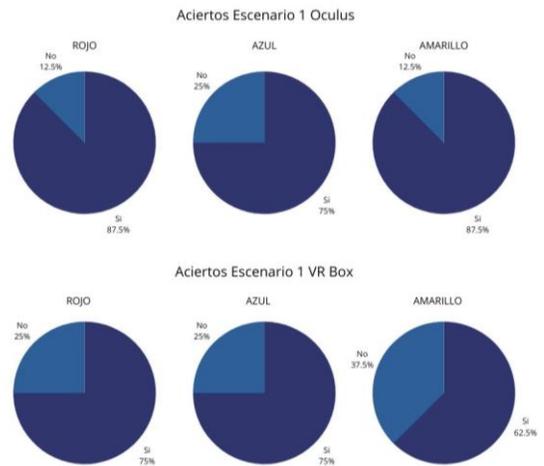


Fig.16 Aciertos escenario 1. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a este último punto, podemos ver en la figura (fig.16) como en ambos casos, los resultados fueron similares, pero, aun así, los resultados entregados por los visores de gama alta fueron levemente mejores. En cuanto al acercamiento a la realidad de los escenarios en cuestión, los trabajadores evaluaron a ambos equipos de manera muy similar (fig.17) pero los equipos de gama baja lograron un mayor porcentaje de puntajes perfectos.

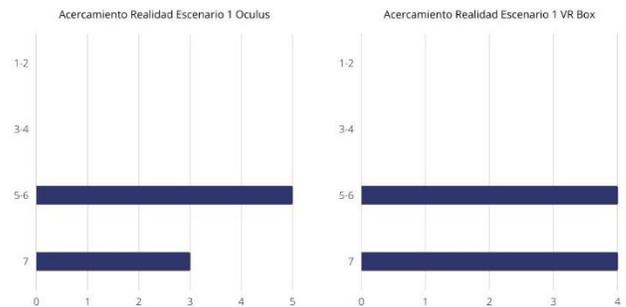


Fig. 17 Acercamiento a la realidad escenario 1. Fuente: Elaboración propia

Otro tema relevante cuestionado a los participantes fue su capacidad de familiarización al entorno y al equipamiento usado (fig.18). Esto fue esencial para el entendimiento igualmente de la comodidad de los trabajadores en este ambiente totalmente nuevo para la gran mayoría.

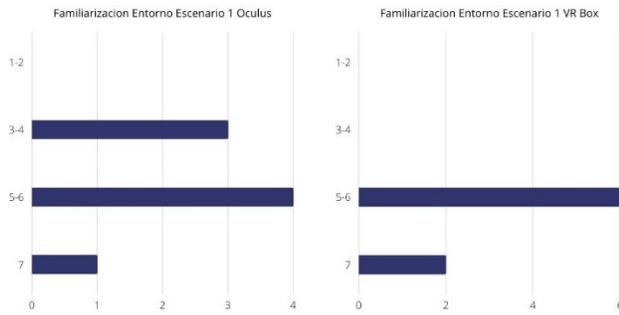


Fig. 18 Familiarización entorno escenario 1. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la adaptación al entorno virtual (fig.18), observamos como las respuestas del equipo *Oculus Quest 2*[®] se esparcen más dentro de los rangos (1 siendo "Me costó familiarizarme" y 7 "No me costó familiarizarme"), mientras que en el equipo *VR Box*[®], las respuestas se concentraron en la zona de familiarización simple e intuitiva. Dados estos resultados, se podría decir que los *VR Box*[®], al ser un equipo menos sofisticado, posee un impacto positivo en usuarios nuevos de esta tecnología, pudiendo ser usado a nuestro favor en términos educativos en el área de la construcción.

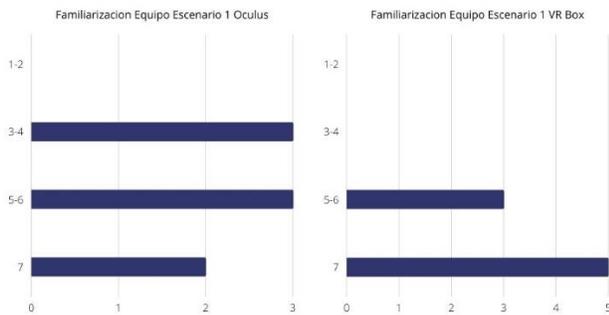


Fig.19 Familiarización equipo escenario 1. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la familiarización con los equipos de visualización, al igual que en la figura (fig.19), los resultados se dispersan más en *Oculus Quest 2*[®], dejando así en vista como el equipo menos sofisticado es mas amigable con el nuevo usuario que el equipo de mayor gama y complejidad.

4.3. Experimento Escenario 2

Una vez finalizado el cuestionario, los participantes fueron intercambiados e introducidos al equipo siguiente. Una vez pasado la imagen de prueba y explicadas las características propias de los equipos nuevamente, fueron inmersos en el escenario 2,

donde su objetivo principal fue analizar el sitio y compararlo con el plano otorgado, donde a continuación deberían identificar errores y diferencias entre el plano y su entorno construido.



Fig.20 Experimento en proceso escenario 2. Fuente: Elaboración propia

En esta sección los trabajadores debieron identificar un total de 6 diferencias entre el plano y el entorno. Sus aciertos fueron clasificados en rangos (fig.21)

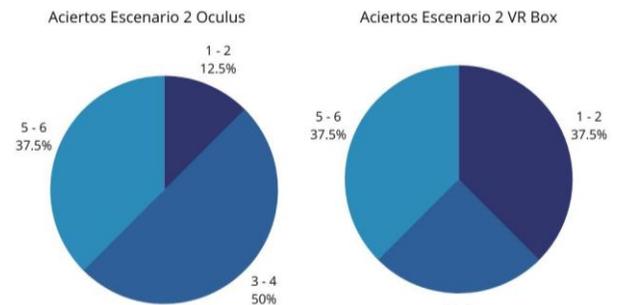


Fig.21 Aciertos escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Tras esta prueba pudimos observar como el comportamiento del equipo de *Oculus Quest 2*[®] tuvo un menor porcentaje del rango menor y un donde un 87.5% al menos acertó en 3 diferencias. Por otro lado, los trabajadores que hicieron uso de *VR Box*[®] para esta prueba en el escenario 2, tuvieron un menor porcentaje de 3 o mas diferencias y un mayor porcentaje en la categoría menor.

Igualmente, como en el experimento del escenario 1, se realizaron preguntas acerca de acercamientos a la realidad (fig.22), familiarización con entorno (fig.23) y familiarización con el equipo (fig.24). En este punto los participantes ya tendrían un punto de comparación con el equipo usado previamente, entregándonos así una mayor certeza y perspectiva sobre el comportamiento de los equipos en los diferentes escenarios.

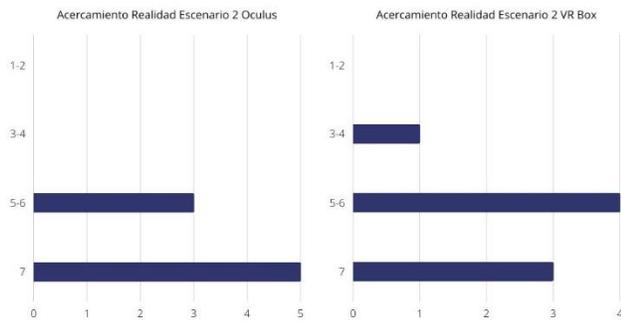


Fig.22 Acercamiento realidad escenario 2. Fuente: Elaboración propia

En temas de acercamiento a la realidad, y en comparación a los resultados entregados por esta misma pregunta en el escenario 1 (fig.17), podemos observar cómo los resultados del equipo de alta gama fueron mejores. Por otro lado, observamos como los resultados del equipo de baja gama se dispersaron en comparación a los resultados pasados. De esto es correcto afirmar que el uso del dispositivo en el escenario previo es una condicionante al puntaje, ya que entrega al participante un punto base de comparación, lo que llevaría a poner puntajes mayores o menores dependiendo de su comodidad con el dispositivo. Teniendo esto en cuenta, los usuarios del VR Box® en el segundo escenario ya poseían un punto de comparación al haber usado los visores Oculus Quest 2® en el escenario previo, haciendo así que el puntaje fuera más disperso.

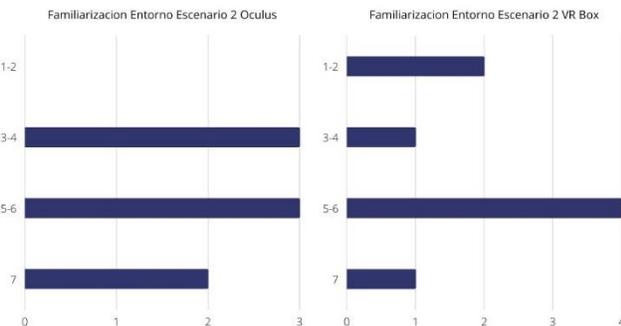


Fig.23 Familiarización entorno escenario 2. Fuente: Elaboración propia

De esta misma forma, se aplicó la pregunta acerca de la familiarización con el entorno virtual, en el cual, refiriéndonos al equipo de alta gama, los resultados se modificaron, pero sin mayor impacto, mientras que en el equipo de baja gama se ve un gran cambio en sus resultados. Como se mencionó anteriormente, el grupo de trabajadores que hizo uso del equipo de baja gama en el escenario 2, vino con influencia previa de las gafas Oculus Quest 2®, puntuando de peor manera esta sección. Se nota

mucha más disconformidad que la primera vez que se preguntó por su familiarización al entorno.

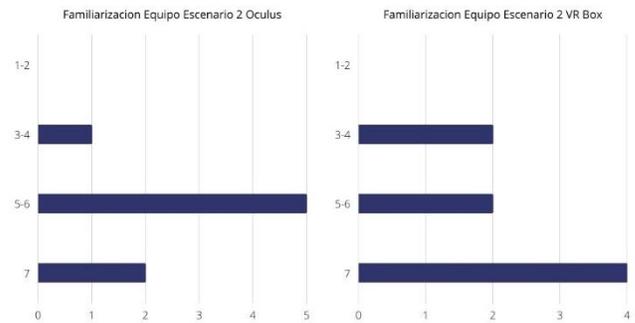


Fig.24 Familiarización equipo escenario 2. Fuente: Elaboración propia

Por último, en cuanto a su familiarización con el equipo entregado y observando los gráficos a comparar (fig.19 y fig.24), vemos como el grupo de Oculus Quest 2® puntuó de manera muy similar en el escenario 1 y 2, dejando en claro la consistencia que puede entregar a sus usuarios. Por otro lado, las gafas VR Box®, se mantuvo en un rango sin muchas diferencias en comparación de su evaluación anterior, solo con un par de respuestas disconformes, entregando así cierto tipo de consistencia debido a su simpleza tecnológica y capacidad de los usuarios de usar su intuición para llevar a cabo las acciones.

Agregando a lo anterior, tomamos en cuenta los comentarios y opiniones que los trabajadores mencionaron durante la experiencia y también al momento que se les preguntó acerca de los posibles usos de esta tecnología en la educación y como impactaría en esta, los comentarios fueron dirigidos mayormente a la "entrega de percepción y de entendimiento del 3d que esta otorga". También algunos encuestados afirmaron "ayudaría mucho a la educación si es integrada de forma temprana, porque es difícil acostumbrarse de más edad". De igual manera, los comentarios estuvieron enfocados principalmente en la gran herramienta que esta sería en la industria, ya sea en educación previa o en obra. De esto podemos ver como los encuestados vieron una proyección positiva de esta integración en el sector, dándonos así un acercamiento primero a esta nueva rama de la educación de los obreros de la construcción

4.4. Interpretación Resultados

Junto a lo previamente expuesto en relación con ambos escenarios en conjunto con sus preguntas, pruebas e interpretaciones, podemos observar el comportamiento de ambos equipos y también comparar su relación con el usuario y su impacto en los resultados. A grandes rasgos, es correcto decir que los resultados entregados por las gafas de alta gama (*Oculus Quest 2*®), fueron mejores, en términos de puntuación y porcentajes con respecto a las categorías evaluadas. Pero, por otro lado, se pudo notar un acercamiento muy próximo de los resultados entregados por las gafas de baja gama (*VR Box*®). Estas últimas arrojaron resultados con menor porcentaje de éxito, lo que no quiere decir que sean peores, es más, su porcentaje de acierto no fue muy lejano a los resultados entregados por las gafas de alta gama.

Con esto, es posible inferir que la integración de esta tecnología en ambas gamas podría ser muy útil en un sistema de educación innovador en el área de la construcción, principalmente en el área de interpretación de planos. Sin embargo, es prudente tener en cuenta los costos asociados a la integración de tal tecnología al área constructora.

Por lo general, los institutos técnicos y entes educadoras del área de la construcción imparten clases teóricas y prácticas a grupos grandes de estudiantes, y en consecuencia todos los gastos asociados suben. Es por este motivo que pensar en una integración de un sistema que use la realidad virtual como herramienta para la educación de la construcción, significarían de gastos fuera del presupuesto de la mayor parte los organismos educadores, descartando cualquier acercamiento a RV. Por esta razón, este experimento fue realizado con las dos gafas mencionadas anteriormente, con el fin de generar un parámetro y un punto de comparación entre resultados arrojados por gafas de alta gama y luego compararlo con los resultados de las gafas de baja gama, para estudiar su posibilidad de integración de manera masiva y ver hasta que punto las gafas *VR Box*® son útiles y aportan a un sistema de educación el cual se encuentra estancado en lo tradicional.

Conclusiones

Para finalizar, se ha corroborado a lo largo del desarrollo de esta investigación, que el uso de la realidad virtual como herramienta de aprendizaje en procesos educativos de diferentes áreas, trae resultados favorables en términos de calidad,

entendimiento, aplicación y materia práctica. Sin embargo, no existe una investigación clara con respecto a esta tecnología en áreas específicas de la industria de la construcción como lo puede ser el sector de las labores y oficios de la construcción dado su carácter práctico.

En esta misma línea y a consecuencia de lo anterior, pudimos experimentar con obreros de la construcción, que, la gran mayoría carecía de educación en torno al área de la construcción. Como podemos asumir, siendo los sujetos de experimentación constructores, el saber leer planos es algo esencial en su día a día, dejando de lado su labor específico dentro de obra. Es por esta razón, que se diseñó el experimento que entregaría los resultados correspondientes para la identificación y puesta a prueba de estas herramientas de realidad virtual, con el fin de determinar la factibilidad, apoyo, eficiencia y resultados que esta podría entregar al integrarla en esta área educativa.

Tras lo previamente dicho, pudimos observar el comportamiento de ambos equipos en relación con la interpretación de planos y su impacto en los estudiantes y los resultados, dejando en claro que a mayor gama mejores resultados, pero, por otro lado, entregando resultados favorables con las gamas menores, aclarando así la duda principal. Esta herramienta si podría ser integrada dentro del proceso de educación de los estudiantes por sus instituciones educadoras, con el fin de agregar un valor más práctico y volumétrico la forma en que se educa tradicionalmente, e incluso en obra misma, con fines mas representativos y de visualización del proyecto. Esto también significa que el uso de la realidad virtual de baja gama tiene la capacidad de masificarse en el sector de la construcción con equipos baratos y asequibles, con el fin de ampliar sus fronteras, generar nuevas estructuras de formación e incluso en la educación y entrenamiento a distancia de sus trabajadores.

Agradecimientos

Comenzar agradeciendo a Mauricio Loyola, profesor guía de esta investigación, por el apoyo y disposición para la realización de esta investigación y experimento. Junto a esto agradecer a Don Patricio Gajardo y Lorena Silva, coordinadores Escuela nocturna de obreros de la construcción, por su disposición y ayuda en el proceso de investigación del seminario, como también por su ayuda al contacto con ex estudiante de la ENOC para lograr

realizar el experimento con éxito. Agradecer a Saul, ex alumno y jefe de obra donde se llevó a cabo el experimento junto a los obreros, quienes por supuesto corresponde agradecer también. Por último, agradecer a toda persona que estuvo presente en el proceso, ya sea directa o indirectamente, por su contribución y disposición

Todos los anexos están disponibles en la carpeta web:

<https://drive.google.com/drive/folders/13qndtugipjwDQ-9-fYGrcmtWd5hL-2Yv?usp=sharing>

Referencias

Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Beach, T., & Demian, P. (2020). Augmented and Virtual Reality in Construction: Drivers and Limitations for Industry Adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020079. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001844](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001844)

Goulding, J., Nadim, W., Petridis, P., & Alshawi, M. (2012). Construction industry offsite production: A virtual reality interactive training environment prototype. *Advanced Engineering Informatics*, 26(1), 103-116. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.09.004>

Radhakrishnan, U., Koumaditis, K., & Chinello, F. (2021). A systematic review of immersive virtual reality for industrial skills training. *Behaviour & Information Technology*, 40(12), 1310-1339. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2021.1954693>

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), 1204. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061204>

Anexos

Son opcionales. Si se incluyen, deben constituir un documento separado o estar alojados en una carpeta online de acceso público. No tienen requisitos de formato ni extensión mínima o máxima. Si se incluyen, en esta sección incluya una lista, con su descripción de contenidos y su disponibilidad.

Anexo 1: Modelos 3d escenarios 1 y 2

Anexo 2: Encuestas utilizadas durante inmersión

Anexo 3: Imágenes experimento

Anexo 4: Planos utilizados en modelos