

Viabilidad de VR (Realidad Virtual) y AR (Realidad Aumentada) en la preventa de proyectos multifamiliares como estrategia para la mejor toma de decisiones en tiempos de cambio

Viability of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in pre-sale of multi-family projects as a strategy for better decision-making in times of change

Quispe Navarro Luis, Bach¹, Retamozo Lassler Alisson, Bach¹, De La Torre Salazar Jorge, Mg¹

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas - UPC, Perú
u201523586@upc.edu.pe, u201611843@upe.edu.pe, pccijdel@upc.edu.pe

Resumen— Una nueva realidad se está presentando desde el año 2020, dada el padecimiento del coronavirus; forzando a la humanidad a oponerse con medidas de preventivas para reactivar aquellos rubros impactados negativamente por el contagio, donde el sector AEC (Architecture, Engineering and Construction) se ve involucrado, afectando significativamente a una de sus etapas más importantes, la preventa inmobiliaria, comprometiendo al objetivo del proyecto (alcance, costo, tiempo y calidad) y al objetivo del cliente (rentabilidad y operatividad). Sin embargo, es tiempo de una evolución para divisar un escenario óptimo, siendo un período clave para la revolución digital y la aplicación de herramientas tecnológicas para agilizar la velocidad de ventas, generando una experiencia inmersiva que facilite al cliente final reconocer el proyecto de modo más realista e interactivo para generar una acertada y consciente toma de decisiones. El artículo desarrolla procedimientos para el inmobiliario y para el cliente final dispuesto a vivir una experiencia diferente para tomar las mejores decisiones. En último lugar; se generó la validación de opiniones técnicas de especialistas, destacando las necesidades del cliente final para divisar los parámetros de realización de los diseños y sus funcionalidades de interacción.

Palabras claves— *Preventa, Realidad virtual y aumentada, Tiempos de cambio, Toma de decisiones, Viabilidad.*

Abstract— A new reality has been presenting itself since 2020, given the suffering of the coronavirus; forcing humanity to oppose with preventive measures to reactivate those items negatively impacted by contagion, where the AEC sector (Architecture, Engineering and Construction) is involved, significantly affecting one of its most important stages, real estate presale, compromising to the project objective (scope, cost, time and quality) and to the client's objective (profitability and operability). However, it is time for an evolution to devise an optimal scenario, being a key period for the digital revolution and the application of technological tools to speed up the speed of sales, generating an immersive experience that makes it easier for the end customer to recognize the project more realistic and interactive to generate an accurate and conscious decision making. The article develops procedures for

real estate and for the end customer willing to live a different experience to make the best decisions. In the last place, the validation of technical opinions of specialists was generated, highlighting the needs of the end customer to discern the parameters of realization of the designs and their interaction functionalities.

Keywords— *Decision making, Time of change, Real estate pre-sale, Viability, Virtual and augmented reality.*

I. INTRODUCCIÓN

El planeta se está adaptando a una nueva realidad a raíz de la pandemia sanitaria, del año 2020; forzando a crear salidas estratégicas a los sectores perjudicados en todo el mundo; uno de estos es el sector de la construcción, el cual simboliza el 13% del PBI global [1].

Por lo cual; se encuentra en el apuro de asignar variaciones en sus actividades para acreditar una estrategia exitosa, pese a las medidas sanitarias de precaución impuestas por el Estado Peruano [2]; como, por ejemplo, para el período de preventa, el cual es inexcusable para engrandecer la rentabilidad del proyecto [3]; se está exigiendo aliviar la capacidad del puesto de venta, avalando la disposición de un individuo cada 2m², certificando la distancia de 1m y medio entre el cliente y el consultivo de comercio [2].

Por resultante; el cambio es obligatorio si se requiere conceder un superior desempeño, en relación con el golpe que ha recibido el sector, en el período de preventa; por lo que se maneja como una circunstancia contundente para la disrupción digital impulsando la aplicación de herramientas tecnológicas con modelos BIM (Building Information Modeling) [4]. Esto es a causa de que los procesos actuales no se abastecen al trabajar con altas sumas de información, las cuales carecen de una claridad de modo gráfico [5]; ya que, hay carencia de una técnica inmersiva que le otorgue, al comprador, un panorama real del producto final [6], produciéndole una sensación emocional generada por el realismo [7] y, por lo cual, al satisfacerlo se consigue tener un diseño óptimo [8].

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.356>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Además de ello; la falta de herramientas de visualización, en las organizaciones, provoca un panorama desafiante para los responsables en la exposición de ventas, por no tener los instrumentos necesarios para deleitar al cliente final y definir una venta [9]; pues este consumidor, para comprender la representación del proyecto, tiene una sucesión de requisitos visuales que desea apreciar para tomar una decisión segura; siendo la impresión de la distribución de ambientes y la composición de los espacios y dimensionamiento, las necesidades, a distinguir, más importantes para el cliente final [10].

En sinopsis; la preventa inmobiliaria requiere la práctica de nuevas tecnologías visuales para consentir a los usuarios, mediante la observancia de los requisitos gráficos que estos esperan recibir acerca del proyecto; de lo contrario, se les generaría un quiebre de confianza y seguridad para la toma de decisiones, por no tener una experiencia interactiva para el cliente final, con la cual este pudiese examinar y optar por una decisión incuestionable, acerca de la adquisición del producto. En último lugar, el actual artículo explica de qué modo, con la aplicación de las herramientas tecnológicas propuestas como medio de venta para proyectos multifamiliares, se logra conseguir una mejor toma de decisiones de los clientes finales gracias a la experiencia interactiva e inmersiva, pese al tiempo de cambio.

II. ESTADO DEL ARTE

Actualmente, para optimizar el sector AEC, se han planteado diversas herramientas tecnológicas gracias a la construcción 4.0 (revolución industrial 4.0); como la aplicación de BIM, con lo cual se plantea expandir la precisión del proyecto; no obstante, su aplicación es restringida; esto es debido a la nula interacción que posee, con el contexto físico, dado que no tiene algún prototipo de conexión con el entorno virtual [11].

No obstante; mediante estudios, se comprueba que el uso mixto de modelos BIM y VR-AR genera un rendimiento destacado [7]; con lo cual se puede prometer al cliente final una experiencia interactiva y una asistencia innovadora, sugiriéndolo como colaboración a la preventa inmobiliaria; facilitando la eficiente toma de decisiones [10]. Con relación a esto; también, se sugiere el complemento de alta tecnología, como “laser scanner”; para que usuarios, no conocedores de

modelos BIM, logren el entendimiento del proyecto a efectuar [12].

Por otro lado; se plantea el modo de trabajar el mundo realista, con un costo limitado y una inmersión poderosa; esto debido a la práctica de accesorios, como anteojos posicionados en la cabeza, para sumergirse en el espacio diseñado de realidad virtual [6].

Por resultante; una persona, con los accesorios VR, puede movilizarse e interactuar dentro del ámbito inmersivo; logrando elegir objetos o probando diferentes acabados de construcción; para con ello, apoderarse de la confianza del potencial cliente [13].

III. METODOLOGÍA

El actual artículo tiene un nivel descriptivo, por especificar un tópico, destacando las propiedades de este [14], como las herramientas tecnológicas VR y AR; y un diseño de campo, por la compilación de estimaciones mediante una opinión de especialistas, con el fin de examinar el medio y fundamentos para, luego, validar la práctica. El procedimiento se divide en las siguientes fases ilustradas en la **Fig. 1**.

IV. REVISIÓN DEL TIEMPO DE CAMBIO

A. Efectos desfavorables en el rubro inmobiliario peruano

La circunstancia del presentada en el 2020 ha ocasionado los siguientes efectos desalentadores al sector AEC.

1) Reducción en el pedido de inmuebles

En el primer trimestre del 2020, se contabilizó más de 20 mil unidades inmobiliarias disponibles en la ciudad de Lima [15] y, mencionando que, el 47% de estas se encontraban en la etapa de preventa [16].

2) Aumento de la desocupación o decrecimiento de las remuneraciones

Se planeaban llegar, ese año, a cifras de suspensión de 120 mil trabajadores de obra civil, siendo este un 67% más en relación con el año 2019 [17]; asimismo, se presenta la bajada salarial para un 14% de los empleadores, en las empresas donde no se realizaron despidos [16].

3) Descenso de clientes finales o anulación de contratos

Las empresas ligadas a la edificación han tenido que enfrentarse, desde el inicio del tiempo de cambio, con la

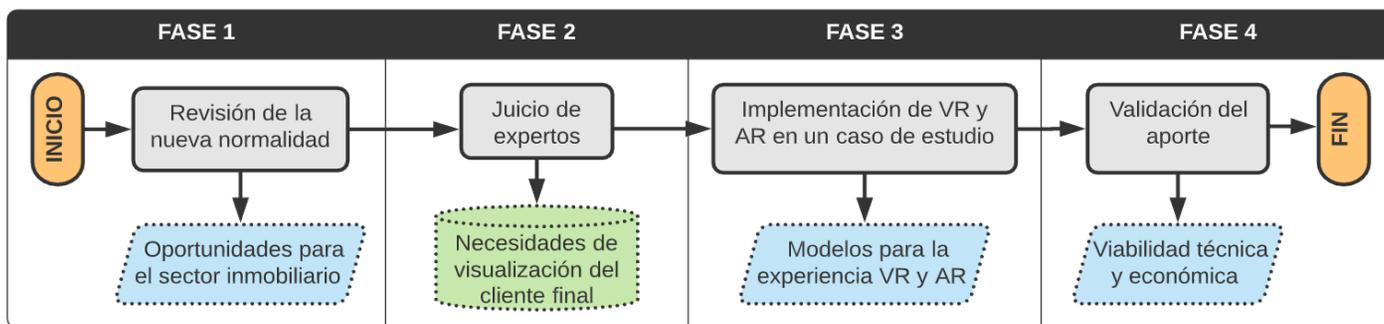


Fig. 1. Diagrama de la metodología. Elaboración Propia.

disminución de sus clientes y con un 67% de contratos anulados [16].

4) Restricción de ejecución de obras y aplazamiento de transferencia de inmuebles

La interrupción de la obra es necesaria para salvaguardar a los trabajadores de posibles contagios y, así, se sustenta la ampliación de los plazos de inicio y final de obra [17].

5) Aumento de costo por precauciones tomadas

Las medidas de defensa para regular la dispersión del virus alzarán entre un 4% y 7% los costos del proyecto [18].

B. Análisis de los efectos desfavorables en el rubro inmobiliario peruano

1) Estimaciones propuestas

Con la investigación adaptada de Credicorp Capital para la ciudad de Lima; acerca de la total disponible de inmuebles en el primer trimestre del año 2019 y el primer trimestre del 2020 [15], se consiguió una proyección con regresión lineal; estimando que, para el final del primer trimestre del 2021, habrían más de 24 mil unidades en stock, siendo un 10% más a correlación de los primeros 3 meses del 2020 (Ver Fig. 2).

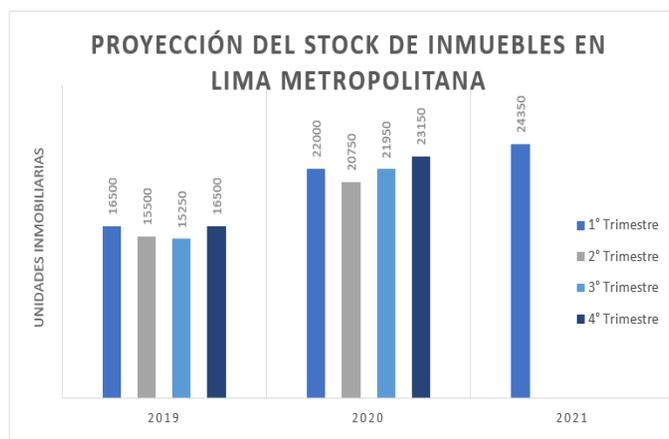


Fig. 2. Proyección de unidades inmobiliarias. Elaboración Propia.

Igualmente, conforme a las medidas asignadas para la precaución, con la explicación de Barrón [18] y la proyección de ASEI [15]; se obtiene la estima de una adición de S/.450,000.00 por cada 100 trabajadores en el proyecto, este importe es producto de los datos de aumento de S/.500.00 al mes por trabajador y una suma de 9 meses de duración.

C. Exposición de ocasión para el rubro inmobiliario peruano

En síntesis; con los efectos desafortunados causados por el tiempo de cambio, se puede sobresalir la gran ocasión de promover la práctica de herramientas tecnológicas, ante la circunstancia. Estas pueden desempeñar una labor clave por la potencia que prometen contribuir en la etapa de preventa inmobiliaria.

V. OPINIÓN TÉCNICA DE ESPECIALISTAS

Con el propósito de adquirir investigación verídica y factores con relación a las necesidades de los clientes finales, se procedió a encuestar una suma de 19 especialistas del sector AEC (Ver Tabla I).

Dicho sondeo fue remoto y contó con un desarrollo de 15 preguntas de opción múltiple; estas se encontraban estructuradas en 4 sectores para estimar, en primer lugar, los factores de escogimiento de un inmueble, en segundo lugar, los métodos actuales de comercio, en tercer lugar, la circunstancia del año 2020 y, en último lugar, el atractivo por una innovación tecnológica en la etapa de preventa inmobiliaria.

Para ello; se han seleccionado las 5 preguntas cuyas respuestas y estudio de resultados fueron relevantes para el progreso y validación del actual artículo; estas están mostradas a continuación.

TABLA I
ENCUESTADOS EN LA OPINIÓN DE ESPECIALISTAS

Nombre	Cargo	Empresa
Antonio Revilla	Jefe de Proyectos	V y V Desarrollo Inmob.
Víctor Galvez	Director de Proyectos	Grupo La Ríaza
Yvan Espinoza	Director de Construcción	CSS
Jose Luis Véliz	Gerente de Proyecto	Viva GyM SAC
Reymundo Siancas	Supervisor de Proyecto	Banco Intl. del Perú
Jorge Cárdenas	Director de Proyectos	Hexagon
Pedro Suárez	Gerente Accionista	Inmgenio
Karla Ramos	Jefe de Costos y Planeamiento	Casa Andina Hoteles
Luis Sotelo	Gerente de Desarrollo	CISSAC
Carlos Neyra	Ing. de Propuestas	GyM
Carlos Vargas	Ing. de Oficina Técnica	GyM
Jorge Ruiz	Director Ejecutivo	EDIFICA
Erick Escudero	Gerente General	Inmgenio
Marco Pineda	Gerente de Proyecto	Independiente
Juan C. Tassara	Director Ejecutivo	EDIFICA
Mario Mendoza	Gerente de División de Construcciones	BESCO
Denisse Tinta	Jefe de Producción	Inmob. Exklusiv SAC
André Álvarez	Consultor Comercial	KawaBan
	Ases. Negocios Inmob.	Re/Max Family
	Empresario Mayorista	Doble A Store
Ronald Villanueva	Gerente General	Acierito Constructora SAC

Pregunta 2: ¿Qué tan significativo son los siguientes factores, para el cliente final en preventa, al decidirse por un inmueble?

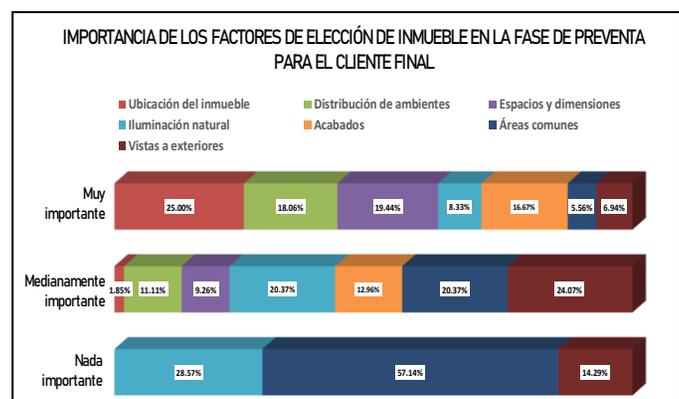


Fig. 3. Parámetros de decisión de inmueble. Elaboración Propia.

Aquellos factores que más prevalecen, en los clientes, al preferir una unidad inmobiliaria son el sitio, los espacios y dimensiones, la distribución de ambientes y los acabados.

Pregunta 5: ¿Cuál es el grado de interacción de los siguientes métodos de comercio tradicionales para el cliente final?

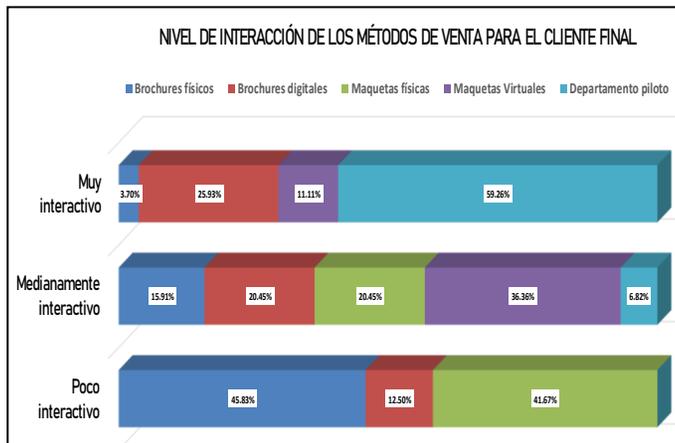


Fig. 4. Métodos de venta y su nivel de interacción. Elaboración Propia.

El método más interactivo para el cliente final, con un favor de casi el 60% de los especialistas, es el departamento piloto.

Pregunta 10: ¿Cómo puede impactar el contexto coyuntural en las casetas de venta?

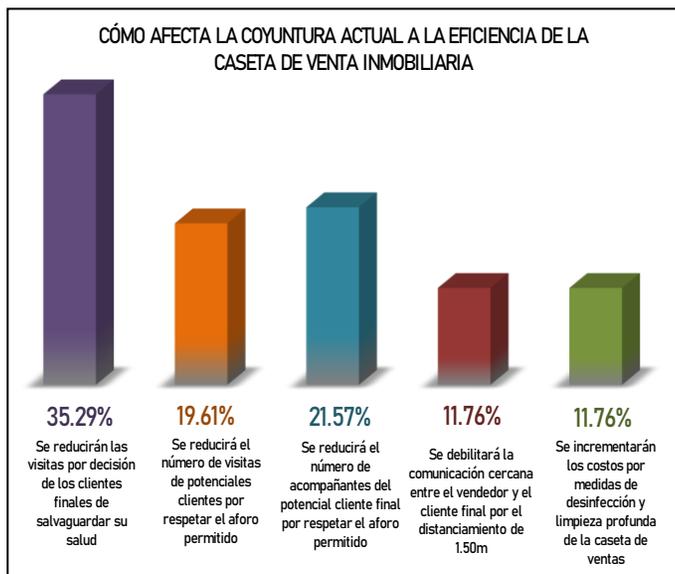


Fig. 5. Caseta de venta frente a la coyuntura. Elaboración Propia.

Más del 35% rescatan que las casetas reducirán su cifra de visitas, porque los clientes optarán por confinar, prevaleciendo su comodidad al defender su salud.

Pregunta 13: ¿Qué herramientas tecnológicas ha utilizado, en preventa, la empresa a la que pertenece?

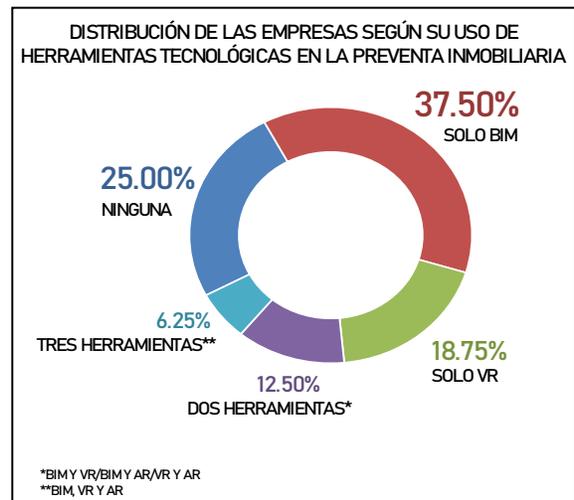


Fig. 6. Tecnologías aplicadas por las empresas. Elaboración Propia.

A pesar de que más del 37% y 18% usan modelos BIM y VR, respectivamente; queda un 25% que no emplea ninguna herramienta de las mostradas; ello se debe, principalmente, a la carencia de cultura en herramientas tecnológicas.

Pregunta 15: ¿Cuál cree usted que serían los principales beneficios de emplear la realidad virtual y aumentada en la etapa de preventa?

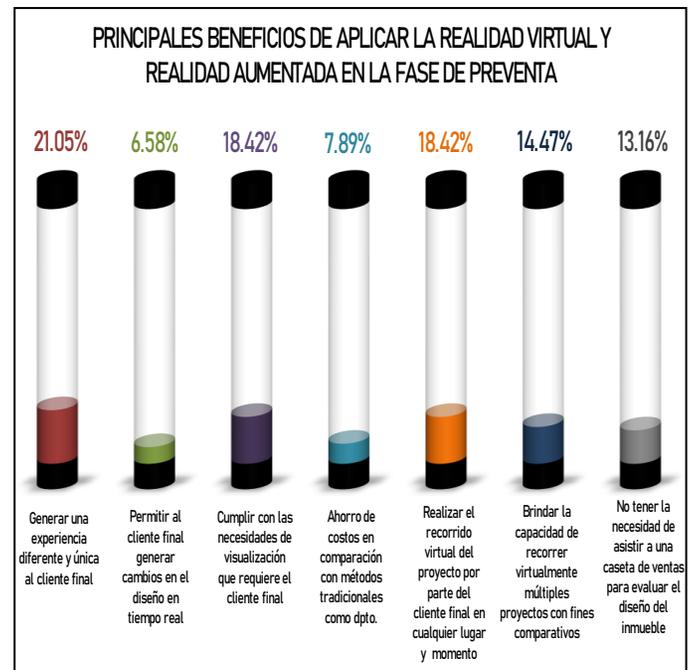


Fig. 7. Ventajas de aplicar VR y AR. Elaboración Propia.

El provecho más halagado, con más de 21%, fue que estas tecnologías crearán una experiencia única y diferente a perspectiva del cliente final; y, con más de 18%, cada uno, están los beneficios de deleitar las necesidades de visualización que el cliente exige y lograr vivir la experiencia desde cualquier lugar e instante, facilitando los problemas de confinamiento.

VI. APLICACIÓN EN UN CASO DE ESTUDIO

A. Presentación del caso de estudio

- **Proyecto:** Edificio Multifamiliar “RÍO MOCHE”
- **Empresa:** Grupo Inmobiliaria Concreta Construye S.A.C.
- **Dirección:** Ca. Río Moche N°364 Urb. 4 Esquinas, Pueblo Libre, Lima, Perú.
- **Alcance:** Edificio de 9 pisos y azotea, contará con 14 departamentos y semisótano para estacionamiento.

B. Diseño Prematuro en Autodesk Revit

En esta indagación; se empleó el software Autodesk Revit 2020; ya que, se requiere empezar de un diseño antepuesto que cuente con la geometría y distribución.

Para iniciar con el diseño es importante aprobar las unidades de la plantilla a ocupar e instalar, al software, la extensión “Datasmith” para simplificar la exportación de modelados Revit al programa Unreal Engine, posteriormente.

1) Nivel

En la vista de “Alzado-Sur”, se debe conceder la elevación de entrepiso deseada.

2) Ejes

Se requiere el empleo de ejes horizontales y verticales como parámetros para la colocación de ambientes en planta.

3) Losa

No crear la losa monolíticamente, sino dividirla, para proteger la condición de independizar su material dependiendo de cada cambio de ambiente; ya que un suelo de cocina no será idéntico para una habitación (Ver Fig. 8).

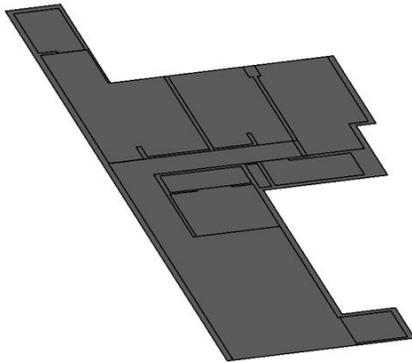


Fig. 8. Diseño de losa: Subdivisiones. Elaboración Propia.

4) Muros

No crear los muros monolíticamente, sino respetando los límites de los cambios de ambientes, para conseguir independizar su color deseado, en el programa continuo.

5) Puertas

Insertar las puertas en los sitios correspondientes, las cuales serán usadas como guías posteriores al período de añadir las definitivas en el programa continuo.

6) Ventanas

Insertar ventanas “tipo hueco” en los sitios correspondientes, para ocupar como guía siguiente al añadir las ventanas definitivas en el sucesivo software (Ver Fig. 9).

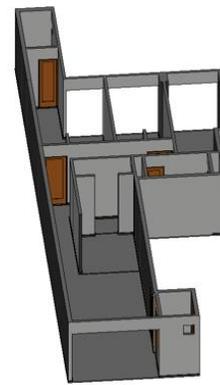


Fig. 9. Agujeros para ventanas. Elaboración Propia.

7) Zócalos

A partir de las propiedades de cada muro se dará a “editar tipo” y la perspectiva previa a una de perfil para escoger, en el módulo de construcción, editar la estructura; pulsando la elección de “barridos” y preferir el perfil de madera. Tomar en cuenta el crear tanto zócalos internos como externos para un propio muro, según este lo requiera.

8) Muro texturizado

Para independizar las caras de un propio muro, para su sucesivo texturizado en el programa continuo, respetando el cambio de ámbito; se texturizará con materiales diferentes cada perfil de la pared desde este programa (Ver Fig. 10).

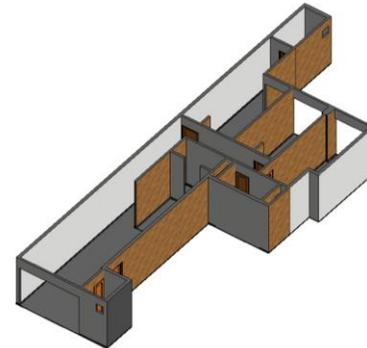


Fig. 10. Caras texturizadas. Elaboración Propia.

9) Losa superior

Se posicionará la losa superior en suplente del techo del inmueble, esta no será obligada a subdividirla.

10) Exportación

Para facilidades de prolongar la labor en Unreal Engine, se exportará el diseño usando la extensión “Datasmith” para alcanzar una forma de guardado “Unreal Datasmith”.

C. Empleo de VR en Unreal Engine

En el actual estudio se utilizó el software Unreal Engine versión 4.25 y el diseño anterior respectivo a la exportación del diseño en Autodesk Revit. De esta manera, se debe aprobar los siguientes requerimientos del computador a usar:

- Sistema operativo Windows 7 de 64 bits.
- Procesador Quad-core Intel o AMD, 2.5 GHz.
- Memoria RAM 8GB.
- Tarjeta de video 4GB VRAM.

1) Crear plantilla

Se creará una plantilla “Blank” a partir de la categoría de Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

2) Importación

Se activa el instrumento de “Datasmith” para designar el documento a importar, elaborado preliminarmente en Autodesk Revit.

3) Gestionar mobiliario

De múltiples páginas web, se descargaron mobiliarios para ser usados en los diferentes ambientes del departamento y se gestionaron en sus respectivas ubicaciones, escalas y rotación.

4) Cerciorar la disposición de mapa de luces

El mapa de luces de cada mueble es primordial, ya que, efectuará el suceso de sombras e iluminaciones respectivas; de no tenerlo, se tendrá que emplear otro elemento que sustituya al antepuesto (Ver Fig. 11).

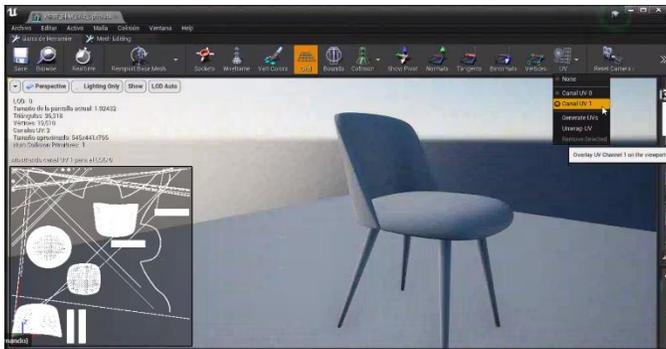


Fig. 11. Cerciorando la existencia de mapa de luces. Elaboración Propia.

5) Gestión de materiales y texturas

Lo conveniente es que, en la descarga de cada mueble, se encuentren sus propias texturas y materiales, ya que estos solo deberán ser insertados adecuadamente en la conformación de los parámetros del objeto (Ver Fig. 12).

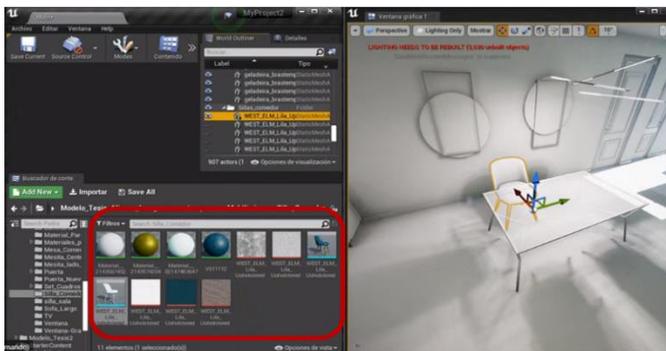


Fig. 12. Elementos para texturizar mobiliario. Elaboración Propia.

6) Gestión de iluminación

Según el modo en que se necesite alumbrar un ambiente, se puede establecer la “luz puntual” o “luz de foco”, estos se diferencian por su alcance. Sin embargo; de igual forma, se deben alterar los parámetros principales a beneficio del diseño, siendo estos la intensidad, atenuación, ángulo del cono y temperatura (Ver Fig. 13).

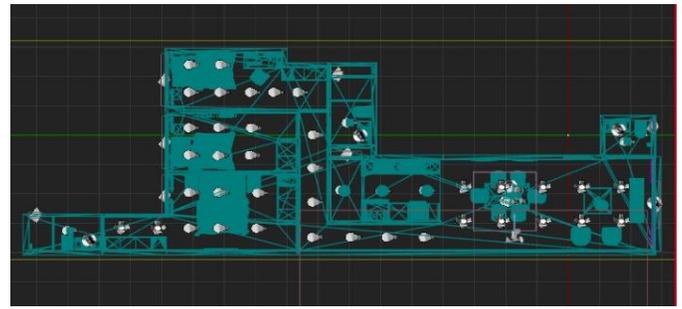


Fig. 13. Panorama de “luces puntuales” y “luces de foco” en el diseño. Elaboración Propia.

Cabe matizar la representación del “Lightmass” el cual provoca la luminosidad natural, es decir, la luz del sol; reduciéndola a un englobe cerrado del diseño, dejando penetrar por ventanas y tragaluces la luz exterior, con el apartado “Lightmass Portal”.

7) Postprocesos

- **Reflexiones:** Para muebles reflexivos, como espejos, se agregará el apartado de “Sphere Reflection” (Ver Fig. 14).
- **Luz Solar:** Para emitir las características de la luz natural, se cuenta con los apartados de “Directional Light”, para proporcionar color, ángulo y temperatura, y “Atmospheric Fog”, para adecuar difuminaciones.

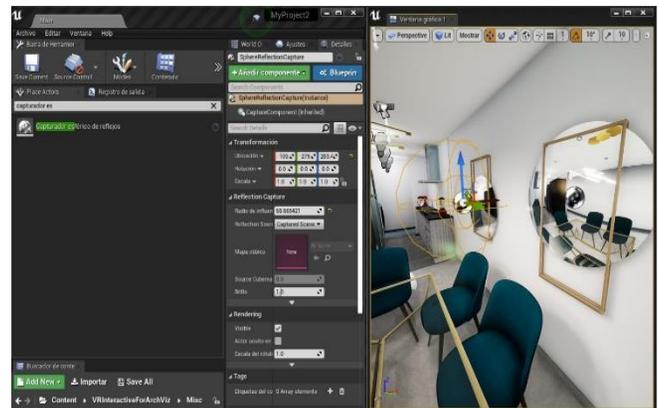


Fig. 14. “Sphere Reflection” en espejos. Elaboración Propia.

8) Gestión de la interacción

Con la aplicación de la extensión “VR Interactive For ArchViz”; se puede incorporar un personaje mediante el apartado “BP_PlayerStart”. Además, se gestiona la transportación a los múltiples ambientes con el apartado “BP_Location”. De la misma forma; programando a partir del apartado “Row Editor”, se puede facilitar el cambio de materiales de los objetos deseados, como pisos y paredes.

También, se programa la interacción con la luz de los ambientes, es decir, los focos, con el apartado “BP_Switch”; con ello se puede prender y apagar las luces eléctricas. Por último; con colaboración del “Directional Light” se crea una segunda escena, la cual representará la noche, solo con rotar la luz solar (Ver Fig. 15).

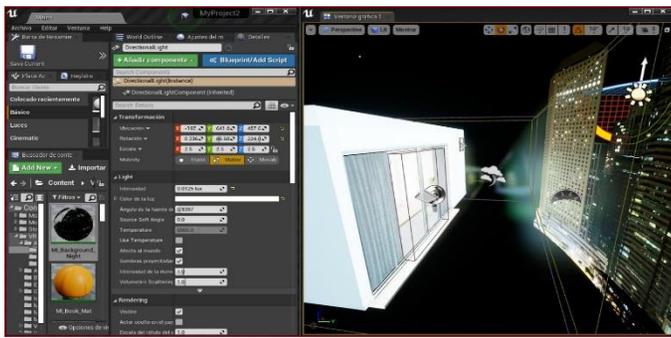


Fig. 15. Vista en periodo nocturno. Elaboración Propia.

9) Diseño Final para la Experiencia VR

A continuación; se observa el diseño final elaborado para vivir la experiencia VR (Ver Fig. 16).

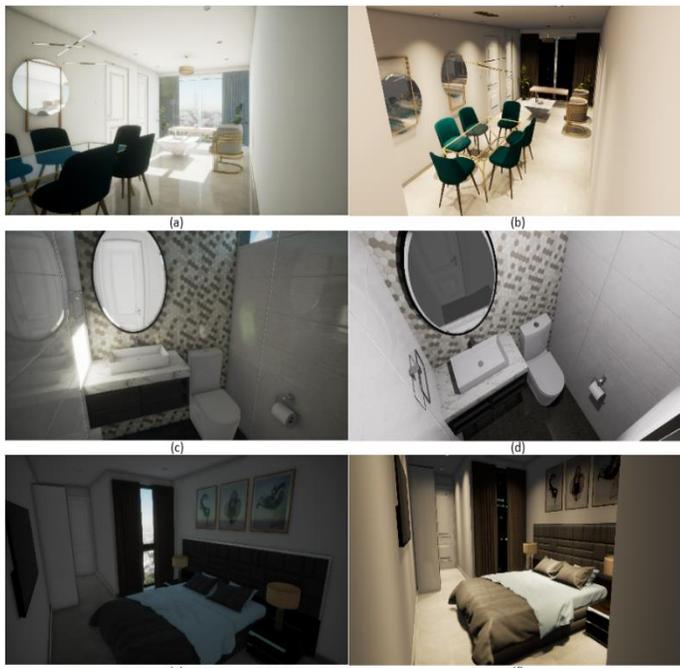


Fig. 16. Diseño final para la experiencia en VR a) Sala comedor de día. b) Sala comedor de noche. c) Baño de día. d) Baño de noche. e) Habitación Principal de día. f) Habitación Principal de noche. Elaboración Propia.

D. Empleo de AR en Unity

En el actual estudio se empleó el software Unity versión 2018.4.28f1, con ayuda de la extensión “Vuforia”, y el diseño antepuesto respectivo a la exportación del proyecto en Unreal.

1) Crear proyecto

Se creará a partir de una nueva plantilla en “3D”.

2) Activar la ayuda de Vuforia

En “Built Settings” se ajusta la plataforma, seleccionando trabajar con dispositivos Android, y en “Player Settings” se enciende la elección “Vuforia Augmented Reality”.

3) Crear el Disparador

Se configura la estampa que, al ser enfocada por la cámara del dispositivo móvil, mostrará el diseño en 3D; para este caso, se usó el logo de la inmobiliaria (Ver Fig. 17).



Fig. 17. Disparador: Logo inmobiliario. Elaboración Propia.

4) Importación

Se inserta el diseño antepuesto, desde el formato FBX exportado del software predecesor, sustrayendo los materiales para su conformación posterior.

5) Gestión de Materiales

Se suprime la losa superior, para adquirir la visualización de la división interior del departamento, y permitir formar la conformación de materiales y texturas de los muebles en este (Ver Fig. 18).

Sin embargo, se apela a no exceder con texturas a todos los elementos, ya que, a mayor magnitud de materiales, menos fluidez tendrá el funcionamiento visto desde el móvil. Asimismo; se procede a prender la iluminación de cada objeto con la alternativa “Lightmap Static”.

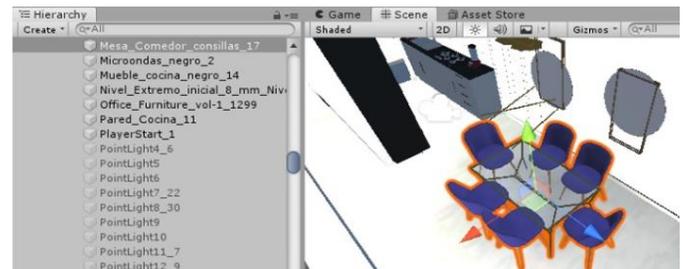


Fig. 18. Estructuración de materiales. Elaboración Propia.

6) Exportación

Como aplicativo móvil, se exporta el diseño de AR, resaltando la versión de Android necesaria para la aplicación y quedando lista para el establecimiento en el dispositivo.

7) Diseño Final para la Experiencia AR

A continuación; se observa el diseño final elaborado para vivir la experiencia AR, con enunciado sobrepuesto, como el nombre del proyecto, dirección y metraje (Ver Fig. 19).



Fig. 19. Diseño final para la experiencia en AR. Elaboración Propia.

VII. RESULTADOS

A. Experiencia Inmersiva de Realidad Virtual (VR)

1) Descarga Previa

Se descargará el software Unreal Engine para desplegar el empaquetado del diseño y, es indispensable, poseer unos lentes de realidad virtual.

2) Recorrido por el inmueble

Con los mandos de las gafas, y gestionando la dirección por la cual seguir un camino, basta para trasladarse dentro del inmueble diseñado. Del mismo modo, el consumidor puede moverse en el mundo virtual, simplemente, con circular en su mundo existente. De igual forma, se puede teletransportar, seleccionando cualquier ambiente colocado en el panel de control (Ver Fig. 20).



Fig. 20. Recorrido aplicando el panel de control. Elaboración Propia

3) Cambiar Horario de Escena

Si se desea percibir un ambiente en período de día o período de noche, basta con escoger el ícono del horario deseado en el panel de control (Ver Fig. 22).



Fig. 22. Cambio de horario. Elaboración Propia.

4) Interacción con Luz

Para percibir el mundo virtual, estando de noche, con la iluminación prendida o apagada; solo se procederá a seleccionar el botón de la luz, colocado en la pared; y, desde el panel de control, presionar el ícono de On/Off (Ver Fig. 21).

5) Interacción con Materiales de Acabados

Para alternar los materiales de acabado, se escoge la pared o piso deseado a alternar; en el tema de los muros, se debe precisar si se desea plasmar el cambio de carácter individual o agrupando todos los muros del propio ambiente, mediante el ícono referente en el panel de control; y decidir la tonalidad que gustaría visualizar en este, mediante su ícono acorde en la parte inferior del panel de control (Ver Fig. 21).

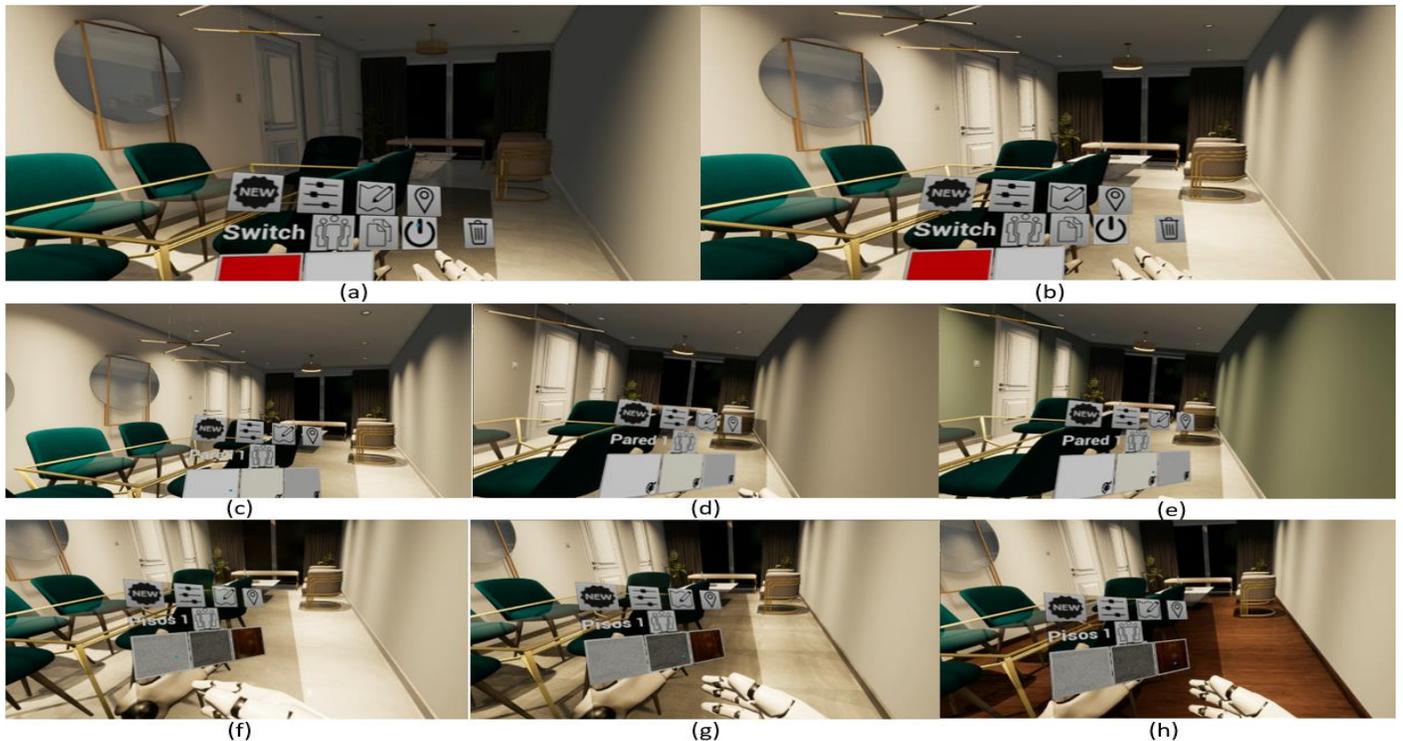


Fig. 21. Interacción a) Apagando luces. b) Encendiendo luces. c) Cambiando el color de la pared a "blanco humo". d) Cambiando el color de la pared a "gris neo". e) Cambiando el color de la pared a "verde tenis". f) Cambiando el color del piso a porcelanato claro. g) Cambiando el color del piso a porcelanato oscuro. h) Cambiando el color del piso a madera. Elaboración Propia.

B. Experiencia Interactiva de Realidad Aumentada (AR)

1) Incorporación

Se implanta, en el artefacto Android, el ejecutable del diseño en realidad aumentada.

2) Instalación

Con el artefacto configurado para receptor aplicaciones de desconocidos creadores, se coloca el adjunto dentro y se continua a instalar.

3) Identificación del Disparador

Se accede a la aplicación, permitiendo el empleo de la cámara, y se acerca hacia el disparador para su identificación; en esta circunstancia, es el logo de la inmobiliaria mostrado en un pliego. Para enfocar y observar a partir de diferentes ángulos el diseño, se procede a rotar el papel con el logo o, solo, rotar el aparato tecnológico (Ver Fig. 23).



Fig. 23. Disparador a) Logo inmobiliario impreso. b) Dispositivo rotando sobre el logo c) Diseño AR desde el dispositivo. Elaboración Propia.

C. Análisis de Resultados

Se continuó a profundizar, según los factores de visualización, nombrados en la opinión de especialistas, cada experiencia de manera autónoma (Ver Tabla II). Así; se logra valorar que, la experiencia VR consigue 3 de 4 requerimientos anhelados, mientras que la de AR genera 2 de 4; por lo cual, la de VR es un 25% más interactiva que la de AR.

TABLA II
ANALIZANDO LA APLICACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS

Factores de visualización más requeridos por los especialistas	Experiencia VR	Experiencia AR
Ubicación	NO	SI
Distribución de ambientes	SI	SI
Espacios y dimensiones	SI	NO
Acabados	SI	NO

D. Viabilidad Económica

Como complemento al respaldo de la utilización de dichas tecnologías beneficiosas, se estima su viabilidad económica en

contraste al método más interactivo usada actualmente, la cual es el departamento piloto.

Debido a las cotizaciones proporcionadas referentes al empleo de un departamento piloto, por empresas peruanas dedicadas a la aplicación de espacios arquitectónicos, se consiguió conocer un costo promedio por m². De la misma forma, gracias a la cotización de una empresa argentina dedicada a la aplicación de las herramientas tecnológicas mencionadas, se consiguió conocer un precio por m², que servirá de fundamento ante la comparación económica contra al departamento piloto.

Por resultante; se puede distinguir, en la Tabla III, que la diferenciación superó una variedad de casi el 69% por debajo del método tradicional. Por ende; se puede resaltar que, con la práctica de estas herramientas tecnológicas, se logra un acortamiento de costos en careo a los métodos tradicionales.

TABLA III
ANALIZANDO LA VIABILIDAD ECONÓMICA

Servicios	Total por m ²	Total promedio por m ²
Implementación de departamento piloto		\$ 177.33
Cotización de Arq Modularia	\$ 201.81	
Cotización de Arq Lab	\$ 152.85	
Implementación de realidad virtual y aumentada		\$ 55.46
Cotización de Sense Arq	\$ 55.46	
Reducción de Costos		-68.73 %

VIII. VALIDACIÓN

A. Validación Técnica

Dado que la experiencia VR demostró ser más interactiva que la AR, se demostrará un careo frente al método de venta más interactivo consumido actualmente; el departamento piloto; buscando confrontar las diversas funcionalidades de interacción que ambos pueden prometer (Ver Tabla IV).

Al rivalizar; se plasma que la experiencia VR cumple con un superior número de funcionalidades de interacción para el cliente final; por ende; se resalta que, con la aplicación de herramientas tecnológicas, se genera una mayor experiencia interactiva, en la preventa inmobiliaria para el consumidor, que con los métodos actuales; con ello, se afirma la contemplación de la obtención de mayor confianza para generar una toma de decisiones asertiva y segura por parte del cliente final.

TABLA IV
ANALIZANDO VIABILIDAD TÉCNICA

Funciones de interacción	Departamento Piloto	Experiencia VR
Libertad de desplazamiento por los ambientes del inmueble	SI	SI
Transportación automática a diferentes ambientes del inmueble	NO	SI
Cambiar de horario en tiempo real (Visualización del inmueble de día y noche)	NO	SI
Permitir encender y apagar luces del inmueble	SI	SI
Personalización en tiempo real (Visualización de cambios de materiales y texturas en pisos y paredes)	NO	SI
Vivir la experiencia desde cualquier lugar y momento	NO	SI

IX. CONCLUSIONES

En tiempos de cambio; en el sector AEC, se deja entrever la posibilidad de cambio, aplicando herramientas tecnológicas innovadoras para contrarrestar este impacto y fortalecer su velocidad de ventas; ya que, el más aplicado de estos es el departamento piloto, sin embargo, es el menos económico; al mismo tiempo, la conformidad del cliente final, en correspondencia con la interacción brindada, está contrastada por un nivel intermedio y este puede inclinarse a disminuir por las medidas adaptadas del tiempo de cambio.

Por lo tal; al usar las herramientas tecnológicas, como la realidad virtual y aumentada, se logra originar una experiencia única y diferente para el cliente final (usuario), dado a sus diversos beneficios, porque es un método de venta que difunde experiencias inmersivas e interacciones de carácter virtual, previniendo la movilización, y generando funcionalidades de personalización en el lapso real y otorgando el conocimiento de factores de visualización requeridos; como la ubicación, distribución de ambientes, los acabados, espacios y dimensiones a emplear en la propiedad mostrada; con una integración de ambas experiencias aplicada en un mismo proyecto.

De esta circunstancia; la confianza del cliente final, que pruebe las diferentes experiencias, incrementa y proporciona que su toma de decisiones se medite con superior convicción y se dé con mejor seguridad. De la misma forma; si bien el cambio se genera del período clave dado por el tiempo de cambio se insiste que el uso subsista, dado al gran provecho que contempla a la etapa de preventa de los proyectos inmobiliarios.

Finalmente; se aconseja, a partir de dicho estudio y experiencia, proseguir con la línea de investigación en el sector AEC, siendo una elección interactiva para acontecimientos como capacitaciones de trabajadores en actividades específicas relacionadas a los procesos constructivos y entre otros.

REFERENCIAS

- [1] McKinsey & Company (2017) Una apuesta en construcción: mayor productividad, menores riesgos. CAMACOL.
- [2] Plataforma del Estado Peruano (2020) Protocolo Sanitario del Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento para el inicio gradual e incremental de las actividades en la Reanudación de Actividades.
- [3] Herrera, J.A. (2013) Evaluación de Proyectos de Construcción: Primera Edición.
- [4] Uso de la tecnología será vital en el desarrollo de la construcción posterior al COVID-19 (2020) Revista Constructivo.
- [5] Bansal, V. (2020) Use of GIS to consider spatial aspects in construction planning process. International Journal of Construction Management, 20, 207 – 222 DOI: 10.1080/15623599.2018.1484845.
- [6] Hilfert, T. & König, M. (2016) Low-cost virtual reality environment for engineering and construction. Visualization in Engineering, 4 DOI: 10.1186/s40327-015-0031-5.
- [7] Liu, Y.; Castronovo, F.; Messner, J. & Leicht, R. (2020) Evaluating the Impact of Virtual Reality on Design Review Meetings. Journal of Computing in Civil Engineering, 34. DOI: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000856.
- [8] Lledó, P (2013) Director de proyectos: Cómo aprobar el examen PMP® sin morir en el intento. 2da ed., Columbia Británica, Canadá. Pablo Lledó.
- [9] Forrester Consulting (2020) Digital Experiences In The Physical World: Are AEC And Manufacturing Companies Ready For Real-Time 3D?
- [10] Orihuela, P.; Noel, M; Pacheco, S.; Orihuela, J.; Yaya, C. & Aguilar, R. (2019) Aplicación de las técnicas de realidad virtual y aumentada en el diseño y construcción de proyectos de edificación. Revista Costos, edición 301.
- [11] Saar, C.; Klufallah, M.; Kuppusamy, S.; Yusof, A.; Shien, L. & Han, W. (2019) Bim integration in augmented reality model. International Journal of Technology, 10, 1266 – 1275 DOI: 10.14716/ijtech.v10i7.3278.
- [12] Dinis, F.; Sanhudo, L.; Martins, J. & Ramos, N. (2020) Improving Project Communication in the Architecture, Engineering and Construction Industry: Coupling Virtual Reality and Laser Scanning. Journal of Building Engineering, 30 DOI: 10.1016/j.jobee.2020.101287.
- [13] Balali, V.; Zalavadia, A. & Heydarian, A. (2020) Real-Time Interaction and Cost Estimating within Immersive Virtual Environments. Journal of Construction Engineering and Management, 146 DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001752.
- [14] Fernández, C.; Hernández, R. & Baptista, P. (1991) Metodología De La Investigación. Edo. de México, México: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A.
- [15] Covid-19: Efectos en el sector inmobiliario (2020) Diario Gestión.
- [16] Tinsa Research (2020) Impacto del Covid-19 en el mercado inmobiliario. Tinsa Perú.
- [17] Plataforma del Estado Peruano (2020) Comunicado N° 005-2020: Sobre la ejecución de contratos, en el marco de las normas que establecen medidas excepcionales para contener la propagación del COVID-19.
- [18] Cómo avanza la reactivación de los proyectos inmobiliarios (2020) Diario El Comercio.