TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA
ARQUITECTURA

TESIS

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE RECORRIDOS VIRTUALES CON RENDERS 360°

Director: Mtra. Laura Isabel Guarneros Urbina
Revisor: Dr. José Luis Moctezuma Tejeda
Revisor: Mtro. Dante Ahuizotl Koh Romero
Alumno: Cruz Collí Alexis Guadalupe
Matricula: 21390884
Grado: Decimo Semestre
Fecha: 25/05/2026

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS ..... A
CAPÍTULO 1 1
Diseño de la Investigación 1
a) Planteamiento del Problema 1
b) Justificación de la Investigación 2
c) Objetivos del Trabajo 3
CAPÍTULO 2 4
Marco Teórico 4
a) Recorridos Virtuales 360° 4
b) Realidad Virtual y Arquitectura 20
c) Experiencia del Usuario (UX) en Espacios Virtuales 24
d) Software y Herramientas Para Recorridos Virtuales 50
e) Técnicas y Recursos de Renderizado 79
CAPÍTULO 3 92
Metodología Para el Diseño de una Propuesta Metodológica 92
CAPÍTULO 4 93
Análisis de Propuestas Metodológicas Existentes 93
a) Casos de Aplicación Nacionales e Internacionales de VR 360° 93
b) Análisis Comparativo de Metodologías Existentes 101
c) Conclusiones del Análisis 142
CAPÍTULO 5 147
Resultados 147
Propuesta Metodológica Para el Desarrollo de Recorridos Virtuales 360° 147
Fase 0: Entendimiento y Planeación de la Propuesta 147
Fase 1: Recolección de Información Técnica y Visual Para el Desarrollo de la Propuesta 170
Fase 2: Modelado Arquitectónico 3D 171
Fase 3: Ambientación y Acabado Visual 190
Fase 4: Diseño Final del Recorrido Virtual 211
Fase 5: Renderizado y Producción 360° 216
Fase 6: Postproducción de Renders 360° 225
Fase 7: Integración e Interactividad 230

Fase 8: Evaluación del Recorrido....239
CAPÍTULO 6....245
Aplicación de la Propuesta Metodológica....245
a) Descripción del Proyecto Arquitectónico Seleccionado....245
b) Aplicación Paso a Paso de la Metodología....245
Fase 0: Entendimiento y Planeación de la Propuesta.....245
Fase 1: Recolección de información técnica y visual para el desarrollo de la propuesta....271
Fase 2: Modelado arquitectónico 3D....273
Fase 3: Ambientación y acabado visual....295
Fase 5: Renderizado y producción 360°....310
Fase 6: Postproducción de renders 360°....317
Fase 8: Evaluación del recorrido....327
Conclusiones y Recomendaciones....328
a) Conclusiones Generales....328
b) Aportaciones de la Investigación....329
c) Limitaciones del Estudio....331
d) Recomendaciones para Futuras Investigaciones....332
Bibliografía....335
Referencias al Software Utilizado:....343
Anexos....344
Enlace Raíz:....344
Orden de carpetas:....344
Diagrama de la Metodología....345
Especificaciones Técnicas....346
Características Técnicas de OMEN Laptop 15-en0xxx.....346
Características Técnicas de PC de Escritorio.....346

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....20
Figura 2.....80
Figura 3.....81
Figura 4.....92
Figura 5.....173
Figura 6.....184
Figura 7.....186
Figura 8.....187
Figura 9.....188
Figura 10.....193
Figura 11.....194
Figura 12.....195
Figura 13.....197
Figura 14.....199
Figura 15.....202
Figura 16.....203
Figura 17.....204
Figura 18.....206
Figura 19.....207
Figura 20.....209
Figura 21.....213
Figura 22.....217
Figura 23.....218
Figura 24.....225
Figura 25.....226
Figura 26.....226
Figura 27.....227
Figura 28.....228
Figura 29.....229
Figura 30.....233
Figura 31.....234
Figura 32.....265
Figura 33.....273

Figura 34.....274
Figura 35.....276
Figura 36.....277
Figura 37.....278
Figura 38.....280
Figura 39.....281
Figura 40.....283
Figura 42.....286
Figura 43.....288
Figura 46.....296
Figura 47.....297
Figura 48.....298
Figura 49.....299
Figura 50.....300
Figura 51.....301
Figura 52.....302
Figura 53.....303
Figura 54.....304
Figura 55.....305
Figura 56.....305
Figura 57.....306
Figura 58.....310
Figura 59.....311
Figura 60.....312
Figura 61.....314
Figura 62.....316
Figura 63.....318
Figura 64.....319
Figura 65.....320
Figura 66.....321
Figura 67.....322
Figura 68.....323
Figura 69.....326
Figura 70.....345

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 18
Tabla 2 54
Tabla 3 55
Tabla 4 57
Tabla 5 63
Tabla 6 69
Tabla 7 71
Tabla 8 82
Tabla 9 87
Tabla 10 89
Tabla 11 93
Tabla 12 94
Tabla 13 95
Tabla 14 96
Tabla 15 97
Tabla 16 98
Tabla 17 100
Tabla 18 105
Tabla 19 118
Tabla 20 140
Tabla 21 141
Tabla 22 158
Tabla 23 158
Tabla 24 160
Tabla 25 161
Tabla 26 163
Tabla 27 165
Tabla 28 165
Tabla 29 167
Tabla 30 167
Tabla 31 168
Tabla 32 168

Tabla 33 170
Tabla 34 175
Tabla 35 176
Tabla 34 221
Tabla 36 258
Tabla 23 260
Tabla 37 261
Tabla 38 263
Tabla 39 267
Tabla 40 269
Tabla 32 270
Tabla 41 295

ABREVIATURAS

3D: Tridimensional / Three-dimensional.

AR: Realidad Aumentada / Augmented Reality.

FX: Efectos Especiales / Special Effects.

HDRI: Imagen de Alto Rango Dinámico / High Dynamic Rango Imagen.

IES: Sociedad de Ingeniería Iluminadora / Illuminating Engineering Society.

PBR: Renderizado Basado en Física / Physically Based Rendering.

POI: Punto de interés / Point of Interest

UI: Interfaz de Usuario / User Interface

UX: Experiencia del Usuario / User Experience.

VR: Realidad Virtual / Virtual Reality.

CAPÍTULO 1

Diseño de la Investigación

a) Planteamiento del Problema

En el contexto actual de la arquitectura, la representación de los proyectos ha experimentado una transformación significativa debido al avance de las tecnologías digitales. Tradicionalmente, los planos arquitectónicos, maquetas físicas y renderizados estáticos han sido los principales medios para comunicar el diseño; sin embargo, estos recursos presentan limitaciones para transmitir de manera integral la experiencia espacial de un proyecto arquitectónico, especialmente a usuarios sin formación técnica.

En los últimos años, los recorridos virtuales 360° han emergido como una alternativa que permite una visualización más inmersiva de los espacios arquitectónicos, facilitando la comprensión del diseño, la escala y la relación entre los distintos ambientes. No obstante, a pesar de su creciente uso en ámbitos como la comercialización inmobiliaria, la difusión cultural y la presentación de proyectos, su implementación dentro de los procesos académicos y profesionales de la arquitectura suele carecer de una metodología clara y sistematizada.

En el ámbito académico, esta situación se traduce en procesos de aprendizaje fragmentados, donde el estudiante utiliza herramientas digitales de una manera empírica, sin una guía estructurada que le permita comprender su integración dentro del proceso proyectual. Esto provoca un uso ineficiente del tiempo y los recursos debido a que gran parte del esfuerzo se destina a la experimentación técnica, en lugar de enfocarse en el desarrollo, análisis y mejora del proyecto arquitectónico.

De manera similar, en el ámbito profesional, la usencia de lineamientos metodológicos genera flujos de trabajo desarticulados, dependientes del conocimiento individual del diseñador

y de la experimentación con diferentes softwares, lo que genera resultados inconsistentes en términos de calidad visual, navegación y la experiencia del usuario en los recorridos virtuales.

Además, la falta de integración entre el análisis arquitectónico, el modelo tridimensional, la narrativa espacial y los aspectos técnicos de la visualización limita el potencial de los recorridos virtuales como herramienta de comunicación efectiva del diseño.

Por lo anterior, se identifica la necesidad de desarrollar una propuesta metodológica estructurada para el diseño y elaboración de recorridos virtuales 360° aplicados a proyectos arquitectónicos, que permita optimizar el uso del tiempo y los recursos, así como establecer un proceso lógico y fundamentado que facilite el aprendizaje del estudiante y mejore la calidad de la presentación y comunicación de los espacios arquitectónicos tanto en el ámbito académico como profesional.

b) Justificación de la Investigación

La investigación surge de la necesidad de optimizar los procesos de representación arquitectónica mediante la incorporación estructurada de recorridos virtuales 360° dentro de la formación y practica del arquitecto. Aunque estas herramientas digitales han incrementado su presencia en la visualización arquitectónica, su implementación suele realizarse de manera empírica, provocando procesos desorganizados, uso ineficiente del tiempo y un aprovechamiento limitado de los recursos tecnológicos.

En el ámbito académico, la ausencia de una metodología clara dificulta que el estudiante comprenda de manera lógica la integración de herramientas digitales dentro del proceso proyectual, destinando gran parte del tiempo a la experimentación técnica en lugar de enfocarse en el análisis, desarrollo y mejora del proyecto arquitectónico. Por ello, esta investigación busca proponer una metodología estructurada que facilite el aprendizaje, fortalezca la comprensión

espacial y mejore la comunicación arquitectónica mediante un flujo de trabajo más eficiente y fundamentado.

Desde una perspectiva tecnológica y profesional, la propuesta promueve el uso consiente y organizado de herramientas digitales, integrándolas como parte del proceso de diseño y no únicamente como recursos de representación final, esto permite organizar tiempos de producción, la mejora visual y fortalecer la comunicación del proyecto arquitectónico ante clientes, usuarios y equipos multidisciplinarios.

Finalmente, desde un enfoque social y cultural, los recorridos virtuales 360° favorecen una compresión más accesible e inmersiva de los espacios arquitectónicos, permitiendo una comunicación más incluyente del entorno construido y contribuyendo a la difusión y valoración de la arquitectura mediante herramientas digitales.

c) Objetivos del Trabajo

Objetivo general:

Desarrollar una propuesta metodológica para el diseño y elaboración de recorridos virtuales (RV) 360° a partir de renders panorámicos.

Objetivos específicos:

1. Comparar los antecedentes existentes documentados para el desarrollo de recorridos 360°
2. Identificar las características de los RV 360°
3. Determinar las etapas base de los RV 360°
4. Identificar vacíos de las propuestas metodológicas existentes

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

a) Recorridos Virtuales 360°

- Definición.

- Realidad virtual

Como primera definición que se debe abordar antes de llegar a lo que significa “recorridos virtuales 360°”. Es precisamente que es una VR (Realidad virtual).

Para la VR (Realidad Virtual), Levis, D. (2006) sostiene que:

Para poder ser considerado de realidad virtual debe ser capaz de generar digitalmente un entorno tridimensional en que el usuario se sienta presente y en el cual pueda interactuar intuitivamente y en “tiempo real” con los objetos que encuentre dentro de él (p.5).

Otra perspectiva que se presenta sobre la; “Realidad virtual (VR) es la simulación de un ambiente real o imaginario que puede ser experimentado en 3 dimensiones, proporcionando una experiencia interactiva completa en tiempo real con video, sonido e incluso retroalimentación táctil” (Carbajal et al., 2006, p.12).

Se entiende de esta manera que la realidad virtual es vista como un entorno computarizado o simulado por computadora de un entorno real o ficticio, pero donde la unión es la interacción, la capacidad de generar en el usuario la sensación de estar en un sitio virtual.

Incluso a pesar de tratarse de una visión del VR del año 2006, se tiene presente la complejidad que tiene el poder llevar acabo un entorno virtual, no solo entendiéndose como un

movimiento de unos y ceros, sino como un proceso complejo, lleno de pasos pequeños que terminan generando un entorno virtual.

Carbajal et al. (2006) señala que todo sistema de realidad virtual debe realizar diversas funciones básicas, entre las que se incluyen el cálculo de estructuras de datos, dimensiones, texturas y sombreado de los objetos virtuales; el seguimiento y actualización de su localización y apariencia; la simulación de su comportamiento; el renderizado del entorno en tres dimensiones; la generación de sonido; así como la navegación e interacción del usuario dentro del entorno, todo ello en tiempo real (30 imágenes por segundo). (p.12).

A pesar de ser una visión del VR del 2006 no está muy alejado del VR actual en 2026, dos décadas después, el comportamiento es muy similar, lo que probablemente cambia son los recursos actuales, hoy en día contamos con procesadores y tarjetas de video dedicadas con mayor potencia, aun con eso, entre más potencia tenemos, el usuario empuja más las posibilidades gráficas, ejemplos de estos mundos inmersivos se presentan en los videojuegos, aunque estos ya se salen del camino de la representación meramente arquitectónica y de la exposición de espacios.

Otro autor menciona que, “La tecnología de Realidad Virtual consiste en la inmersión del usuario en un mundo completamente sintético generado por ordenador, en el que sus sentidos dejan de percibir el mundo real, sumergiendo al usuario en un entorno alternativo” (Innovae, 2025). Aun con esto el autor mantiene una constante que se relaciona con el autor Levis, D. y es la interactividad. No solo se presenta como imágenes de alta resolución, sino como una forma de escape del mundo real donde la mente puede verse confundida por sus sentidos, claro está que el principal sentido que entra en juego es la vista, es por ello que se necesita de herramientas que faciliten este traslado al mundo virtual.

“Para disfrutar de una experiencia de realidad virtual se necesitan unas gafas especiales. Estas gafas pueden estar conectadas a un ordenador, ser totalmente portátiles o necesitar que se inserte un teléfono móvil dentro de la gafa” (Innovae, 2025).

Si bien se mencionan las gafas como podrían ser los metaquest, esta no representa la única manera que existe hoy en día para observar estos entornos virtuales, ya que estos pueden crearse a partir de fotografías o imágenes, esto evita correr en tiempo real un entorno completo creado virtualmente.

“Las imágenes de la realidad virtual se pueden construir a partir de fotografías o películas de lugares reales, o bien se pueden generar en su totalidad por computadora (CGI por sus siglas en inglés)” (Adobe Substance 3D, 2026).

Si se abordan otras definiciones de VR, estas son distintas según el autor, como es la siguiente;

Para Ken Perlin (Director del Media Research Laboratory en New York University) la VR es lo siguiente (Gauthier, 2005 citado por Martínez, 2011):

Cuando accedo a un espacio virtual lo más importante para mí es tener la sensación de estar accediendo a un mundo que me afectará emocionalmente y en el que me puedo sumergir. Y cuando es así, me maravillo, como si fuera un niño (pág. 6).

Otra manera de observarlo es la de Miro Kirov, escultor y artista 3D de origen búlgaro, menciono lo siguiente:

“Lo primero que hago es mirar el suelo que piso. Si el mundo es una simulación, nuestro entorno virtual es nuestra realidad. Pensar que el mundo es una expresión abstracta tridimensional flotando en el espacio es, simplemente, una opción más” (ídem citado por Martínez, 2011, pág. 6).

Lo que interpreto de Miro Kirov además de ser una alegoría a la posible teoría de vivir en algo como la película Matrix, es que la realidad virtual o computarizada debe ser capaz de sumergirnos en ella, ser capaz de perdernos en ella y hacer que nuestros sentidos logren pensar que estamos en un nuevo mundo ya sea del mundo real o de un mundo totalmente imaginario.

A pesar de las hermosas posibilidades que nos ofrecen los recorridos virtuales, existe una problemática de optimización que se presenta en la actualidad y es la falta de optimización que se da al desarrollo hoy en día, entre más nos acercamos a mayores procesadores y tarjetas gráficas, todo el desarrollo detrás de la creación de un entono virtual como es un videojuego se deja a expensas de esta potencia de las máquinas, dejando a un lado la optimización del código, el modelado 3D, texturizado, etc. Sin embargo, esto es contraproducente generando más perdidas al ejecutar el modelo y correrlo en tiempo real.

La manera más cercana de ver este comportamiento de la falta de optimización se observa en el sector de videojuegos, aquí, páginas de noticias sobre videojuegos observan comportamientos similares en muchos estudios dedicados a este medio de entretenimiento ya que solo buscan priorizar tiempos de desarrollo cortos y ganancias rápidas.

“La optimización implica ajustar factores como texturas, sombras y efectos de iluminación para que los juegos se ejecuten sin problemas en una amplia variedad de dispositivos” (Tomás & Tomás, 2025).

Sin aun dar en detalles es útil conocer el comportamiento del mercado actual y como emplear equivocadamente las tecnologías terminan generando malos resultados y malas experiencias al usuario.

- Entornos inmersivos

En los entornos inmersivos, más específicamente de recorridos virtuales (VR) se tiene presente una característica única de los VR, Elbert et al. (2023) señala lo siguiente:

RV es típicamente una experiencia más inmersiva, que involucra manipulaciones e interacciones con objetos virtuales dentro de un entorno completamente virtual. La diferencia básica entre la realidad aumentada y la virtual es que, con RA, la información virtual se superpone en un mundo real, mientras que, en RV, el entorno se simula por completo (Bojórquez, 2022).

Con la definición dada con anterioridad, se delimita que el uso de renders 360° pertenece estrictamente al campo de la realidad virtual (VR), debido a que se busca la sustitución completa del entorno real del usuario por un escenario artificial (digitalizado).

Ahora bien, en el mundo de los recorridos virtuales (VR), el entorno forma parte de este recorrido, es el espacio que uno observa y donde se puede navegar.

De acuerdo con Acuña (citado de Diaz-Colón & Ereú-Ledezma, 2024) define el aprendizaje inmersivo como un proceso que ocurre dentro de un entorno digital interactivo, generalmente a través de tecnología de realidad virtual.

Interpretando la definición de Acuña, los entornos inmersivos representan escenarios digitales interactivos, siendo capaces de imitar la realidad con un alto grado de fidelidad. En este

sentido, el desarrollo de recorridos virtuales mediante renders 360° no solo exige el dominio técnico de la herramienta, sino una planificación metodológica orientada a optimizar la experiencia en estos entornos virtuales inmersivos. De esta manera al ofrecer un entorno inmersivo a través de renders 360°, este tipo de recorridos digitales se vuelven de mayor valor a una simple galería de imágenes estáticas 2D.

Por otro lado, según el artículo de Gomez-Tone et al. (2021):

La realidad virtual inmersiva, a través de la dimensión visual de la percepción, combinada con la retroalimentación de la interactividad, puede ser útil para generar inmersión, entendida como la sensación de estar presente, incluso mientras uno mantiene la conciencia de que solo es un modelo digital (Hermund et al., 2017).

Con la perspectiva que ofrece Hermund et al., (2017) se puede interpretar que la inmersión no es solo visual, sino también un fenómeno psicológico de “sentirse presente” en un lugar digital., con esto en mente se puede observar como el uso y la implementación correcta de un VR como lo es a través de renders 360° logra que el cliente “se sienta allí” antes de que el proyecto esté o no construido.

- Recorridos virtuales 360°

Desde una perspectiva de métodos tradicionales de representación arquitectónica, según el artículo de Gomez-Tone et al. (2021) menciona lo siguiente:

En la educación universitaria, especialmente en el campo del diseño de espacios arquitectónicos, ha habido resistencia al cambio en sus enfoques y métodos pedagógicos (Nisha, 2019). En el aprendizaje clásico del espacio que ocurre en talleres, se utilizan dibujos, maquetas

y modelos tridimensionales para entender el espacio y aprender a percibirlo. Sin embargo, estas formas de aprender la percepción del espacio son alocéntricas (en tercera persona) y no permiten experimentar el espacio tal como es, como sucede con el aprendizaje egocéntrico, es decir, cuando una persona aprende en primera persona viviendo y experimentando los espacios arquitectónicos.

Los mismos autores del artículo señalan lo siguiente:

“La percepción de un espacio tiene que ver con la relación del cuerpo con el entorno” (Gomez-Tone et al., 2021).

Esta conjetura la fundamentan los autores con la definición de Fieandt et al., (2007), el menciona que la percepción se trata de un proceso que hace que una persona sea consciente de la posición relativa de su propio cuerpo respecto a las cosas que lo rodean y sus relaciones con ellas en términos de distancias, tamaños y orientación.

Abordando la definición que nos ofrece Gomez-Tone et al. (2021), se puede extrapolar a los renders 2D y panorámicas, donde los renders estáticos o 2D ofrecen una perspectiva alocéntrica, mientras que el uso de renders panorámicos en un recorrido virtual 360° permite un aprendizaje y percepción egocéntrica, de esta manera el usuario puede “vivir” el espacio midiendo distancias, tamaños y orientaciones con su propio cuerpo simulado.

Reforzando el uso de las VR como medio pedagógico y comunicativo, Elbert et al., (2023) señala lo siguiente:

“desde hace mucho tiempo se ha podido observar el trabajo de diseño de un sinnúmero de objetos, aparatos, equipos de distintas funcionalidades…estas tecnologías ya sean virtual o

aumentada han mejorado el proceso y comprensión en las metodologías de enseñanza y aprendizaje" (p.75).

De este modo se puede ver como en la educación general estas herramientas mejoran la comprensión de materias complejas, en la arquitectura un recorrido virtual actúa como un canal que "mejora el proceso y comprensión" del espacio por parte de un cliente, estudiante o evaluador.

Por otro lado, uno de los conceptos de "recorrido virtual 360°" lo presenta Perspektiva 360 (2026), este señala:

Se trata de una herramienta digital que permite la representación interactiva de espacios reales mediante el uso de imágenes panorámicas o tecnologías de modelado tridimensional. A través de estos recursos, el usuario puede desplazarse visualmente dentro del entorno, explorar diferentes áreas y observar el espacio desde diferentes perspectivas, generando así una experiencia inmersiva similar a una visita física. Este tipo de tecnologías se emplea ampliamente en ámbitos como la promoción de espacios, el turismo, la educación y el sector inmobiliario, que facilita el acceso remoto a distintos lugares y proporcionan una mejor comprensión espacial de los lugares.

Desde la perspectiva abordada en el artículo "State-of-the-art in 360° Video/Image Processing: Perception, Assessment and Compression" de Li et al. (2019), menciona que:

Al ver videos o imágenes en 360°, los usuarios tienen un campo de visión panorámico omnidireccional, y pueden decidir libremente hacia donde mirar en cada momento usando cascos de realidad virtual o girando las pantallas de sus smartphones o tablets.

Gracias a esta aportación, un recorrido virtual 360° se puede entender como una experiencia donde el usuario posee un campo de visión omnidireccional panorámico y donde se posee la libertad de determinar la dirección de la mirada en el momento que el usuario lo desee. Esto diferencia el recorrido virtual de un video común o una animación renderizada tradicional, ya que traslada el control de la visualización arquitectónica directamente al usuario.

- Características Principales.

El articulo “Perceived Sensations in Architectural Spaces through Immersive Virtual Reality” de Gomez-Tone et al. (2021) menciona una serie de características importantes de los recorridos virtuales, el siguiente texto es la traducción del fragmento tomado;

Los estudiantes consideran que las características de accesibilidad, la escala real del espacio y la posibilidad de recorrerlo y mirar en todas las direcciones son las que han dado más realismo a la experiencia y, por lo tanto, mejor percepción del espacio, mientras que las características de luz natural y sombras, materiales de construcción y entorno exterior han sido menos valoradas en el realismo de la experiencia. (p.71)

En este fragmento se aprecia como los autores demuestran que para el usuario es más importante la escala real y la libertad de mirar en todas las direcciones (como un VR 360°) más allá del hiperrealismo en los materiales, de igual manera, el estudio concluye que la experimentación sensorial en espacios arquitectónicos modelados de manera realista en entornos virtuales permite la percepción de sensaciones muy similares a las que el arquitecto busca transmitir inicialmente.

De esta manera observando lo mencionado en el artículo anterior, las características que se observan en un VR son:

Escala real o 1:1 complementado con el poder recorrer y observar en todas las direcciones son los factores esenciales para ofrecer una mejor percepción del espacio.

Aun con estas características principales, no se pueden abandonar las características propias del modelado que ya se aborda desde la escala, sino también desde la calidad poligonal de este y la texturización del modelo, estas características fusionado con las sombras, luces y reflejos se termina complementando una imagen más clara que ayuda a la inmersión de los VR.

El articulo “State-of-the-art in 360° Video/Image Processing: Perception, Assessment and Compression” de Li et al. (2019), aborda una característica importante de los recorridos virtuales 360°, señala lo siguiente:

El video/imagen 360° es omnidireccional, que típicamente se almacena en el formato ERP (Proyección Equirectangular), este mapea la superficie esférica a un rectángulo plano donde las coordenadas horizontales y verticales corresponden linealmente a la longitud y latitud, respectivamente.

Esto que aborda el artículo es una de las características fundamentales del render 360° o panorámico: la Proyección Equirectangular (ERP), este explica como una superficie esférica llega a ser bidimensional, mismo recurso que posteriormente será cargado para generar el recorrido virtual.

Otra característica esencial de los recorridos virtuales 360° que aborda el articulo mencionado anteriormente es el siguiente:

En cada instante del tiempo, solo se muestra a los usuarios una parte de la escena de 360°, llamada “ventana de visualización”. La ventana de visualización se determina por el campo de visión (FoV) de los dispositivos de pantalla y el movimiento de la cabeza de los usuarios.

Esta característica es crítica a la hora de “previsualizar” cada vista o render, es decir, la ventana de visualización, es la proporción real del render 360° que el usuario observa en su pantalla o gafas en el momento dado, esto provoca que cada vista sea configurada correctamente ante encuadre y u orientación de arranque de la cámara del render, esto para asegurar que el primer viewport que reciba el usuario muestre el área arquitectónica más atractiva o importante del proyecto.

Como punto adicional, si bien, se han estado abordando las perspectivas de recorrido virtual, video o render panorámico o 360°, se pueden entender de la siguiente manera según sus términos en inglés;

Rodríguez et al. (2025) menciona que los términos "virtual tour", "3D tour" y "360 tour" suelen usarse indistintamente, pero tienen significados distintos. Una visita virtual ofrece una experiencia en la que los usuarios pueden explorar un lugar o entorno específico utilizando tecnología virtual. En cambio, un tour 3D se refiere a una simulación interactiva dentro de un entorno tridimensional generado por ordenador. En esencia, un "tour virtual" abarca una exploración totalmente inmersiva de un lugar, mientras que un "tour 3D" enfatiza la representación digital tridimensional, y un "tour 360" se centra en ofrecer una vista panorámica de 360° del entorno.

Además, los términos "360 tour" y "360 video" se entienden del siguiente modo. Tour 360 es una experiencia interactiva en la que los usuarios pueden explorar un entorno o lugar específico a través de vistas de 360°, permitiéndoles navegar en distintas direcciones y elegir su

propio camino. En cambio, un vídeo 360 permite al espectador ajustar su perspectiva y ángulo de visión para explorar diferentes partes de la escena grabada, pero no permite cambiar la trayectoria.

- Tipologías.

Siguiendo con el autor Levis, menciona que existen 3 formas básicas en las que se presenta las VR, el autor Levis proporciona estos 3 tipos de manera más clásica, es decir, se tratan de 3 tipos de recorridos virtuales más comunes y donde se pueden asumir varios aspectos intrínsecos como son la navegación, la interacción y la estructura del recorrido.

Según Levis, D. (2006); existen tres fases o estados de la realidad virtual.

Pasivo: Estos son entornos inmersivos no interactivos. Es un entorno virtual en el cual podemos ver y oír y quizás sentir lo que sucede. El entorno puede moverse lo que da sensación de movimiento, pero no es posible controlar el movimiento. En sentido estricto se trata de una pseudo-realidad virtual.

Exploratorio: Son sistemas que permiten desplazarse por un entorno virtual para explorarlo, este presenta un salto en cuanto a funcionalidad. Es el estado habitual de los paseos arquitectónicos y de las obras de arte virtuales.

Interactivo: Un sistema virtual interactivo permite experimentar y explorar el entorno y, además, modificarlo. Un verdadero sistema de realidad virtual debe ser interactivo (pág.6).

Ahora bien, la investigación de Rodríguez et al. (2025) no propone una tipología como tal, sino que realiza una revisión de los recorridos 360°, el estudio los analiza desde sus aplicaciones,

tecnologías, evolución y ámbito de uso, de esta manera se puede inferir en las tipologías que propone, según criterios, como son la tecnología, el contenido, el medio de creación, el nivel de interacción o su finalidad.

Según la tecnología: este criterio considera si se presenta en recorridos 360°, recorridos 3D, recorridos de realidad virtual (VR). Este criterio lo abordan en el significado de los términos "virtual tour", "3D tour" y "360 tour", además de "360 tour" y "360 video".

Según el medio de creación: este criterio aborda el software que se utiliza como software de PC, móviles o de plataformas web.

Rodríguez et al. (2025) menciona lo siguiente:

Después de crear las imágenes 360, se necesitan programas o aplicaciones para ensamblarlas en recorridos interactivos…existen diferentes programas, aplicaciones para smartphones y herramientas en línea disponibles para crear estos recorridos inmersivos.

El software ampliamente usado incluye 3DVista, Pano2VR, HoloBuilder, Mozilla Hubs, Cupix, Unity, Panotour pro, VPix Virtual Tour Creator, Garden Gnome Pano2VR, Tourweaver, Marzipano, 360 VR Studio y krpano, entre otros.

Además, para crear imágenes en 360 usando un teléfono inteligente, es necesario seleccionar una aplicación adecuada. La mayoría de estas aplicaciones funcionan con un principio similar: después de capturar una serie de imágenes, la aplicación las une para formar una sola imagen en 360. Además, algunas aplicaciones ofrecen herramientas de edición para ajustar la imagen, y muchas proporcionan opciones para compartir o subir la imagen en 360 a las redes sociales.

Según el nivel de interacción: este criterio aborda el tipo de interacción que se aplicara al recorrido virtual, es decir, si es por hotspots, multimedia, mapas, puntos de interés y navegación por escenas.

“Un usuario puede navegar por el tour usando un teléfono inteligente, tableta o computadora, mediante los ‘hotspots’. Estos son elementos para navegar a diferentes áreas o acceder a información adicional”. (Rodríguez et al., 2025)

Según su finalidad: este criterio considera la aplicación del recorrido virtual, es decir, la aplicación se puede abordar desde la educación, cultura, turismo u otros. Así como el impacto que estos recorridos pueden presentar en cada aplicación.

El estudio abordo una producción científica anual donde los temas se dividieron en educación, cultura, turismo y otros.

El estudio muestra una proporción de publicaciones mostrada del 44,2 % para educación, 15,6 % para cultura, 13,4 % para turismo y 26,8 % para otros.

Además, señalan que, aunque tanto las aplicaciones culturales como las turísticas de los recorridos 360 usan tecnología similar... sus propósitos e impactos son significativamente diferentes.

En sí, el estudio de Rodríguez, Lamas y Castro-Santos (2025) no propone una tipología de manera explícita, sin embargo, el análisis de sus revisiones permite identificar criterios de clasificación. Un punto importante que se observa en este estudio es el cómo se utiliza el recorrido virtual, es decir, el estudio abarca continuamente la finalidad del recorrido virtual y como

este dicta el comportamiento del mismo, se puede llegar a concluir en este estudio que la tipología que llega a ofrecer se saba en la finalidad o ámbito de aplicación.

Por otro lado, el estudio de Argyriou, Economou, & Bouki (2020) se basa en videos inmersivos de 360°, sin embargo, este estudio igualmente no menciona una tipología explícitamente, sin embargo, si desarrolla una categorización metodológica de tareas y técnicas de diseño para aplicaciones inmersivas de video 360°. Visto desde otro modo, la clasificación no recae en los recorridos virtuales, sino en los componentes que se deben diseñar para poder construirlos.

Argyriou et al. (2020) menciona al inicio lo siguiente; El estudio presentado en este artículo analiza cinco aspectos clave del diseño que se deben considerar al crear experiencias interactivas de video inmersivo: la narrativa, las escenas virtuales a capturar, el papel de los actores, la navegación y el diseño gamificado. (p.3) Estos aspectos estructuran la metodología planteada por los autores y sirven como referencia para el desarrollo de recorridos virtuales inmersivos.

Tabla 1

Dimensiones del Diseño Para Aplicaciones de Recorridos Virtuales Inmersivos Basadas en Video 360°, Adaptada de Argyriou, Economou, & Bouki (2020)

Dimensión de diseño	Descripción (síntesis)
Diseño narrativo (Narrative design)	Define la estructura de la historia, la secuencia de acontecimientos y la forma en que se desarrolla la experiencia inmersiva para mantener el interés del usuario.
Diseño de escenas virtuales (Virtual scenes desgn)	Establece como deben capturarse y organizarse las escenas, los puntos de interés y los recursos visuales que conforman el recorrido.
Diseño del rol de los actores (Actors role design)	Determina la función de los personajes o guías dentro de la experiencia para orientar, comunicar información o apoyar la narrativa.

Dimensión de diseño	Descripción (síntesis)
Diseño de navegación (Navigation design)	Define la forma en que el usuario se desplaza entre las escenas, explora el entorno y recibe retroalimentación durante la interacción.
Diseño gamificado (Gamified design)	Incorpora elementos propios de la gamificación para incrementar la motivación, la participación y el compromiso del usuario durante el recorrido.

Nota. Elaboración propia con base en la Tabla 6 (Design guidelines for 360° immersive video applications) Argyriou, Economou, & Bouki (2020).

En contraste con las 3 bases de las tipologías de recorridos virtuales, el primero de Levis, D. (2006), se puede apreciar más como la presentación de tipologías más sencillas o simplistas, donde los aspectos del recorrido virtual se limitan a lo observabable, es decir, el recorrido virtual en su mera concepción del 3D, la interacción posible dentro de él y la forma de desplazamiento en el recorrido virtual, si bien, estas tipologías son sencillas o reduccionistas, terminan siendo las más fáciles de comprender, por otro lado, los estudio de Rodríguez et al. (2025) y Argyriou et al. (2020) ofrecen un abanico mayor de opciones para considerar “tipologías” y es en este término donde no se llegan a clasificar, debido a que el estudio de Rodríguez et al. (2025) aporta más una clasificación por ámbito de aplicación de los recorridos virtuales, como puede ser en la educación, la cultura, el turismo u otros, en paralelo, Argyriou et al. (2020) aporta cinco dimensiones de diseño, donde si bien se aborda como videos 360°, no necesariamente se puede cerrar a estos, ya que las dimensiones abarcan puntos que van desde la narrativa, las escenas y los actores, mismo que determinaran la navegación y la gamificación, puntos que se pueden considerar a la hora de precisamente, diseñar, un recorrido 360° sea en formato e video o estático como lo puede ser un render o fotografía.

Como se puede observar, los últimos 2 estudios terminan ofreciendo una mejor manera de observar un recorrido virtual y no solo cerrase al entendimiento del desplazamiento del usuario final en el entorno virtual.

b) Realidad Virtual y Arquitectura

- Conceptos Básicos de Realidad Virtual y Realidad Aumentada.

Cuando la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR) se unen en el ámbito de la arquitectura, estas tecnologías permiten visualizar y explorar espacios digitales desde distintos tipos de inmersión e interacción.

En primer lugar, se debe aclarar esta barrera entre estas 2 tecnologías.

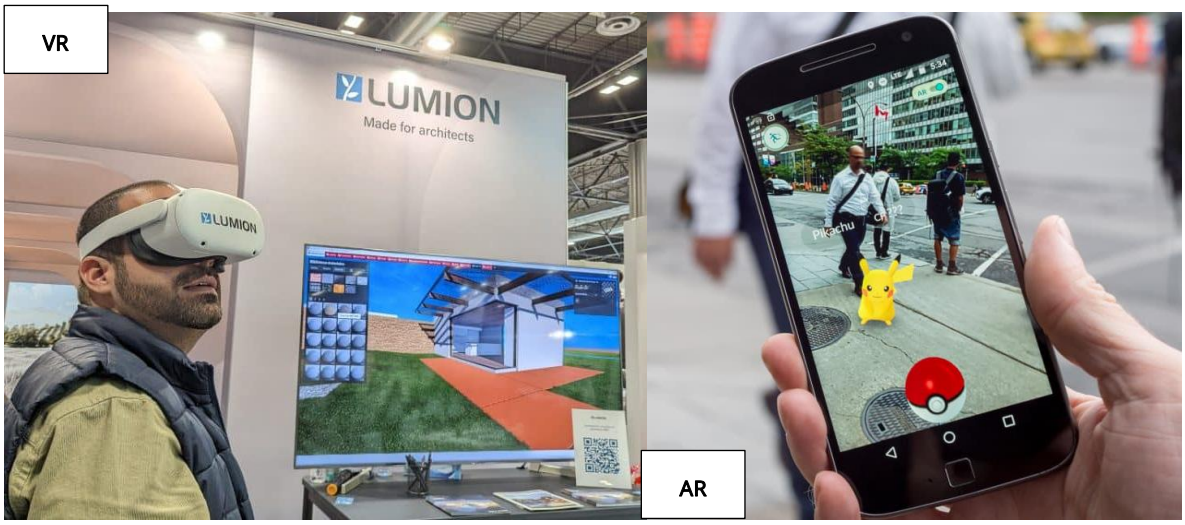
La realidad virtual (VR), se tratan de entornos elaborados completamente de manera digital, por computadora y son meramente estos espacios virtuales con los que el usuario tendrá alguna interacción.

Mientras, la realidad aumentada (AR), se trata de una superposición de elementos digitales en el entorno real gracias a dispositivos que permiten esta combinación.

"La realidad aumentada permite la combinación del entorno físico y real con información del entorno virtual, esto con el fin de modificar la percepción física del usuario" (Bello, 2017).

Figura 1

Ejemplificación de VR y un AR



Nota. Imágenes adaptadas de; imagen VR: https://acortar.link/NGLJnJ; imagen AR: https://acortar.link/bgfzKT

- Aplicaciones en Diseño, Presentación y Difusión Arquitectónica.

Diseño arquitectónico:

En el ámbito del diseño arquitectónico, el empleo de la Realidad Virtual (VR) se presenta como una herramienta útil durante las etapas iniciales y conceptuales del proyecto. Según Kreutzberg (2018) el uso de panoramas 360° a baja resolución durante el proceso de diseño permite verificar y calificar las decisiones proyectuales. De igual manera Kreutzberg aborda la ficción de diseño (Design Fiction), esto como forma de facilitar la conceptualización de escenarios y espacios complejos mediante la escenificación inmersiva.

A nivel técnico e incluso metodológico se aborda el uso de cube maps y los renders de prueba tempranos como determinantes para la selección y ajuste de la iluminación en el espacio, de esta manera se logra probar iterativamente la posición, orientación y efecto de luminarias a escala 1:1 desde distintos puntos de vista, así como balancear la luz directa, reflejada y sombras. En esencia, el uso de las VR en el diseño arquitectónico radica en su rápida generación de renders preliminares que permiten evaluar, ajustar y depurar la composición espacial y las cualidades lumínicas del espacio de manera ágil antes de la presentación final del proyecto.

Por otro lado, los autores Lee et al. (2023) en su estudio de “Realidad virtual aumentada y visualización espacial 360 para apoyar el diseño con participación del usuario”, abordan el proceso del diseño arquitectónico con la integración de tecnologías inmersivas como la Realidad Virtual (VR) y la visualización espacial panorámica en 360°, ya que estas tecnologías son utilizadas como herramienta fundamental para la toma de decisiones proyectuales y la evaluación de alternativas de diseño.

Ahora, visto desde una perspectiva colaborativa se señala que la involucración activa y la revisión directa de las propuestas entre usuarios y clientes durante la fase de diseño incrementa la calidad del resultado final, de igual manera esto ayuda a obtener una mayor satisfacción del usuario y de eficiencia económica debido a que las modificaciones posteriores a la etapa de construcción resultan altamente costosas o complejas de ejecutar. Ahora bien, el estudio menciona que ante las limitaciones de los medios tradicionales de representación gráfica, la Realidad Virtual permite experimentar los espacios y alternativas de remodelación a escala y de manera intuitiva, además visto desde la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción, las tecnologías VR se utilizan para la revisión del diseño, la simulación del comportamiento de los ocupantes y la comparación inmersiva de respuestas estéticas y funcionales ante estímulos del entorno como la iluminación, la textura y la materialidad del espacio.

Presentación de proyectos:

En el contexto de la presentación de proyectos arquitectónicos, el uso de las VR mediante el empleo de renders panorámicos se presenta como un recurso de representación complementario que enriquece a los medios de representación tradicionales. Como “visualizaciones, diagramas, planos técnicos y modelos físicos” (Kreutzberg, 2018). Ahora bien, en cuanto a evaluación y exposición académica o profesional, el uso de renders panorámicos permite transmitir las cualidades espaciales y atmosféricas, en especial las referidas a la distribución e intensidad de la iluminación.

Así mismo como se presentó en sus aplicaciones para el “Diseño arquitectónico”, el autor Kreutzberg (2018), destaca el uso de formatos como él (stereoscopic cub maps) debido a que se ve reducida las distorsiones geométricas y facilitan el refinamiento visual en postproducción, de igual manera durante la fase de presentación, aborda la importancia de la selección estratégica de puntos de vista, así como el ajuste adecuado de la altura de la vista del espectador, siendo estos factores determinantes para garantizar una correcta percepción de la escala y

permitir que los evaluadores o clientes experimenten e interpreten con precisión la propuesta proyectual.

Difusión arquitectónica:

En el ámbito de la difusión arquitectónica y del patrimonio construido Rahaman et al. (2023) sostiene que las herramientas digitales han transformado radicalmente la forma en la que el público accede a los edificios históricos y los comprende. Ademas menciona que la divulgación mediante recorridos virtuales y panoramas 360° ofrece una solución eficaz frente a las barreras de accesibilidad física y logística, permitiendo que el público explore el espacio de manera remota e interactiva.

Además aborda la difusión arquitectónica no a solo una simple visualización, al contrario, menciona que la comunicación del valor arquitectónico se articula a través de una experiencia inmersiva y enriquecida con información contextual, como son datos curiosos, fotografías, audios o modelos 3D interconectados mediante puntos de interacción (hotspots), esto convierte la difusión arquitectónica en un proceso didáctico que facilita la interpretación del espacio, su evolución formal en el tiempo y su contexto socio-arquitectónico.

Por otro lado, el estudio destaca que el valor de los panoramas 360° reside en su alta accesibilidad técnica, esto gracias a que pueden ser publicados en formatos web estándar (como HTML5), además de no requerir de hardware especializado de Realidad Virtual (VR) ni de aplicaciones complejas, de esta manera se garantiza un alcance masivo a través de dispositivos convencionales como computadoras y teléfonos inteligentes.

Como se observa, las aplicaciones que se les puede aplicar a los recorridos 360° participan en diferentes momentos de la relación entre arquitectura y usuarios, como son durante el diseño, como herramienta de visualización y evaluación, así como complemento de los medios tradicionales de representación y difusión, por otro lado, son útiles como medio para facilitar el

acceso remoto y la exploración de espacios arquitectónicos. Sin embargo, su utilidad no solo se basa en la generación de imágenes panorámicas, sino también en la organización de las escenas, los mecanismos de navegación, elementos interactivos y la claridad con que el usuario puede comprender el espacio. Es por esta razón que además de sus aplicaciones dentro de la arquitectura, es útil considerar otros aspectos relacionados como son la experiencia del usuario en estos entornos virtuales.

c) Experiencia del Usuario (UX) en Espacios Virtuales

La experiencia del usuario (UX) en espacios virtuales no se puede entender en una sola palabra, esta experiencia de usuario, junta las percepciones, sensaciones e interacciones que experimenta una persona al recorrer un entorno digital. En los recorridos virtuales 360°, la UX depende de factores relacionados con la percepción espacial, la navegación, la interacción y el rendimiento técnico del sistema, los cuales influyen directamente en la comprensión y comunicación del espacio arquitectónico.

Shikhri et al. (2025) menciona lo siguiente:

> A medida que las visitas virtuales sirven cada vez más como sustitutos o complementos a las visitas in situ, es fundamental aclarar cómo los usuarios evalúan el compromiso, la conciencia espacial y la satisfacción entre modalidades. Se empleo el Cuestionario de Experiencia de Usuario, Breve (UEQ-S), que incluye dos facetas: Calidad Pragmática y Calidad Hedónica. Para captar matices específicos de la exploración museística, se añadieron seis elementos personalizados a escala Likert de cinco puntos: Facilidad de Navegación, Orientación vs. Perdido, Libertad de Exploración, Facilidad de Retroceso, Satisfacción General e Interés de Revisitar.

Según lo que menciono Shikhri et al. (2025), la UX se compone en dos pilares, siendo de calidad pragmática y hedónica. Donde la calidad pragmática muestra que tan útil, eficiente y fácil

de usar es el entorno virtual, en su caso, el museo virtual. Y la calidad hedónica, encargada de mostrar que tan placentero, emocionante, estético e inmersivo resulta el espacio virtual para el usuario.

- Percepción Espacial

- Definición de percepción espacial dentro de los entornos virtuales.

La percepción espacial en entornos virtuales consiste en la capacidad del usuario para comprender la organización, dimensiones, distancias y relación entre los elementos presentes dentro de un espacio digital. En recorridos virtuales, esta percepción permite interpretar la escala arquitectónica, reconocer recorridos y comprender la conexión entre ambientes.

“La percepción espacial del usuario en distintos entornos virtuales puede variar en función de características específicas del usuario y de las características del sistema de Realidad Virtual (RV)” (Azarby & Rice, 2021).

De este modo, cuando se trata de espacios virtuales, la percepción espacial depende de diversos factores visuales y de navegación que ayudan al usuario a orientarse y construir una representación mental coherente del entorno.

- Orientacion espacial

La orientación espacial corresponde a la capacidad del usuario para reconocer su ubicación dentro del entorno virtual y comprender hacia donde puede desplazarse. Una orientación adecuada evita confusión y mejora la experiencia de navegación.

Zhang et al. (2024) señala que “la ausencia de puntos de referencia físicos y límites espaciales puede provocar desorientación del usuario, complicando la autolocalización y, en consecuencia, disminuyendo su inmersión y presencia, afectando negativamente la experiencia del usuario”. Es por esto que más adelante en el estudio se concluye que una guía visual clara

(por ejemplo, resaltado, zonificación de colores) y un contenido informativo rico (por ejemplo, contenido informativo consistente con el mundo objetivo) mediante la optimización de elementos de diseño pueden mejorar significativamente la sensación de inmersión y presencia del usuario, y así mejorar eficazmente sus capacidades cognitivas espaciales.

Zhang et al. (2024) menciona más adelante lo siguiente:

Este estudio profundiza en el posible impacto de los elementos de diseño de navegación de mini mapas de juegos utilizados en un museo virtual online para mejorar la conciencia espacial de los usuarios. Conceptualizamos las características del diseño de la navegación de mini mapas de juegos en tres elementos clave: interactividad, orientación visual y contenido informativo. Esta conceptualización no solo nos proporciona un marco para el análisis, sino también una base para entender cómo funcionan estas características de diseño en combinación para mejorar la experiencia del usuario y la cognición.

Puntos de referencia.

Los puntos de referencia son elementos visuales que ayudan al usuario a identificar ubicaciones importantes dentro del recorrido virtual. Estos pueden ser accesos, muebles, elementos arquitectónicos o indicadores visuales que facilitan la comprensión espacial y la ubicación den entorno.

Bajo este concepto, de “referencia”, Zhang et al. (2024) menciona que este estudio observa y replica un recorrido virtual 360° de un museo, donde la característica principal radica en la representación autentica de los espacios museísticos en el ámbito digital, esto logrado mediante la digitalización de componentes arquitectónicos o expositivos de museos reales.

Como se pudo entender en el texto anterior, el estudio menciona como el usuario presenta dificultades al estar dentro de un VR, siendo este la desorientación y la falta de tener referencias que hagan posible su auto localización en el entorno. “Por esta razón dentro se han

investigado otras maneras de ayudar al usuario, como puede ser mediante herramientas de recomendación, navegación personalizada, asistentes virtuales y dispositivos de navegación" (Zhang et al., 2024).

Una observación importante que se realiza en esta investigación es la implementación de la AI, esto para ser usada como medio de personalización inteligente y promoción cultural (en este caso al ser museos).

Ahora bien, otra parte que sustenta la definición de "punto de referencia", es el conocer la parte cognitiva y espacial. El estudio de Zhang et al. (2024) se remonta a la propuesta sobre los "mapas imaginarios", detrás de estos estudios se introdujeron conceptos como "sentido de dirección", "sentido de localidad" y el "método egocéntrico de orientación", posteriormente se introdujo el concepto de "mapas cognitivos", esto ayudo a comprender los comportamientos del usuario, aun mas al tratarse de un estudio que busca sustentar el uso del "minimapa".

Como punto extra que agrega Zhang et al. (2024), es la identificación de cuatro características criticas dentro del diseño de las VR, siendo estas la "usabilidad, estética, atractivo sensorial y personalización" y cinco directrices, estas siendo la "interactividad, la relevancia del contenido, facilidad de uso, compromiso emocional y el descubrimiento", todos estos puntos se vuelven importantes tenerlos en cuenta a la hora de diseñar una VR y claro, aun mas cuando nuestro objetivo sea no perder al usuario y hacerlo sentir incomodo.

Continuidad entre escenas.

La continuidad entre escenas permite mantener coherencia visual y espacial al desplazarse entre renders o imágenes 360°. Una transición lógica evita la sensación de desorientación y mejora la comprensión del recorrido.

La página web de Virtuelle (2023) aborda la continuidad entre escenas dentro de un VR 360° de la siguiente manera, y es que se trata de un "conjunto de renders 360° o puntos de vista

3D en tiempo real, cada uno correspondiente a una posición de punto caliente dentro del espacio". De esta manera se entiende que, en este tipo de recorridos virtuales, el usuario no camina a su gusto, sino que salta de un render a otro, es por esta razón que el profesional / diseñador es el responsable de premeditar y crear un recorrido o ruta lógico entre cada uno de estos renders, si este es creado de manera consciente, el recorrido ofrece una impresión espacialmente coherente de cómo se conectan los espacios arquitectónicos.

Otro factor que menciona Virtuelle (2023), es el siguiente:

"El propósito debe definirse antes de que se defina la experiencia. Un tour de puntos de interés diseñado para la exploración en línea tiene requisitos diferentes a uno para compartir con intermediarios o reforzar después de la visita"., dentro de estas definiciones previas, se consideran. "El número de posiciones, los espacios recorridos y el nivel de detalle visual que deben calibrarse según el contexto en el que se utilizará la experiencia". Además, dentro de esta experiencia, también se aborda las transiciones presentes entre panoramas, es decir, el cómo se conectan entre sí, es difícil decir que una experiencia es correcta y coherente, si al tratar de regresar de un hotspots te termina llevando a un punto incorrecto de lo que según refleja el render 360°.

Dirección clara.

La dirección clara consiste en mostrar al usuario rutas comprensibles de desplazamiento mediante indicadores visuales, hotspots o elementos de navegación que permitan identificar fácilmente hacia donde avanzar.

En esencia, la "dirección clara" no se define más como aquello que nos muestra el camino supuestamente premeditado y diseñado por el profesional. Al estar siendo abordado todos estos conceptos desde los VR 360°, es útil tener en cuenta que, al hablar de este tipo de VR, la navegación siempre será por puntos de acceso o "hotspots".

Virtuelle (2023) señala que las posiciones disponibles para el espectador las establece el diseñador de la experiencia, y estas determinan qué ubicaciones pueden visitarse, qué puede ver el espectador de cada una y el camino lógico a través del espacio. Esto otorga al diseñador un control preciso sobre el recorrido y garantiza que los espacios más relevantes y atractivos estén siempre accesibles.

“El espectador puede mirar en cualquier dirección desde el punto fijo, explorando el espacio visualmente, aunque su posición dentro de él esté predeterminada” (Virtuelle, 2023).

Coherencia del recorrido.

La coherencia del recorrido implica que la secuencia de navegación mantenga una lógica espacial similar a la circulación real del espacio arquitectónico, permitiendo que el usuario comprenda la relación entre ambientes y desplazamientos.

Este concepto ya previamente abordado de manera más ligera con anterioridad demuestra la importancia que tienen estos puntos entre sí, es decir, si no hubiese coherencia en el recorrido virtual, es poco probable que el usuario pueda comprender realmente el funcionamiento del sitio y probablemente pierda interés de seguir con el VR.

Virtuelle (2023) remarca esto de la siguiente manera; entendiendo que lo aborda desde la parte comercial:

La calidad visual debe ser constante durante toda la vista de 360 grados en cada punto caliente (hotspot). Como el espectador puede mirar en todas las direcciones desde cada posición, todo el entorno panorámico debe renderizarse con el mismo estándar.

La ubicación de hotspots influye en la comprensión que el comprador tiene del desarrollo. Las posiciones elegidas por el diseñador determinan qué puede y qué no puede ver el comprador, y cómo se desplaza de un espacio a otro. Una colocación cuidadosa garantiza que el comprador

experimente los momentos espaciales más fuertes del desarrollo y desarrolle una intuición de cómo se conectan los espacios.

La lógica de navegación debería sentirse natural. Los compradores siempre deben saber hacia dónde pueden ir a continuación y cómo volver a una posición anterior. Una experiencia que resulta confusa de navegar distrae de la impresión espacial que el contenido pretende transmitir.

- Claridad espacial

La claridad espacial se refiere al nivel de comprensión visual y percepción del entorno dentro del recorrido virtual. Un espacio claro facilita la interpretación arquitectónica y mejora la experiencia del usuario.

La respuesta a este concepto no nace como parte de “iluminación” (aunque tenga que ver en parte), la “claridad” es vista más por la calidad visual, es decir, que cada render o fotografía panorámica sea constante, que contengan una relación entre el punto anterior, por ejemplo, un primer render que se observa una fuente y el siguiente punto nos dirige a un mural puede confundir en principio, solamente hasta que el usuario voltee a analizar sus alrededores y observe dicha fuente comprenderá donde está actualmente ubicado, es por esta razón que la constancia visual entre, materiales, objetos e iluminación forma parte de este conjunto de la claridad espacial, formando parte de la coherencia en el recorrido.

“La claridad visual debe ser constante durante toda la vista de 360 grados en cada punto caliente. Las áreas periféricas de menor calidad que la vista principal socavarán la impresión del espacio, incluso si no son el foco previsto” (Virtuelle, 2023).

Escala y proporción.

En las VR, la correcta representación de la escala y proporción permite que el usuario interprete adecuadamente las dimensiones del espacio arquitectónico y la relación entre sus elementos.

Un estudio del MDPI sobre la estimación de la escala para la toma de decisiones de diseño en entornos virtuales señalo lo siguiente:

“La combinación de los antecedentes del usuario y las características del sistema afecta a la percepción espacial de los usuarios en cada sistema” (Azarby & Rice, 2022).

El estudio demostró de manera experimental que, en VR inmersiva, existe un fenómeno psicológico donde los usuarios tienden a subestimar el tamaño real de los espacios o la altura de los techos en comparación al mundo real, según el estudio, el cerebro calcula las proporciones espaciales comparando elementos arquitectónicos entre sí, además menciona que esta percepción espacial no es aislada y esta depende directamente de los puntos de referencia dentro del VR y del campo de visión y la altura de la cámara virtual.

Entendiendo de esta manera que este “pequeño factor” como la cámara virtual juega un papel importante para la percepción espacial e inmersión del usuario en la VR.

Por otro lado, este estudio descubrió que la percepción espacial y la estimación de proporciones varía según los factores del propio usuario. Los factores que se observaron en el estudio y que afectan en la percepción especial son: la edad, conocimientos previos de diseño como arquitectura, paisajista y otros, familiaridad en entornos VR y de experiencia directa con el diseño de VR.

Por otro lado, Garg, D. (2023), aborda la escala desde los principios de diseño de Google (Cardboard Design Lab), el principio interesante es “using scale”, mencionando lo siguiente:

“La escala al diseñar realidad virtual (VR) puede afectar significativamente la sensación de inmersión y presencia del usuario. Para crear experiencias de realidad virtual más inmersivas y atractivas, los diseñadores deben ajustar cuidadosamente la escala del entorno virtual” (Garg, D., 2023).

Garg, D. (2023), señala que, al incorporar la escala en la realidad virtual, los usuarios también pueden sentirse más inmersos en el entorno virtual. Los diseñadores pueden crear experiencias… que resulten más realistas. Para lograrlo, se pueden utilizar modelos 3D detallados, iluminación y sombreado realistas, y una cuidadosa consideración del tamaño y la escala del objeto.

En síntesis, este principio propuesto por Google indica que la escala es una herramienta poderosa de transformar drásticamente la percepción del entorno y que dicho entorno se puede sentir real al prestar atención a la proporción mediante modelos 3D detallados y por supuesto, su escala y proporción, ambos en relación al usuario. Mas allá de esto, Google menciona que la escala y proporción se vuelve provocador de emociones

Garg, D. (2023) menciona lo siguiente sobre la generación de emociones en la escala y proporción:

Los diseñadores pueden querer usar una escala mayor para crear una impresión de grandeza y escala si el objetivo es crear una sensación de asombro y exploración. Sin embargo, si el objetivo es crear una sensación de intimidad y conexión con el usuario, debería considerar usar una escala más pequeña.

Campo de visión.

El campo de visión es básicamente la amplitud o espacio posible de observar por medio de los ojos o cámaras, en los VR, este campo de visión influye en la manera en que el usuario

percibe el entorno virtual. Una configuración adecuada permite mantener una percepción natural del espacio sin generar distorsiones o incomodidad visual.

En el punto anterior de “escala y proporción” señala, Garg, D. (2023), que el campo de visión junto a la altura de la cámara virtual y los puntos de referencia dentro del VR condicionan la percepción espacial dentro del recorrido virtual.

De acuerdo cona la investigación de Zhang et al. (2024), las propiedades de visualización y el nivel de inmersión técnica que ofrece la interfaz determinan directamente la respuesta psicológica del observador. Si el rango de visualización periférica no está calibrado correctamente, el usuario pierde la capacidad de recolectar estímulos espaciales básicos, lo que demuestra que la percepción de la arquitecta digital depende estrictamente de la configuración técnica de la pantalla.

Además, el análisis empírico desarrollado por Zhang et al. (2024), demuestra que los errores de configuración visual en entornos en línea saturan la atención del usuario, obligándolo a realizar movimientos de cámara erráticos o excesivos para compensar las deficiencias del entorno. Optimizar el área de visualización y la guía grafica no solo previene la desorientación sino también mitiga directamente la frustración y la fatiga cognitiva, garantizando una experiencia de usuario fluida y cómoda.

Iluminación adecuada.

La iluminación contribuye a mejorar la legibilidad del espacio, destacar elementos arquitectónicos y generar ambientes comprensibles dentro del recorrido virtual.

Según la investigación de Zhang et al. (2024), la manipulación de los estímulos lumínicos y el contraste visual permite estructurar el recorrido de manera intuitiva, actuando como una guía implícita que jerarquiza el espacio y facilita la legibilidad de las rutas de navegación sin saturar la pantalla con elementos artificiales.

Desde una perspectiva de fidelidad técnica, la consistencia en el cálculo de luces y sombras es crucial para la interpretación volumétrica del espacio. La página web de Virtuelle menciona que las “experiencias basadas en 360 grados, el contenido visual de cada hotspot suele ser una imagen pre-renderizada en lugar de un entorno 3D en tiempo real”. Con esto se puede inferir que ante el uso de hotspots en los recorridos virtuales 360, la iluminación está asegurada en cada toma o render panorámico, al igual que los materiales y la nitidez se mantienen constantes entre imágenes panorámicas, de esta manera se garantiza una correcta iluminación en imagen sin importar el ángulo de observación y logra que el espacio sea comprensible para el usuario.

Nivel de detalle.

El nivel de detalle determina la cantidad de información visual presente en el entorno virtual. Un equilibrio adecuado permite mantener calidad visual sin afectar el rendimiento del recorrido.

El nivel de detalle se vincula directamente con el punto anterior, esto debido a la contradicción que se presenta entre calidad visual y rendimiento técnico, este se vuelve el punto de debate para buscar un equilibrio entre estos 2 factores.

Retomando lo mencionado en la página web de Virtuelle menciona que las “experiencias basadas en… imagen pre-renderizada en lugar de un entorno 3D en tiempo real” … reduce los requisitos de hardware y permite una amplia accesibilidad, proporcionando al mismo tiempo una impresión espacialmente coherente de cada posición dentro del espacio. Es decir, el uso de imágenes pre-renderizadas para la elaboración de VR 360° soluciona un debate entre calidad del detalle y la fluidez, de este modo estas imágenes panorámicas “congelan” la calidad de iluminación, texturas y detalles sin comprometer la accesibilidad y experiencia de estos recorridos en distintos dispositivos.

Ahora bien, desde la psicología cognitiva aplicada a entornos digitales por parte del estudio de Zhang et al. (2024), este nivel de detalle se debe dosificar para no saturar al usuario. El estudio menciona que mantener una interfaz virtual equilibrada visualmente previene el exceso de información irrelevante que termina actuando como distractor, de esta manera al “limpiar” o prevenir esta información irrelevante se asegura que el usuario mantenga el foco en la configuración arquitectónica y los puntos clave del recorrido virtual.

- Como se relaciona la percepción espacial en los recorridos virtuales.

Como señala Shikhri et al. (2025), la percepción espacial es uno de los elementos más importantes dentro de los recorridos virtuales, ya que permite que el usuario comprenda la distribución arquitectónica y experimente el espacio de manera más inmersiva. Una correcta percepción espacial favorece la orientación, mejora la experiencia de usuario y fortalece la comunicación del proyecto arquitectónico.

Shikhri et al. (2025) demuestran en su estudio que cuando la percepción espacial falla en un recorrido virtual, los usuarios pierden la orientación y les cuesta comprender la distribución, lo que perjudica directamente la experiencia de usuario (UX).

- Navegación e Interacción del espacio virtual.

- Definición de navegación e interacción en entornos virtuales.

La navegación en entornos virtuales corresponde a la forma en que el usuario se desplaza e interpreta el recorrido digital, mientras que la interacción comprende las acciones que puede realizar dentro del entorno, como acceder a información, activar elementos o cambiar de escena.

Garg, D. (2023) aborda estos términos desde los VR, no 360°, a pesar de esto, estos términos se pueden considerar dentro de los VR 360° ya que son características útiles a la hora de diseñar un VR para ofrecer una mejor experiencia al usuario (UX).

Garg, D. (2023) menciona 4 puntos que se ven involucrados con la navegación e interacción en recorridos virtuales.

Navegación:

Uso de retículas:

“La retícula, también conocida como la mira; el objetivo de usar una mira es permitir que los usuarios entiendan fácilmente si algo es seleccionable, navegar rápidamente por un menú, etc.”.

Señales de mirada:

“Las señales de mirada, ayudan a crear una sensación de presencia e interacción para el usuario al crear una interfaz inmersiva”.

Interacción:

Audio espacial:

“El audio espacial sitúa los sonidos en lugares físicos del entorno que te rodea. Se utiliza en realidad virtual (VR) así como en otras aplicaciones para mejorar la percepción de presencia e inmersión del usuario. Los diseñadores pueden crear una experiencia virtual más atractiva colocando sonidos en lugares específicos dentro del entorno virtual… el audio espacial también puede proporcionar información sobre su ubicación” (Garg, D.,2023).

La escala y estética:

El texto aborda la escala y la estética más que conceptos visuales, ya que estos influyen directamente en como el usuario interactúa emocionalmente con el entorno, transformando una simple navegación técnica en una experiencia inmersiva, creíble y memorable.

- Navegación

Estructura del recorrido virtual, o lógica espacial al desplazarte entre imagen o render 360°.

La estructura del recorrido virtual define la manera en que el usuario explora el entorno virtual, es decir, según como este estructurado las vistas, hotspots y elementos interactivos, moldearan la manera de navegar del usuario.

Según la página web Virtuelle (2023), existen en esencia 2 maneras de navegar en los VR 360°, la navegación libre y la guiada (esta está conformada por hotspots).

Menciona que “la navegación libre permite al espectador moverse a cualquier posición accesible dentro del espacio, como haría en un entorno físico” (Virtuelle, 2023). Este tipo de navegación se trata como si fuera un modelo 3D donde es posible navegar a conveniencia del usuario.

Mientras la navegación por puntos de acceso o hotspots “está optimizada para accesibilidad y alcance” Virtuelle, 2023). Es decir, es un tipo de navegación ya fijado por el profesional, donde cada vista está pensada y colocada con un objetivo y sus ventajas es la optimización y el alcance debido a su aplicación en la web.

Por otro lado, se puede considerar la existencia de la navegación “mixta” siendo esta una navegación que es libre, pero establece rutas consideradas para ofrecer un recorrido ya considerado, estas rutas establecidas se pueden presenciar por guías presentadas en botones interactivos, en los propios carteles de caminos, por colores o por sonidos.

La estructura puede ser:

- Libre: el usuario decide hacia donde deslazarse.
- Guiada: el recorrido sigue una secuencia establecida.
- Mixta: combina navegación libre con rutas sugeridas.

La lógica espacial al desplazarse entre imágenes o renders 360° se basa en desplazamiento coherente, es decir, realizar saltos entre escenas evitando saltos visuales confusos.

Ahora bien, Garg, D. (2023), aborda la navegación desde los principios que investigo Google, siendo principios de diseño para aplicaciones de realidad virtual, con estos principios se menciona lo siguiente:

Navegación libre: en este tipo de navegación el uso de retícula o mira en el centro de la visión es una herramienta clave. Este elemento grafico “puede ayudar a navegar por menús o interactuar con objetos en una variedad de contextos” (Garg, D., 2023). Esta retícula variara de tamaño y apariencia según la información que se presentara en el recorrido virtual. En sí, el posible uso de una retícula es un apoyo para la navegación libre ya que por un lado la navegación guiada tiene como apoyo los iconos como los hotspots, la libre tienden a no presentar un apoyo visual para el usuario.

Navegación guiada: en este tipo de navegación la parte esencial que aborda Garg, D. (2023) es desde la aceleración, mencionado lo siguiente:

El diseño de realidad virtual (VR) debe tener en cuenta la aceleración, ya que puede afectar significativamente a la sensación de presencia e inmersión del usuario. A medida que los usuarios se desplazan por un entorno de realidad virtual, esperan experimentar aceleración y desaceleración de una manera comparable a lo que experimentarían en la realidad. En VR, el usuario puede desorientarse e incomodarse si la simulación de aceleración no es precisa.

Desde la perspectiva de la aceleración en los recorridos guiados, el texto de Google advierte que la aceleración constante es “antinatural” y causa mareo, de este modo, al diseñar una ruta guiada el movimiento debe ser preferible a una velocidad constante y baja. En los VR 360° esta velocidad se puede aplicar en las transiciones, siendo estas más suaves y constantes

Navegación mixta: en este tipo de navegación, se aborda el audio espacial y las señales de la mirada, según Garg, D. (2023) es lo siguiente:

La técnica de audio espacial se utiliza en realidad virtual (VR) así como en otras aplicaciones 3D para mejorar la percepción de presencia e inmersión del usuario. Los diseñadores pueden crear una experiencia virtual más atractiva colocando sonidos en lugares específicos dentro del entorno virtual.

Una señal de mirada es cuando la experiencia reacciona según hacia dónde está mirando el usuario. En la realidad virtual (VR) y otras aplicaciones inmersivas, las señales de mirada ayudan a crear una sensación de presencia e interacción para el usuario al crear una interfaz inmersiva. Cuando un usuario observa un objeto o área concreta en un entorno virtual, se activa una señal de mirada. Esto puede adoptar muchas formas diferentes, incluyendo un cambio en la apariencia del objeto o la activación de una acción o evento.

De esta manera el audio espacial funciona como un mapa invisible donde el sonido juega con el usuario y marca una ruta posible, como un animal, una fuente, una fogata, etc., el sonido termina guiando la mirada desde los oídos y por el otro lado, las señales de la mirada funcionan como una interacción extra al observar el entorno, de esta manera el recorrido termina guiando en algunos aspectos el comportamiento del usuario dentro del recorrido.

Uso de los puntos de transición (hotspots).

Los hotspots o “puntos calientes” son elementos interactivos que permiten desplazarse entre escenas. Su correcta ubicación mejora la orientación y facilita la navegación dentro del recorrido virtual. Este punto está directamente relacionado con la “continuidad entre escenas”.

Según como menciona la página web 360are, los hotspots son solo uno de los tipos que existen en los VR 360°, la página también los aborda como puntos de acceso que permiten más que solo pasar de escena en escena, esta página menciona lo siguiente:

“Hay puntos de transición que navegan de una escena panorámica a otra, incluyendo marcadores, círculos de suelo, drones, etc., y puntos de acceso de información que abren ventanas emergentes con texto, HTML, vídeo, sitios web incrustados y redirecciones”.

La página lo aborda de esta manera unificando los hotspots y marcadores de información (por darles un nombre) como puntos interactivos, los cuales cada uno de estos tienen objetivos distintos en los VR 360°.

Continuidad entre escenas.

La continuidad visual y espacial se presenta al saltar entre escenas en los VR 360°, esto permite mantener una experiencia fluida y comprensible para el usuario.

Sin embargo, es necesario observar la base que hace posible la continuidad entre escenas, es decir, el uso correcto de hotspots y con ellos lograr un recorrido virtual más natural y continuo.

La página web Virtuelle (2023), menciona lo siguiente:

Una colocación cuidadosa garantiza que el comprador experimente los momentos espaciales más fuertes del desarrollo y desarrolle una intuición de cómo se conectan los espacios.

- Interacción

Elementos interactivos.

Los elementos interactivos dentro de los VR 360° incluyen botones, hotspots, textos, imágenes o videos que permiten ampliar la información dentro del recorrido virtual.

En esencia, son otros botones o cualquier otro medio que, al interactuar con él, este proporcione información adicional que permita completar o añadir información del espacio que se está observando. De este modo, el usuario al navegar pueda tener una experiencia aún más completa del recorrido virtual.

La página web 360are al abordar la interacción en los VR 360°, menciona algunas prácticas positivas para los hotspots, siendo los siguientes:

- Mantenlo intuitivo: Utiliza iconografía y posicionamiento consistentes para evitar confundir a los usuarios.
- No sobrellenes: Demasiados puntos calientes pueden abrumar al espectador: céntrate en los puntos de interés más relevantes.
- Proporciona contexto: Añade etiquetas breves y descriptivas o descripciones para guiar a los usuarios.

Retroalimentación del sistema (feedback).

El “feedback”, en su traducción al español, “retroalimentación”, se refiere: a la “información que recibimos de los usuarios sobre su experiencia con un producto o servicio. Esta información puede provenir de diversas fuentes y métodos, y es fundamental para entender cómo perciben y utilizan nuestro diseño” (López, 2024).

El feedback visto desde la definición anterior y abordado desde el VR 360°, se vuelve esencial porque con ello se reciben respuestas de navegación, visuales o auditivas que indica el usuario al realizar una acción y la respuesta que recibe de esta interacción, este feedback,

funciona como recopilación de acciones positivas y negativas del recorrido y con ello realizar las debidas correcciones al VR 360°.

López (2024) aborda algunas de las importancias del feedback desde la UX (experiencia de usuario):

- Identificación de problemas.
- Validación de Ideas.
- Mejora Continua.
- Alineación con las necesidades del usuario.

Además, menciona que este feedback se puede abordar desde 2 puntos:

Cualitativo: entrevistas con usuarios, grupos focales y pruebas de usabilidad

Cualitativo: encuestas y análisis de datos de uso y pruebas.

Facilidad de uso.

La facilidad de uso implica que el usuario pueda comprender y utilizar el recorrido virtual de manera intuitiva, sin requerir instrucciones complejas.

La página web de GoVirtual Tours, aborda la facilidad de uso como la esencia de los VR, si bien la página web habla también de plataformas como Matterport, también se mencionan recorridos por hotspots como lo son VR 360°, la facilidad de estos radican en lo intuitivo que son para los usuarios sin experiencia previa, ya que estos funcionan con clics y en algunos se incluyen herramientas para moverse entre vistas o renders panorámicos, además de que la mayoría de estas plataformas responden a tecnologías integradas de teléfonos móviles, como es el giroscopio, haciendo de esta manera el interactuar con renders 360° de una manera más cómoda para el usuario final o cliente. Como punto extra que se puede anexar a la facilidad de

uso, radica en la posibilidad de anexar una guía, es decir, el recorrido se convierte en una visita guiada, con esto el usuario puede pulsar reproducir y ver como la visita se recorre automáticamente.

GOVirtual Tours, menciona la importancia de la navegación, siendo un factor importante para lograr la facilidad de uso.

Menciona lo siguiente, una navegación bien estructurada ayuda a los usuarios a:

- Explora más áreas de tu espacio
- Permanecer más tiempo en la gira (aumentando las métricas de participación)
- Entiende los puntos clave sin confusiones
- Sentirse en control, no perdido ni abrumado

Una mala navegación, en cambio, puede frustrar a los visitantes y hacer que se marchen antes de haber visto las mejores partes del espacio.

- Rendimiento y Fluidez del Recorrido Virtual.
- Definición de rendimiento y fluidez en entornos virtuales.

El rendimiento en entornos virtuales se refiere a la capacidad técnica del sistema para ejecutar el recorrido de manera eficiente, mientras que la fluidez corresponde a la continuidad y estabilidad percibida por el usuario durante la navegación. Ambos factores influyen directamente en la experiencia de usuario.

Como ejemplo de fluidez en experiencias basadas en 360 grados, menciona la página web Virtuelle (2023):

El contenido visual de cada hotspot suele ser una imagen pre-renderizada en lugar de un entorno 3D en tiempo real. Esto reduce los requisitos de hardware y permite una amplia accesibilidad, proporcionando al mismo tiempo una impresión espacialmente coherente de cada posición dentro del espacio.

En cuanto a rendimiento y exposición de este tipo de entornos virtuales, también menciona lo siguiente:

La navegación por puntos de acceso está optimizada para accesibilidad y alcance. Funciona en cualquier dispositivo, no requiere hardware especializado y puede desplegarse a gran escala en línea. Es el formato adecuado para el descubrimiento basado en la web, la comunicación remota con compradores y cualquier contexto en el que la prioridad sea llegar a una gran audiencia con una experiencia espacialmente coherente.

- Rendimiento

Tiempos de carga y uso de recursos.

Retomando un dato que se mencionó en el punto anterior, *el rendimiento se refiere a la capacidad técnica de un dispositivo para poder ejecutar el recorrido virtual de manera eficiente*, en base a esto, el tiempo de carga es uno de los factores que indican el nivel de rendimiento, ahora bien, estos tiempos de carga afectan la permanencia e interés del usuario dentro del recorrido virtual. Cargas lentas pueden interrumpir la experiencia y disminuir la inmersión.

Como se mencionó anteriormente en la página web Virtuelle (2023), al usarse imágenes o renders panorámicos en lugar de un modelo 3D completo, se reducen los tiempos de carga y reduce los requerimientos necesarios de hardware.

Un punto clave del tiempo de carga que considera Virtuelle (2023) es el siguiente:

Conexiones estándar de banda ancha es un requisito básico. Una experiencia de hotspot que se carga lentamente o se entrecorta en un teléfono estándar desmotivará a los compradores antes de que hayan formado una impresión espacial significativa del desarrollo.

Con esto se puede apreciar como el uso eficiente de recursos digitales, como resolución de imágenes y peso de archivos, permite mantener un mejor funcionamiento del recorrido, claro está que es necesario considerar la velocidad de internet, aunque este último recurso es más prescindible si será observado en el sitio, es decir, si es cargado desde un espacio como una inmobiliaria, plaza comercial, hospital, escuela, etc, al final estos espacios deberán tener el ancho de banda suficiente para poder dar tiempos de carga cortos y poder tener una experiencia más placentera, de lo contrario, este recurso vendrá del usuario y de la velocidad que este posea.

Optimización del contenido.

La optimización del contenido, en esta parte no se aborda desde optimizar el código del recorrido, este consiste en reducir el peso de imágenes y recursos sin afectar significativamente la calidad visual y los tiempos de carga.

Virtuelle (2023) menciona lo siguiente desde la parte visual:

La calidad visual debe ser constante durante toda la vista de 360 grados en cada punto hotspot. Como el espectador puede mirar en todas las direcciones desde cada posición, todo el entorno panorámico debe renderizarse con el mismo estándar. Las áreas periféricas de menor calidad que la vista principal socavarán la impresión del espacio, incluso si no son el foco previsto.

Virtuelle (2023) también menciona la importancia de colocar correctamente los hotspots:

La ubicación de los hotspots influye. Las posiciones elegidas por el diseñador determinan qué puede y qué no puede ver el comprador, y cómo se desplaza de un espacio a otro. La lógica de navegación debería sentirse natural. Los compradores siempre deben saber hacia dónde

pueden ir a continuación y cómo volver a una posición anterior. Una experiencia que resulta confusa de navegar distrae de la impresión espacial que el contenido pretende transmitir.

Compatibilidad en distintos dispositivos.

Como el propio subtitulo menciona, se trata de compatibilidad entre otras plataformas, es decir, de lo posible que es que los recorridos virtuales funcionen correctamente en computadoras, tabletas y dispositivos móviles, garantizando accesibilidad y estabilidad.

Virtuelle (2023) aborda la accesibilidad de la siguiente manera:

Una experiencia basada en hotspot puede ofrecerse a través de un navegador web estándar en cualquier dispositivo, incluido el móvil, sin necesidad de descargar software o hardware especializado. Un enlace puede compartirse con miles de compradores simultáneamente, cada uno de los cuales puede acceder a la experiencia desde su propio dispositivo, en su propio tiempo, desde cualquier lugar del mundo.

- Fluidez

Transiciones suaves o duras.

Las transiciones suaves favorecen una navegación más natural y reducen la sensación de interrupciones entre escenas.

Virtuelle (2023) menciona que al tratarse de un recorrido 360° y donde cada vista está puesta en un hotspot, el espectador selecciona un punto de interés y es transportado a esa posición, con ello la vista se actualiza para mostrar el panorama desde la nueva ubicación. Desde ahí, el espectador puede mirar libremente en todas direcciones antes de elegir su próximo destino.

Con esto se entiende que la navegación entre hotspots se basa en “teletransportación” básicamente el pasar de una vista a otra de manera abrupta, y con ayuda de las transiciones se

puede tener un cambio de perspectiva más controlado, donde una transición dura (un corte instantáneo de imagen a otra) o una más suave (un sutil efecto de desvanecimiento o paneo rápido) pueden servir como un medio para mantener la orientación del usuario sin causar mareos por el movimiento.

Ausencia de retraso (Lag).

La ausencia de retraso mejora y evita sensaciones de incomodidad durante el recorrido.

En esta parte Virtuelle (2023) aborda el retraso o “lag” no como un problema de procesamiento 3D de tarjeta gráfica, sino como un problema de red. Esto debido a que el recorrido se basa en cargar renders panorámicos por medio de un navegador y el problema inicia si los archivos son demasiado pesados.

Virtuelle (2023) menciona lo siguiente:

Una experiencia de hotspot que se carga lentamente o se entrecorta en un teléfono estándar desmotivará a los compradores antes de que hayan formado una impresión espacial significativa del recorrido.

En esencia, considerar el retraso o comúnmente llamado “lag” es útil para evitar inconformidad y posible desinterés del recorrido virtual en el usuario, siendo importante ya que sin exploración del recorrido no existe una idea o formación especial de lo que se piensa mostrar.

Estabilidad visual.

La estabilidad visual evita movimientos bruscos, errores gráficos o distorsiones que pueden afectar la experiencia del usuario.

Esta estabilidad visual depende de la consistencia de imagen, debido a que no se depende gráficamente del dispositivo y se trata más de imágenes pre-renderizadas, estas

imágenes garantizan una estabilidad visual ya que cada vista mantiene exactamente la misma iluminación y nitidez de los materiales, esto sin importar la velocidad a la que se mueve el usuario.

Virtuelle (2023) señala que la experiencia se construye a partir de un conjunto de renders 360 o puntos de vista 3D en tiempo real, cada uno correspondiente a una posición de punto caliente dentro del espacio… Esto reduce los requisitos de hardware y permite una amplia accesibilidad, proporcionando al mismo tiempo una impresión espacialmente coherente de cada posición dentro del espacio.

Desde esta perspectiva, Virtuelle (2023) aborda la estabilidad en los VR 360° como algo casi inexistente, al menos desde la estabilidad del recorrido, ya que estas imágenes ya están completamente renderizadas al máximo y muestran la calidad deseada, al contrario de ser un recorrido totalmente 3D y que se renderiza en tiempo real, estos modelos en tiempo real no mostrarían una estabilidad visual debido a que se vería afectado a varios factores como lo es el dispositivo y su motor gráfico.

Por otro lado, Garg, D. (2023), aborda la estabilidad visual en los VR de tiempo real, ya desde este punto se rompe la relación con los VR 360°, sin embargo, al abordar este tipo de VR, habla de la importancia de la “estabilidad “como “fluides de imagen”, o desde otra perspectiva, no como la calidad de imagen al desplazarse, sino como al moverse esta imagen puede fallar o tardar en cargar, esto está relacionado con el texto anterior, pero visto desde los VR en tiempo real, con esto, se puede justificar que las VR 360° se vuelven una solución técnica para lograr una estabilidad visual mejor al del tiempo real.

“Incluso una breve pausa en el seguimiento de la cabeza hará que algunos usuarios se sientan mal… Una latencia significativa también puede causar desorientación e incomodidad si el entorno virtual no responde lo suficientemente rápido a los movimientos del usuario” (Garg, D., 2023).

Continuidad de navegación.

La continuidad de navegación permite que el usuario recorra el entorno virtual sin interrupciones, manteniendo coherencia espacial y funcionalidad constante.

Virtuelle (2023) menciona que los recorridos de navegación libre están optimizados para la presencia espacial y la convicción inmersiva, produciendo así un encuentro más físico y emocionalmente atractivo con un espacio, y es el estándar para despliegues de galerías de ventas, salas inmersivas y cascos de realidad virtual donde la profundidad de la experiencia espacial tiene prioridad sobre el alcance.

Ahora, si bien este tipo de recorridos son lo más cercano a estar en un espacio totalmente tridimensional, la desventaja que estos pueden poseer se observan cuando el usuario navega en él, sufriendo interrupciones debido a que se “chocan” en los muros virtuales o se pierden en esquinas oscuras del modelo 3D, estos detalles no ocurren en recorridos por hotspots, ya que cada hotspot o vista aseguran un punto de interés, esto garantiza que este tipo de recorridos garanticen un flujo de vistas que no se rompa o genere errores de colisión o desorientación espacial.

Virtuelle (2023) menciona que estos dos formatos de navegación son complementarios, ya que el primero puede darse a través de un tour online basado en puntos de interés y posteriormente experimentarlo mediante un recorrido inmersivo de navegación libre.

De esta manera cada formato cumple con un propósito y etapa a la que mejor se adapte a la hora de ofrecer un recorrido virtual.

d) Software y Herramientas Para Recorridos Virtuales

- Modelado 3D
  - Modelado tridimensional
    - Definición de modelado 3D.

Una de las primeras definiciones de modelado 3D se presenta por Nehuén (2025), como:

El modelado 3D es el proceso de crear representaciones tridimensionales de objetos o escenas mediante software especializado. Consiste en definir la forma, el volumen y la estructura de modelos virtuales que pueden emplearse en animación, videojuegos, cine, arquitectura, diseño de productos o simulaciones científicas. Esta disciplina combina creatividad y conocimientos técnicos, y permite transformar conceptos en elementos digitales listos para renderizar, imprimir en 3D o integrar en experiencias interactivas.

Ahora, según la página web de Autodesk, el modelado 3D es definido como un:

Proceso de gráficos por ordenador que consiste en crear una representación matemática de un objeto o una forma 3D con software especializado. La renderización digital de un objeto físico recibe el nombre de modelo 3D y se utiliza en varios sectores.

El uso de estos softwares de modelado 3D se aplican en sectores como la arquitectura, construcción, desarrollo de productos, ciencia, medicina, cine, televisión y videojuegos con el objetivo de visualizar, simular y renderizar diseños gráficos.

Por otro lado, otra definición lo muestra como “El proceso de creación de objetos 3D utilizando software especializado. Estos modelos se pueden escenificar con otros efectos visuales para crear escenas completas para imágenes estáticas o animación” (Adobe, 2025).

Además, en la página de Autodesk también se menciona el funcionamiento de este, siendo lo siguiente:

El modelado 3D comienza cuando un artista genera una primitiva 3D mediante varios polígonos, como un cubo, un cilindro, un plano o una esfera. A continuación, el artista utiliza programas y herramientas de modelado 3D para desarrollar y refinar el diseño con la nueva forma deseada. El flujo de trabajo de modelado 3D conlleva añadir puntos en el espacio modelado en 3D llamados vértices y ajustar su colocación para manipular la forma del objeto subdividiendo los polígonos para crear un nuevo objeto 3D.

Esta manera de entender el funcionamiento del modelado 3D es útil para comprender el nivel de complejidad que se puede presentar al desarrollar un modelo tridimensional, llevándose desde lo básico hasta el detalle más minucioso.

- Tipos de modelado.

Existen 4 tipos básicos de modelado tridimensional, “El de estructura alámbrica, de superficie, de sólidos y de esculpido 3D (o poligonal)” (Autodesk, 2024).

El modelado de estructura alámbrica muestra únicamente el esqueleto de un objeto o personaje mediante aristas y vértices.

El modelado de superficie utiliza una malla poligonal para mostrar la textura, el sombreado y el color de la superficie de un modelo 3D.

El modelado de sólidos va más allá de la superficie y, en última instancia, representa tanto el exterior como el interior del objeto modelado en 3D.

El modelado por esculpido 3D (o modelado poligonal) finaliza la malla poligonal de un modelo 3D con detalles y texturas complejos.

- Aplicación en la arquitectura y recorridos virtuales.

Los softwares de modelado tridimensional permiten crear representaciones digitales de espacios arquitectónicos mediante la aplicación de geometría, materiales, iluminación y composición espacial. Dentro de la arquitectura, estas herramientas facilitan la visualización, planificación y comunicación de proyectos antes de su construcción física.

“Esta tecnología transforma planos bidimensionales en modelos visuales completos que muestran formas, texturas, iluminación y espacios interiores”.

“La importancia del modelado 3D en arquitectura moderna radica en su capacidad para mejorar la comunicación entre profesionales y clientes” (i3D, 2026).

Por otro lado, los recorridos virtuales dependen directamente de los modelados tridimensionales, ya que estos conforman la base geométrica y visual del entorno inmersivo. Con base en esto, al llevar los modelos 3D al VR se puede lograr lo siguiente:

“Cuando se diseña un edificio con RV, los proyectistas pueden crear modelos en 3D que ayuden a todos los implicados a entender el edificio antes de su construcción” (Mortice, 2023).

“Al utilizar RV en el proceso de diseño, se ahorra tiempo y dinero en la fase de construcción de cualquier proyecto” (Mortice, 2023).

Mortice (2023) menciona como Julien Faure (vicepresidente de producto de Unity) habla de las ventajas de usar tecnologías inmersivas.

Nos presenta el siguiente ejemplo:

En un estadio deportivo, por ejemplo, el modelo podría simular cómo los aficionados ven el partido desde distintas localidades: “Ayuda a optimizar la ubicación de los asientos, y también a vender los palcos privados incluso antes de su construcción”. Por otra parte, es posible simular el flujo de circulación de la gran masa de público para comprobar los requisitos de seguridad y dar formación específica al personal de las instalaciones antes de la inauguración.

Además, Faure se pregunta el cómo recibir consejos y cambios que propongan los usuarios al usar el VR de manera correcta, y que permita así proyectar algo que funcione, con este planteamiento se considera el crear un entorno que realmente reproduzca fielmente el aspecto y el comportamiento del edificio, de esta manera las personas se pueden sumergir en él y con ello dar su opinión.

- Entornos de desarrollo y visualización.

- Softwares: Que es capaz de hacer cada uno y porque sirven en los VR.

Los softwares de modelado tridimensional permiten construir representaciones digitales del espacio arquitectónico mediante la geometría virtual, este siendo la base estructural de los recorridos virtuales y experiencias inmersivas. Estos modelos facilitan la percepción especial, comprensión volumétrica e interacción del usuario dentro de entornos VR y visualización arquitectónica.

Sin embargo, cada software de modelado tiene diferencias que los hace relevantes para un uso u otro.

Tabla 2

Tabla de Capacidades de Software 3D y sus Posibles Usos en VR.

Software	Capacidad de modelado	Utilidad en VR
SketchUp	- Modelado arquitectónico rápido. - Creación de espacios interiores o exteriores. - Diseño conceptual y volumétrico. - Integración de componentes arquitectónicos.	Permite crear modelos ligeros y optimizados que permiten elaborar: - Renderizado. - Recorridos Virtuales.
Autodesk 3D Max	- Modelado tridimensional avanzado. - Creación de geometría detallada. - Producción de escenarios arquitectónicos complejos. - Integración de materiales y cámaras.	Permite generar modelos altamente detallados, esto permite: - Visualización arquitectónica detallada. - Renders panorámicos. - Recorridos virtuales inmersivos.
Blender	- Modelado tridimensional. - Esculpido digital. - Creación de materiales. - Optimización de geometría. - Animaciones y simulaciones.	Permite generar: - Escenarios virtuales. - Optimizar modelos en tiempo real. - Producir contenido compatible con VR y recorridos interactivos.
Revit	- Modelado BIM arquitectónico. - Generación de información constructiva. - Coordinación técnica y espacial. - Desarrollo de modelos paramétricos.	Debido a que es modelado BIM, este contiene información útil en cada uno de los modelos, permite: - Recorridos virtuales arquitectónicos. - Visualización inmersiva. - Simulaciones espaciales Como desventaja, se puede presentar inconvenientes en optimización o fluides del VR, esto debido al peso extra que conlleva tener modelado 3D e información técnica.

Nota. Elaboración propia.

- Optimización y flujo de trabajo
- Topología y optimización de la malla.

Dentro del modelado tridimensional, además de presentarse las primitivas 3D como la base del modelado y de ello entender el desarrollo de estas para ser llevado a otros niveles de detalle, se presenta el reto de la topología, Nehuén (2025) presenta esto de la siguiente manera:

La base de cualquier modelo son sus mallas poligonales, que describen la forma a través de vértices, aristas y caras. Junto a ellas, los métodos de modelado de sólidos, superficies y NURBS permiten trabajar con mayor precisión o suavidad, según las necesidades del proyecto.

La retopología y la optimización de mallas son esenciales para mantener un equilibrio entre detalle y rendimiento, especialmente en animación o videojuegos" (Nehuén, 2025).

Según Stella (2025) menciona que la topología de malla se refiere a la forma en que los vértices, bordes y caras de un modelo 3D están dispuestos y conectados, formando la estructura del modelo. Determina cuán eficientemente el modelo puede ser renderizado, animado y modificado. Una topología de malla bien construida asegura deformaciones suaves, permite texturización de alta calidad y minimiza los artefactos de renderizado.

"Una mala topología puede resultar en problemas de sombreado, procesamiento ineficiente y dificultades para hacer ajustes, afectando en última instancia la usabilidad del modelo" (Stella, 2025).

Ahora bien, según Stella (2025), existen 3 tipos principales de Topología de malla, este los presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3

3 Tipos Principales de Topología de Malla

Tipo de Malla	Definición	Casos de Uso	Pros	Contras
Mallas triangulares	Una malla compuesta enteramente de triángulos, lo que la hace altamente eficiente para el renderizado.	Usada en motores de juego, VR y aplicaciones en tiempo real donde el rendimiento es crucial.	Eficiente para renderizado en tiempo real. Funciona bien en modelado de baja polinización. Compatible con todos los motores de renderizado.	No es ideal para deformaciones suaves en animación. Puede crear artefactos al subdividirse.
Mallas cuádruples	Una malla compuesta de polígonos de cuatro lados, preferida para modelos orgánicos y animados.	Usada en animación, modelado de personajes y flujo de trabajo de subdivisión.	Deformaciones suaves para animación. Ideal para esculpir y subdivisión. Más fácil de retopologizar y editar.	Requiere una planificación de topología más cuidadosa. Puede ser menos eficiente en algunas aplicaciones en tiempo real.
Mallas N-gon	Una malla con polígonos que tienen más de cuatro lados.	Usada en modelado de superficies duras y aplicaciones basadas en CAD.	Útil para superficies no deformables. Puede simplificar el modelado en ciertos casos.	Puede causar problemas de renderizado y animación. No es compatible con muchos motores de juego y flujos de trabajo de subdivisión.

Nota. De “La guía definitiva sobre la topología de malla para modelos 3D de alto rendimiento,” por Stella, 2025, Meshy AI, https://www.meshy.ai/es/blog/mesh-topology

El autor menciona algunas consideraciones a la hora de realizar topología. Son las siguientes:

“Usa topología de malla completa para áreas deformables (por ejemplo, caras de personajes) …Aplica topología de malla parcial a objetos estáticos (por ejemplo, modelos arquitectónicos)” (Stella, 2025).

Tabla 4

Ventajas y Desventajas de la Topología de Malla

Ventajas	Desventajas
Renderizado eficiente y rendimiento: Una correcta topología minimiza errores de renderizado y procesamiento en tiempo real. Deformaciones listas para animación: Los bucles de borde adecuados aseguran un movimiento natural, este es necesario para personajes y modelos dinámicos. Flujo de trabajo simplificado: Una estructura limpia simplifica el mapeo UV, el rigging y las ediciones iterativas. Fiabilidad en la impresión 3D: La geometría múltiple garantiza impresiones sin errores con dimensiones precisas.	Compromiso entre detalle y rendimiento: Las mallas de alta densidad mejoran la precisión, pero aumentan la carga de renderizado/procesamiento. Riesgos de compatibilidad: Una mala topología puede introducir desafíos de rigging o artefactos de subdivisión.

Nota. Adaptado de “La guía definitiva sobre la topología de malla para modelos 3D de alto rendimiento,” por Stella, 2025, Meshy AI, https://www.meshy.ai/es/blog/mesh-topology

- Complementos usados en el modelado; Plugins y add-ons.

Los complementos, como su nombre hacen referencia, se tratan de herramientas externas que se adhieren al software de modelado tridimensional.

Según como menciona la página oficial de Blender, los complementos se tratan de Scripts que extienden las funcionalidades del software, además, estos complementos pueden ser

desarrollados por la empresa encargada del editor 3D o por personas aficionadas o dedicadas a la creación de estos scripts.

“Los addons son complementos que se pueden instalar en Blender para agregar funcionalidades adicionales al programa. Algunos vienen integrados con Blender (desactivados por defecto) y otros pueden descargarse desde sitios externos” (AuraProds, 2025).

Se presentan 3 tipos de Addons. Estos son:

Addons oficiales: Incluidos en Blender, pero requieren activación manual.

Addons de la comunidad: Desarrollados por usuarios y disponibles en repositorios externos y gratuitos.

Addons comerciales: Complementos de pago con funciones avanzadas y soporte dedicado.

Ahora bien, el término “plugins” son abordados con mayor frecuencia en softwares como SketchUp, con esto mencionado con anticipación, este término se presenta como:

“Técnicamente, una extensión incluye código extra que informa a SketchUp sobre los derechos de autor, el desarrollador y la descripción de la extensión. Ahora bien, los usuarios usan los términos "Plugin" y "Extension" indistintamente cuando se trata de SketchUp” (MindSight Studios Inc., 2021).

Con esto aclarado, dentro del software de SketchUp, las extensiones pueden realizar:

- Renderizado fotorrealista.

- Herramientas de dibujo personalizadas, como una para crear tejados.
- Herramientas para modificar geometrías existentes.
- Adjuntar atributos personalizados a objetos como coste, proveedor, etc.
- Generar listas de cortes y facturas de material.
- Automatizar tareas.
- Animación.
- Herramientas para manipular posiciones de texturas y materiales.
- Exportar e importar geometría y atributos personalizados.

Como se mencionó anteriormente, dentro de estas extensiones o Plugins, algunas son para renderizado, un ejemplo de este es Enscape.

Enscape se vende como un motor grafico para visualización arquitectónica, sin embargo, este es un plugin de renderizado de SketchUp, en él se unifican el proceso de modelado y visualización en uno solo y permite crear visualizaciones sin interrumpir el flujo de trabajo de diseño.

- Formatos de exportación de modelado 3D.

Los formatos de exportación de modelos 3D son estructuras de archivos que permiten almacenar y transferir información geométrica, material y de animación entre diferentes plataformas de modelado y renderizado, facilitando de esta manera la interoperabilidad en entornos de visualización digital.

Formatos universales:

Los formatos más usados en modelados para exportación son:

FBX (.fbx)

Se trata del formato más completo para transferencia de información 3D entre softwares.

Según la página oficial de Blender el formato FBX (Filmbox) es utilizado para intercambiar datos 3D entre aplicaciones, especialmente para personajes y datos de escenas complejas. Este formato es soportado por softwares como Autodesk Maya, 3ds Max, Cinema 4D y motores de juego como Unity y Unreal Engine.

Este formato guarda:

- Geometría (mesh)
- Materiales
- Animaciones
- Jerarquías

Su uso es más empleado en videojuegos y render en tiempo real.

OBJ (.obj)

Este tipo de formato es uno de los más ampliamente soportados ya que se utiliza para representa geometría simple con alta compatibilidad.

Según menciona la página oficial de Blockbench, el formato OBJ si bien podría ser el formato más soporta, este está limitado, ya que no almacena jerarquías y animaciones.

Según Blockbench y Blender sus ventajas y desventajas son:

Ventajas

- Apoyo casi unánime
- Sencillo de editar manualmente

Desventajas

- Sin jerarquía
- Sin animaciones
- Opción de materiales limitados

STL (.stl)

Este formato de exportación se emplea principalmente para la fabricación digital, no de visualización.

Según la página de Blender, este formato se llama Stereolithography y es útil si tienes intención de importar o exportar los archivos para software CAD y es más utilizada para cargar software de impresión 3D.

Este formato guarda: Geometría en triángulos.

Pero no puede incluir los materiales o texturas.

DAE (.dae) o Collada

Este tipo de formato permite la interoperabilidad entre plataformas, su nombre es Digital Asset Exchange, además este formato DAE se basa en el esquema COLLADA (Colaborative Design Activity).

Según la página de Blockbench, se trata de un formato 3D de código abierto destinado a intercambiar archivos entre diferentes programas 3D y soporta jerarquía y animaciones.

Ventajas:

- Guarda geometría.
- Guarda materiales.
- Guarda animaciones.
- Tiene soporte para todas las funciones importantes.
- Es compatible con Blender, Unity y muchos otros programas.

Desventaja:

- Opciones de materiales más limitadas en comparación con glTF

glTF / GLB (.gltf / glb)

Se trata de un formato eficiente orientado a experiencias interactivas, su nombre es “Graphics Language Transmissions Format”, es un formato usado para web, render en tiempo real y VR.

Según se menciona en la página de Blockbench, este tipo de formato es un estándar moderno y ampliamente adoptado para la exportación 3D. Sin embargo, a pesar de ser bueno para exportar modelos 3D hay algunas desventajas al usarlo para intercambiar archivos entre diferentes editores 3D.

Sus ventajas:

- Amplio apoyo
- Gran soporte para jerarquías y animaciones
- Buen soporte para materiales

- Texturas incrustadas

Desventajas:

- No está optimizado para más ediciones. Los quads se convierten en tris, los vértices ya no se comparten entre diferentes caras
- No hay soporte nativo en Unreal Engine y Unity.

De esta manera, se presenta la siguiente tabla mostrando más un enfoque al uso que se les puede dar a estos distintos formatos en la arquitectura y al VR.

Tabla 5

Tabla Comparativa de Formatos 3D para Arquitectura y Recorridos Virtuales

Formato	Nombre	Ventajas	Desventajas	Uso en Arquitectura	Uso en Recorridos Virtuales
FBX (.fbx)	Filmbox	- Alta compatibilidad - Soporta animaciones, materiales y jerarquías - Es un estándar en la industria	- Puede generar archivos pesados. - Formato de propietario.	Intercambio entre softwares como Blender, 3Ds Max, etc. Integración de modelos completos.	Ideal para Unity y Unreal Engine. Recorridos interactivos en tiempo real.
OBJ (.obj)	Wavefront OBJ	- Alta compatibilidad - Ligero - Fácil de exportar e importar	- No soporta animaciones. - Manejo limitado de materiales.	Modelos estáticos. Exportación de geometría básica.	Escenarios simples. Modelos sin interacción.
STL (.stl)	Stereolithography	- Preciso en geometría.	- No incluye materiales ni texturas.	Es útil para maquetas	Poco útil para recorridos virtuales.

For-mato	Nombre	Ventajas	Desventajas	Uso en Arquitectura	Uso en Recorridos Virtuales
		- Estándar en fabricación digital.	- No es apto para renderizado.	físicas como impresión 3D.	
DAE (.dae)	Collada	- Formato abierto. - Soporta animaciones y materiales.	- Menor estabilidad en algunos motores. - Menos optimizado.	Interoperabilidad entre softwares.	Uso limitado en motores actuales.
glTF / GLB (.gltf / glb)	Graphics Language Transmissions Format	- Optimizado para tiempo real. - Incluye materiales PBR. - Ligero y eficiente.	- Menor soporte en softwares antiguos.	Visualización digital avanzada. Modelos optimizados.	Ideal para web, VR y experiencias interactivas.

Nota. Tabla adaptada a partir de las páginas webs oficiales de: “3D export - Blockbench Wiki”., “Manual de Blender 5.1”., “GLTF - Runtime 3D Asset Delivery”.

Nota. En el contexto de la visualización arquitectónica y los recorridos virtuales, los formatos más destacados entre compatibilidad, eficiencia y capacidad de almacenamiento de información son el FBX y el glTF, haciendo de estos las opciones más adecuadas para renderizado en tiempo real.

Formatos originales / nativos.

(.skp) / (.blend) / (.max)

Estos son solo algunos de los formatos nativos que utilizan los softwares de modelado 3D, SketchUp (.skp), Blender (.blend) y el de 3Ds Max (.max). La cuestión con estos formatos es la dependencia a su propio software original, a pesar de esto, al tratarse de su formato original, estos poseen su propia información completa con respecto a su forma de trabajo.

Como ejemplo, el formato nativo de SketchUp:

Este formato guarda:

- Geometría
- Materiales y texturas
- Componentes
- Escenas y cámaras
- Información del modelo como las capas y etiquetas

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, sus desventajas radican en no tratarse de un formato universal, por lo tanto, puede existir incompatibilidad con motores en tiempo real según cual sea el motor y con esto se pueden presentar fallas con la geometría, los materiales y no necesariamente respetar las configuraciones de cámaras, capas y etiquetas, así como en este ejemplo, se puede observar en los demás formatos originales de cada software de modelado 3D.

- Motores de Renderizado 360°

- Definición de motor de renderizado, Render y Render 360°.

En primer lugar, un motor de renderizado, se define como un sistema computacional que utiliza algoritmos de iluminación y trazado de rayos para generar representaciones visuales realistas a partir de modelos tridimensionales, simulando el comportamiento físico de la luz, materiales y sombras.

En el mundo de los motores de renderizado existen 2 vertientes, el renderizado offline y el de tiempo real, el renderizado offline hace referencia al renderizado fotorrealista, el cual para poder ser ejecutada es necesario ocupar toda la potencia que puede ofrecer la laptop o PC y el de tiempo real busca ejecutar el proyecto con una previsualización del trazado de rayos del modo offline pero sin llegar a demandar muchos recursos del equipo, esto permite acelerar el proceso de iluminación, sombreado, texturizado y composición de una escena.

Ahora bien, una vez comprendido que un motor de renderizado es un sistema computacional utilizado para generar representaciones visuales, con esto como base, se puede definir el término “render” como el resultado visual de convertir un modelo 3D en una imagen o animación con resultados fotorrealistas.

Según la página web de la Universidad Europea (EU), Campus (2025), menciona:

El render es el proceso que transforma ese modelo digital en algo que puedes ver con todos sus detalles, como si existiera de verdad. Para conseguirlo, el software especializado realiza millones de cálculos que simulan cómo se comporta la luz al interactuar con las superficies, cómo se proyectan las sombras, qué texturas tienen los materiales y cómo se reflejan los colores.

Otro significado del término “render” es, “El término render proviene del inglés y significa representar o reproducir” (Campus, 2025).

Con esto se puede presentar una definición más cercana al termino “render 360°”, este también puede referirse como “render panorámico”, y se trata de una representación esférica e inmersiva generada digitalmente que permite visualizar un entorno tridimensional en todas las direcciones desde un punto fijo de observación.

Según Li et al. (2019) los renders 360 o como es abordado “video/imagen 360°”, son:

También conocido como panorámico, esférico u omnidireccional, es un nuevo tipo de multimedia que proporciona una experiencia inmersiva. El contenido del video/imagen 360° está en la esfera que cubre todo el rango de visión de 360×180°. En otras palabras, el video/imagen 360° rodea al espectador de manera continua y ocupa toda la visión del espectador, lo cual es diferente del video/imagen tradicional bidimensional (2D) que solo cubre un plano limitado (p.1).

Además, según Li et al. (2019) existen 4 tipos de proyecciones que cubren los 360° de visualización, estos son, el Equirectangular Projection (ERP), el Cubemap Projection (CMP), el Truncated Square Pyramid Projection (TSP) y el Craster Parabolic Projection (CPP).

- Tipos de motores de renderizado.

En Motores de renderizado como Blender se menciona que posee 3 tipos. El Cycles, el Eevee y el FreeStyle.

Cycles es el “motor de renderizado de producción basado en trazado de rayos de Blender” (Blender Foundation, s.f.).

El motor de EEVEE, “Previsualiza el sombreado de Cycles con gran precisión en tiempo real, en la ventana de visualización, y acelera significativamente el proceso de sombreado y texturizado” (Blender Foundation, s.f.).

FreeStyle “es un motor de renderizado no fotorrealista (NPR) basado en bordes y líneas. Se basa en datos de malla e información de profundidad para trazar líneas. Se pueden añadir varios estilos de línea para producir apariencias artísticas” (Blender Foundation, s.f.).

Campus (2025), menciona otros tipos de renderizados, dentro de ellos, el renderizado en tiempo real, el offline o pregrabado, el de trazado de rayo (Ray Tracing) y el renderizado de rasterización.

Renderizado en tiempo real

“Este tipo de renderizado genera imágenes instantáneamente, permitiendo interacción inmediata. Utilizada en videojuegos, aplicaciones de realidad virtual, realidad aumentada y visualizaciones interactivas” (Campus, 2025).

Renderizado offline o pregrabado

“También conocido como renderizado por lotes, este método no requiere velocidad inmediata. Se utiliza en producciones cinematográficas, animaciones y publicidad. Priorizando la máxima calidad visual sobre la velocidad” (Campus, 2025).

Renderizado con trazado de rayos (Ray Tracing)

“Esta técnica simula el comportamiento físico real de la luz, siguiendo el recorrido de los rayos luminosos desde la cámara hacia las fuentes de luz. El resultado es extremadamente realista, con reflexiones, refracciones y sombras físicamente precisas” (Campus, 2025).

Renderizado con rasterización

“Es la técnica tradicional más rápida, funciona proyectando los polígonos 3D directamente en la pantalla. Aunque menos precisa que el ray tracing, su velocidad la hace ideal para aplicaciones en tiempo real” (Campus, 2025).

- Cuál es su funcionamiento dentro del entorno 3D y la percepción del espacio.

El funcionamiento dentro de un entorno 3D y su percepción espacial cambia según el tipo de motor y la técnica que se está usando. Es decir, cada motor de renderizado interpreta de manera distinta las escenas y esto es el principal factor que cambia la percepción y experiencia visual del usuario.

De esta manera, se pueden entender el comportamiento del entorno 3D y la percepción del espacio según el motor y el tipo de renderizado.

Tabla 6

Funcionamiento del Entorno 3D y la Percepción de Espacio Según el Tipo de Renderizado

Tipo de Renderizado	Funcionamiento en el Entorno 3D	Relación con la Percepción espacial
Renderizado en Tiempo Real	- Calculan la iluminación, sombras y materiales en tiempo real - Actualizan la escena instantáneamente conforme el usuario se desplaza - Prioriza la velocidad y fluidez visual	- Favorecen la sensación de inmersión y recorrido - Permiten comprender escala, profundidad y circulación - Mejoran la percepción arquitectónica mediante interacción dinámica - Son ideales para recorridos virtuales y VR
Renderizado Offline o Pregrabado	- Procesan iluminación de manera avanzada - Simulan físicamente materiales y luz - Generan imágenes estáticas o animaciones de alta calidad	- Incrementan el realismo visual - Mejoran la lectura de materiales, profundidad y atmosfera - Ayudan a interpretar iluminación natural y artificial - La interacción es limitada debido a que se actualiza en tiempo real
Renderizado por trazado de rayos (Ray Tracing)	- Simulan trayectorias físicas de la luz - Calcula reflejos, refracciones y rebotes lumínicos - Reproduce comportamiento realista de iluminación	- Aumenta el realismo perceptual - Mejora comprensión de materiales y profundidad - Genera iluminación natural más convincente - Produce sensación espacial más cercana a la realidad
Renderizado por rasterización	- Convierte la geometría 3D en pixeles 2D rápidamente - Simplifica cálculos lumínicos para mantener la velocidad - Optimiza rendimiento grafico	- Permite la navegación fluida - Mantiene interacción constante - Puede reducir precisión visual en iluminación y reflejos

Tipo de Renderizado	Funcionamiento en el Entorno 3D	Relación con la Percepción espacial
		- Favorece la experiencia interactiva más que el realismo absoluto

Nota. Tabla elaborada a partir de las páginas webs oficiales de: Chaos Docs., AutoDesk., Manual de Blender 5.1., OctaneStudio., Omniverse.

- Como se relacionan con los VR 360°.

En relación con los recorridos virtuales (VR), especialmente con el uso de renders 360° se logra directamente con los motores y las técnicas de renderizado debido a que estos determinan el nivel de realismo, interacción e inmersión del espacio virtual. Estos motores de renderizado ya sea de tiempo real, de rasterización o Ray Tracing permiten generar experiencias visuales capaces de mejorar la percepción espacial, profundidad, escala y presencia dentro de entornos arquitectónicos virtuales.

Gomez-Tone et al. (2021) aborda el uso de los motores de renderizado y el VR desde la búsqueda de la inmersión. Menciona lo siguiente:

La Realidad Virtual Inmersiva, a través de la dimensión visual de la percepción, en combinación con la retroalimentación de la interactividad, puede ser útil para generar inmersión, entendida como la sensación de estar presente, incluso mientras uno mantiene la conciencia de que es solo un modelo digital (Hermund et al., 2017). Esta condición, junto con un entorno virtual, proporciona un vínculo directo entre la percepción humana y los entornos que creamos, haciendo que cada persona perciba su entorno de manera única, superponiendo subconscientemente su entorno con información para crear no solo un espacio literal, sino un “espacio perceptual” propio (Holth & Schnabel, 2017).

- Motores de renderizado.

Abarcando las fuentes anteriores que proporcionaron la definición y los tipos de renderizado, la siguiente tabla presenta motores según el tipo de renderizado.

Tabla 7

Tabla de Motores Según el Tipo de Renderizado

Tipo de Renderizado	Motores de Renderizado	Características
Renderizado en tiempo real	Unreal Engine Unity Lumion Twinmotion Enscape	- Respuesta inmediata - Menor tiempo de procesamiento - Ideal para interacciones y recorridos virtuales - Puede sacrificar precisión física para mantener fluidez
Renderizado offline o pregrabado	V-Ray Corona Renderer Arnold Redshift OctaneRender	- Alta calidad visual - Cálculos complejos de iluminación global - Mayor tiempo de render - Usado en cine, arquitectura y animación
Renderizado por trazado de rayos (Ray Tracing)	Arnold V-Ray Cycles OctaneRenderer Redshift NVIDIA Omniverse	- Reflejos foscamente precisos - Iluminación global avanzada - Alto realismo - Requiere mayor capacidad computacional
Renderizado por rasterización	Unity Unreal Engine Lumion Twinmotion	- Muy rápido - Utilizado en videojuegos y tiempo real - Menor precisión física comparada con Ray Tracing - Optimizado para interacción continua

Nota. Tabla elaborada a partir de las páginas webs oficiales de: Chaos Docs., AutoDesk., Manual de Blender 5.1., OctaneStudio., Omniverse.

Es útil tener en cuenta que algunos motores de renderizado combinan varios de estos tipos de renderizado. Por ejemplo:

- Unreal Engine utiliza rasterización en tiempo real y Ray Tracing mediante RTX.
- V-Ray puede funcionar como motor de renderizado offline y de igual modo ofrece render en tiempo real según los parámetros ajustables.
- Lumion por otro lado ofrece una mezcla de rasterización con técnicas hibridas de iluminación.

- Herramienta de postproducción digital
- Definición de postproducción.

La postproducción es la etapa posterior al proceso de renderizado, en esta etapa se realizan ajustes y modificaciones visuales mediante software especializado con el propósito de mejorar la calidad, ya sea estética, técnica y comunicativa. Si los observamos desde el ámbito de la visualización arquitectónica, la postproducción permite corregir la iluminación, color, contraste, texturas u otros elementos que aporten realismo y una mejora en la representación gráfica.

Una definición que se presenta por la Universidad Europea (2024) es la siguiente:

La postproducción es un conjunto de procesos que se ejecutan después de una filmación en una producción audiovisual. Conlleva partes como la edición del material grabado, añadir efectos especiales, mezclar sonidos y cambiar saturaciones entre otras muchas acciones. El objetivo final de la postproducción es la mejora del contenido para que se ajuste a los estándares de la industria, así como a las directrices del director.

La página web Aprendercine (2025) nos menciona otra definición que no está alejada de la anterior, es la siguiente:

La postproducción (o posproducción) audiovisual es la última etapa de producción de cualquier proyecto audiovisual, en la que se realizan todos los procesos necesarios para conformar la película o producto final, y que se vea o escuche lo mejor posible.

En ambos casos, la parte esencial de estas definiciones recae en la edición del material, cuyo objetivo es realizar ajustes al contenido, esta es la parte fundamental de estas herramientas y con ellos exponenciar la calidad grafica o audiovisual, en este caso de VR 360°.

- Cuál es la utilidad de la postproducción en los renders 360°.

El uso de herramientas de postproducción se relaciona con los VR 360° debido a que estos influyen en la calidad de la experiencia inmersiva y en la percepción espacial, esto se debe a las modificaciones que ofrecen estas herramientas al postproducir los recursos necesarios para estos VR 360°.

Estas herramientas de postproducción pueden ofrecer ajustes como:

- Corrección de color, brillo y contraste
- Ajuste de iluminación global del entorno
- Corrección de costuras panorámicas
- Optimización de texturas y materiales
- Eliminación de errores o artefactos visuales
- Integración de efectos ambientales y elementos gráficos
- Herramientas de postproducción.

Existe una gran variedad de herramientas de postproducción, estos son utilizados para editar, corregir y mejorar imágenes o videos, en la visualización arquitectónica y generación de

renders 360° estas herramientas permiten optimizar la calidad visual y adaptar el contenido a experiencias inmersivas.

Algunas de estas herramientas son:

- Adobe Photoshop: utilizado para corrección de color, retoque de imágenes, edición de texturas y composición visual.
- Adobe After Effects: es empleado para animaciones, efectos visuales y edición de video.
- DaVinci Resolve: utilizado para la edición de video y corrección de color en videos, es similar a Premier, pero gratuito.
- Adobe Premier: utilizado para edición y efectos visuales.
- Affinity: esta herramienta permite la edición fotográfica, maquetación y trabajo vectorial, siendo similar a Photoshop e Illustrator, pero gratuito.

- Plataformas de visualización 360°

- Que son las plataformas de visualización 360°.

Las plataformas de visualización 360° son sistemas digitales o aplicaciones diseñadas para mostrar, gestionar y reproducir contenido panorámico e inmersivo en entornos virtuales, básicamente son plataformas que permiten visualizar imágenes, renders, videos o recorridos virtuales en formato esférico, esto para poder observar y explorar espacios en distintas direcciones y de manera interactiva.

P (2025) menciona desde la plataforma de Matterport que esta tecnología se basa: En tecnologías avanzadas que permiten la creación de modelos tridimensionales precisos. El proceso es tanto técnico como creativo, involucrando la captura de imágenes y su posterior

transformación en representaciones tridimensionales interactivas. Esto permite transformar imágenes capturadas de espacios físicos en representaciones tridimensionales detalladas y navegables. A través de técnicas avanzadas, se logra replicar con precisión la geometría y los detalles de un entorno.

- Como funcionan y se relacionan en la creación e interactividad de los VR 360°.

Estas plataformas de visualización 360° funcionan como un medio donde se integran las imágenes panorámicas, renders esféricos o videos inmersivos dentro de este entorno digital y permiten al usuario recorrer este espacio mediante movimiento del mouse, pantalla táctil o visores VR.

Estas plataformas permiten:

- Navegar entre distintos renders 360°.
- Integrar hotspots o puntos interactivos.
- Incorporar información inmersivos adicional como texto, imagen, audio, y video.
- Generan recorridos inmersivos en tiempo real.
- Adaptan el recorrido en distintos dispositivos.
- Mejoran la percepción espacial y orientación del usuario.

La relación que se tiene entre las plataformas y los VR 360° es fundamental, ya que estas herramientas permiten transformar los renders panorámicos estáticos en un recorrido que permite interacción e inmersión.

- Plataformas de visualización 360° y que puede realizar cada plataforma.

Algunas de las plataformas de visualización 360° son las siguientes:

Matterport

Es una plataforma especializada en recorridos virtuales inmersivos y digitalización de espacios. Permite tours virtuales interactivos mediante fotografías 360° y el escaneo tridimensional.

Funciones principales:

- Creación de recorridos virtuales interactivos.
- Navegación entre espacios interiores.
- Integración de planos y vistas dollhouse.
- Compatibilidad con dispositivos VR.
- Inserción de etiquetas informativas y multimedia.

Kuula

Es una plataforma en línea especializada para la creación, edición y compartición de recorridos virtuales 360°, es popular por la facilidad de uso y su compatibilidad con múltiples dispositivos, así como una amplia personalización.

Funciones principales:

- Publicación de renders 360°.
- Creación de recorridos interactivos.
- Integración de hotspots.
- Compatibilidad con móviles y VR.
- Inserción de audio y contenido multimedia.

3DVista Virtual Tour

Se trata de un software especializado que permite realizar recorridos virtuales sin necesidad de programación avanzada.

Funciones principales:

- Creación de recorridos VR 360°.
- Integración de audio, video y animaciones.
- Compatibilidad con visores de realidad virtual.
- Incorporación de mapas interactivos.
- Hotspots y navegación personalizada.

Pano2VR

Es una herramienta enfocada en la creación de recorridos panorámicos interactivos a partir de imágenes 360°.

Funciones principales:

- Permite unir y visualizar panorámicas.
- Crear recorridos virtuales.
- Integrar hotspots.
- Exportar para web y dispositivos VR.
- Personalizar interfaces interactivas.

Twinmotion Cloud

Es un sistema/servicio en línea que permite desarrollar y compartir escenas y recorridos inmersivos creados en el motor de renderizado Twinmotion.

Funciones principales:

- Visualización en tiempo real.
- Comparte recorridos mediante enlaces web.
- Ofrece navegación interactiva.
- Compatibilidad con dispositivos móviles y VR.
- También permite renderizado en tiempo real desde la nube.

Chaos Cloud

Este es similar a *Twinmotion Cloud* ya que, si permite la visualización de panoramas, sin embargo, su enfoque esta más dirigido al renderizado en la nube más que a los VR 360°. De esta manera, esta herramienta puede participar en el flujo de trabajo, ya que permite la generación, almacenamiento y distribución de renders panorámicos, pero es necesario tener en cuenta que esta herramienta no cuenta con interacción avanzada como ofrecen otras plataformas dedicadas a los VR.

Funciones principales de esta herramienta:

- Procesar renders en la nube.
- Compartir imágenes panorámicas y renders 360° mediante enlaces web.
- Revisar escenas renderizadas de forma remota.

- Facilitar la visualización colaborativa entre clientes y diseñadores.
- Integrarse con motores de renderizado como V-Ray, Corona Render y Enscape.

e) Técnicas y Recursos de Renderizado

- Materiales basados en renderizado físico (PBR).
  - Definición de Materiales basados en renderizado físico (PBR).

Los materiales basados en renderizado físico (PBR) son sistemas de representación digital fundamentados en principios físicos del comportamiento de la luz y las superficies, utilizados para generar materiales tridimensionales con propiedades visuales realistas y consistentes dentro de diferentes condiciones de iluminación.

Según la página oficial de Lumion, los “materiales PBR (Physically Based Rendering) es una tecnología de renderizado 3D que interpreta los colores y las texturas de los materiales aplicados en la escena como sucedería en la realidad, acorde con las leyes físicas de la luz” (Lumion, 2023).

Se menciona incluso que el color y la textura ayuda al cerebro a descifrar cómo son los materiales, esto siendo fundamental en renders 3D. Incluso, es necesario entender que el color de un objeto es fruto de la combinación de diferentes elementos y esta descomposición es lo que nos proporcionan los materiales PBR.

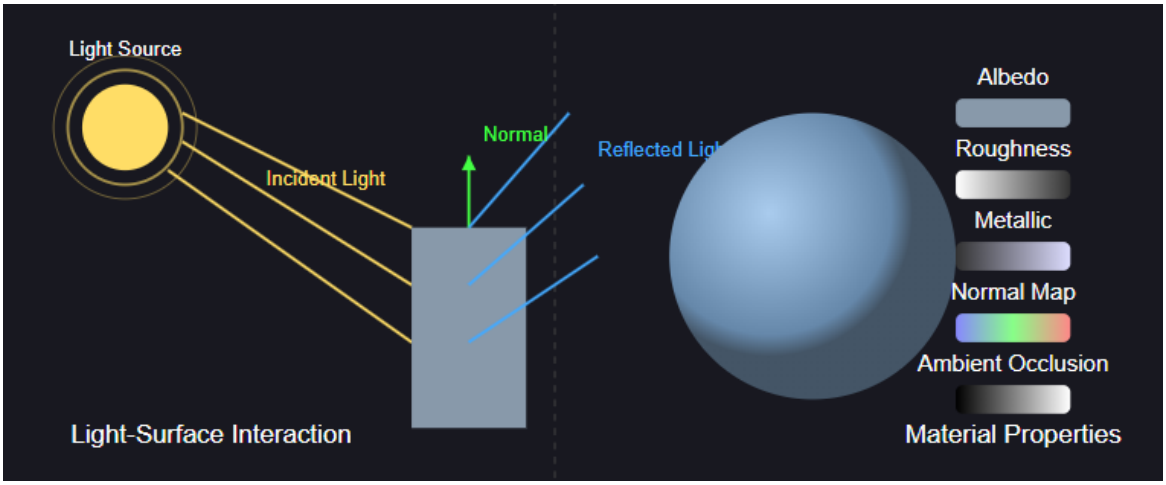
Otra definición de “PBR” es la siguiente:

“Es una técnica fundamental para lograr el fotorrealismo en los gráficos por computadora modernos, desde videojuegos hasta arquitectura”, “el PBR asegura que los objetos renderizados se comporten como sus contrapartes del mundo real bajo diversas condiciones de iluminación” (D5 Render, 2025).

- Principios físicos de los materiales PBR

Figura 2

Comportamiento de los Materiales PBR con la Iluminación



Nota. De “Qué es PBR: su guía para el renderizado realista”, 2025, D5 Render, https://www.d5render.com/es/posts/what-is-pbr-in-computer-graphics

Los materiales PBR al tener contacto con una iluminación, se presenta una simulación del comportamiento de la luz en el mundo real, presentando así una interacción entre luz y materiales, como se observa en la figura, la iluminación al entrar en contacto con el material, este se comporta de forma distinta según sus propiedades y las condiciones de iluminación, estas propiedades se ajustan según los mapas de texturas que componen estos materiales.

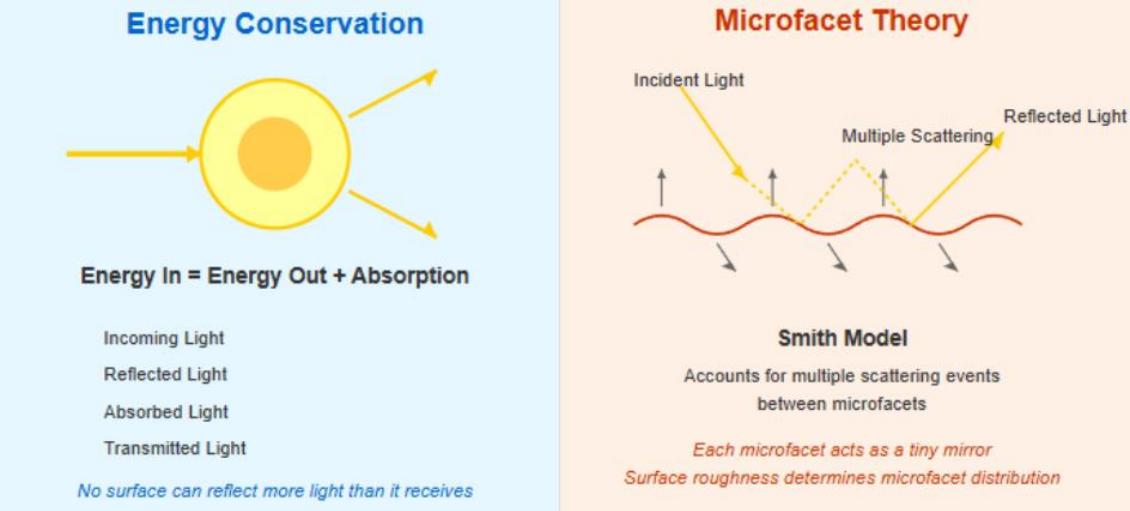
“Por ejemplo, los mapas de rugosidad afectan cuán nítidos o borrosos son los reflejos, mientras que los mapas de metalizado deciden si una superficie se comporta como metal” (D5 Render, 2025).

Como se puede observar, los materiales PBR no solo contienen estas propiedades en sus mapas de texturas, también “los modelos de iluminación son el corazón de PBR (Physically Based Rendering), controlan cómo se comporta la luz en una escena, desde proyectar sombras hasta crear reflejos y brillos realistas” (D5 Render, 2025).

- Mapas de texturas de materiales PBR

Figura 3

Conservación de Energía y Teoría de Microfacetas



Nota. De “Qué es PBR: su guía para el renderizado realista”, 2025, D5 Render, https://www.d5render.com/es/posts/what-is-pbr-in-computer-graphics

En la figura x se observa como la conservación de la energía y la teoría de microfacetas son clave para que los materiales luzcan reales.

Según D5 Render (2025), estos principios del PBR se observan en:

La conservación de la energía evita que las superficies reflejen más luz de la que reciben, evitando un brillo antinatural. La teoría de microfacetas explica cómo las diminutas protuberancias de la superficie reflejan la luz, añadiendo brillo y textura realistas. El modelo de Smith incluso simula el rebote de la luz entre estas protuberancias para añadir realismo. Juntos, estos principios hacen que los materiales de tu escena se sientan vivos y creíbles.

De esta manera, las propiedades de los materiales PBR al estar presentes en mapas de texturas, les permite hacer ajustes muy precisos de cada uno de los aspectos del material.

Tabla 8

Mapas más Comunes en Materiales PBR

Mapa de Textura	Aporte del Mapa de Textura
Mapa de textura (Texture)	Aporta la información sobre el color general del material, es como una fotografía hecha al propio material en la realidad. También se puede llamar mapa *difuso* o *Albedo*, (Albedo significa que es una versión del color plano, sin luces ni sombras de la textura).
Mapa Normal (Relief)	Crea el efecto de relieve sobre el material, sin que existan polígonos reales. La forma en que trabaja este mapa es asociando 3 colores a las diferentes orientaciones de la superficie, de esta manera el motor de render interpreta el volumen y lo traduce en zonas de más luz o de más sombra.
Mapa de rugosidad (Roughness)	Se utiliza para dar distintos tipos de desgaste al material, puede utilizarse para pequeños detalles o arañazos, suciedad, roturas, etc.
Mapa reflexión (Reflectivity)	Indica cuánto se refleja la luz sobre la superficie del material. Si el material PBR refleja la luz en todas sus partes por igual este mapa será de un color plano, pero si hay algunas zonas más brillantes que otras, el mapa tendrá una escala de grises donde las zonas blancas del mapa indican mucha reflexión y las oscuras indican poca reflexión.
Mapa de metalizado (Metalness)	Determina si un material es metálico o no, este mapa se suele utilizar en materiales completamente metálicos por lo que es un color negro plano, sin embargo, puede ser que estemos trabajando con materiales PBR con unas partes más metálicas que otras, como una malla metálica o un conglomerado de piedras con partículas metálicas, en ese caso, de nuevo en escala de grises se determinará qué partes son más metalizadas que el resto.

Mapa de Textura	Aporte del Mapa de Textura
Mapa de Emisividad (Emisive Strength)	Cuando tenemos un material emisivo y la emisión no es regular en toda la superficie, podemos cargar un mapa que actúe de forma similar a una máscara y definir qué partes del material emiten luz y qué partes no.
Mapa de desplazamiento (Displacement)	Al contrario que el mapa de normales, este mapa sí que genera un movimiento en los puntos de la imagen, se aplica en materiales con muchos polígonos y gran definición, este mapa no hace un efecto óptico como el mapa de normales, sino que desplaza puntos de la malla y modifica polígonos reales, es uno de los mapas que aporta más realismo.
Mapa de opacidad (Opacity)	Para materiales con partes transparentes o semitransparentes se puede utilizar un mapa en escala de grises siendo el blanco completamente transparente y el negro nada transparente.
Ambient Occlusion (AO)	Este efecto genera pequeñas sombras y luces que se crean en las zonas que no están iluminadas directamente. En el caso de utilizar motores de render con tecnología de trazado de rayos no es necesario utilizar este mapa, ya que estos cálculos se realizan de manera automática con los rebotes de luz.

Nota. Adaptado de "*¿Qué son los materiales PBR?*", 2023, *Lumion,* https://lumion.es/materiales-pbr/

- Su importancia en la visualización arquitectónica.

Los materiales PBR se vuelven fundamentales en la visualización arquitectónica porque permiten representar los materiales de manera realista y coherente según las condiciones de iluminación. Su importancia se basa en las mejoras, desde lo visual, lo creíble y la comunicación entre arquitectos, clientes y desarrolladores.

Entre los principales aportes de los materiales PBR en la visualización arquitectónica se encuentran:

- **Mayor realismo visual**

Los materiales PBR "simulan cómo la luz interactúa con materiales reales como madera, metal, tela y piedra. Las texturas PBR utilizan una combinación de mapas difuso, especulares y normales para lograr este nivel de realismo" (A23D, 2023).

- **Consistencia bajo diferentes condiciones de iluminación**

Una ventaja que presentan los materiales PBR son su comportamiento ante la iluminación ya “las texturas PBR están diseñadas para ser físicamente precisas y responder a la luz de forma predecible. Esto significa que las visualizaciones creadas serán consistentes entre diferentes configuraciones de iluminación, facilitando la creación de visualizaciones precisas y fiables” (A23D, 2023).

- **Mejor comunicación del proyecto arquitectónico**

En la arquitectura, los renders ayudan a representar de forma más precisa acabados, texturas y atmosferas, “esto es especialmente importante al presentar un diseño a un cliente, ya que el realismo de la visualización puede ayudarle a comprender mejor el producto final” (A23D, 2023).

- **Optimización del flujo de trabajo**

El uso de materiales PBR estandariza los procesos de producción en motores de renderizado, como ejemplo, “los recursos son más reutilizables, lo que reduce la necesidad de ajustes manuales en cada escena, que era común en métodos antiguos. Esto permite a los diseñadores centrarse más en la creatividad y menos en soluciones técnicas para solucionarlos” (What Is PBR, 2024).

- Relación entre experiencia de usuario y los recorridos 360°.

Los materiales PBR funcionan como un vínculo entre el renderizado arquitectónico y la experiencia inmersiva de los recorridos 360°, ya que estos permiten representar materiales y condiciones lumínicas de forma físicamente real o coherente, mejorando significativamente el fotorrealismo, la percepción espacial y la experiencia de usuario dentro de entornos virtuales arquitectónicos.

En consecuencia, los recorridos 360° apoyados en materiales PBR no solo funciona como herramienta para visualizar representaciones arquitectónicas, también sirve como medio de comunicación e interacción arquitectónica que ofrece información más precisa y de manera inmersiva. Por lo tanto, al estar presente estos materiales PBR, se logra en los VR 360° incrementar la sensación de inmersión y presencia, con ello se facilita la lectura espacial y material del proyecto, de este modo se puede comunicar:

- Acabados arquitectónicos
- Atmosfera interior y exterior del proyecto
- Interacción de la luz
- Percepción de profundidad
- Jerarquía espacial

Además, los materiales PBR se han vuelto el estándar en la visualización 3D, gracias a esto y a los motores gráficos en tiempo real se logran recorridos que permiten mantener la calidad visual, el rendimiento, la iluminación dinámica y la interacción del usuario, generando de esta manera experiencias más fluidas e inmersivas.

- Mapas de iluminación de alto rango dinámico (HDRIs).

- Definición de Mapas de iluminación de alto rango dinámico (HDRIs).

Un HDRI o “High Dynamic Range Images” son imágenes panorámicas que contienen un amplio rango de información lumínica, utilizada en software de modelado 3D y en motores de renderizado para simular condiciones reales de iluminación dentro de entornos virtuales.

Giancr (2025) nos presenta la siguiente definición:

Es una imagen que contiene almacenada la información tanto de las luces como de las sombras que se haya podido capturar con una cámara de fotos es decir una imagen así tiene un

alto rango de información. Este rango de captura con una cámara fotográfica se representa en “Pasos” y con las siglas EV.

“Un archivo HDRI o HDR es lo mismo y por lo general lleva una extensión. hdr ó. exr algunos pueden ser también. raw, tiff y algunos otros” (Giancr, 2025).

- Principios del alto rango dinámico

El alto rango dinámico permite representar intensidades de iluminación superiores a las soportadas por imágenes convencionales, conservando información lumínica tanto en altas luces como en sombras profundas, por lo tanto, esta captura de información ayuda a representar escenas con mayor fidelidad visual.

Los HDRIs pueden conservar detalles en áreas oscuras, zonas sobreexpuestas y variaciones naturales de iluminación. Esto claro, mejora la simulación ambiental en renderizado.

Simulación de condiciones reales.

Los HDRIs permiten simular condiciones reales de iluminación mediante la captura y reproducción de información lumínica ambiental proveniente de entornos físicos reales. Por lo tanto, logran simular:

- Iluminación natural
- Clima
- Hora del día
- Color atmosférico
- Comportamiento ambiental de la luz

Tipos de cielo aplicados.

Los HDRIS pueden representar:

- Cielos despejados
- Atardecer.
- Dia anublado.
- Iluminación interior.
- Iluminación urbana nocturna.
- Ambientes tropicales.
- Iluminación artificial.

Claro está que esto depende mucho según el tipo de cielo, ya que este modifica la intensidad lumínica, temperatura del color, dureza de sombras y atmosfera espacial.

Tabla 9

Efectos de los HDRIs

Afecta	Efectos
Reflejos	Afecta los materiales en general, pero se observan principalmente en vidrio, metal, agua y superficies brillantes, este se relaciona con los materiales PBR ya que estos utilizan la información del HDRI para reflejar el entorno de forma físicamente coherente.
Sombras	Sus efectos dependen de la intensidad y posición de la iluminación HDRI, este afecta dirección de sombras, suavidad de la sombra, contraste y profundidad visual.
Color	Sus efectos se observan en la tonalidad ambiental, balance, temperatura de color y percepción atmosférica del espacio, este último depende según la temperatura del HDRI, si este es cálido genera un ambiente acogedor y un HDRI frio genera un ambiente técnico o nocturno.
Color de la luz	Estos efectos se observan según la luz emitida por el HDRI, se observa en la luz generada en sombras, en los tonos al atardecer y la iluminación difusa al tratarse en cielos nublados, en síntesis, estos efectos varían según la luz que transmite al ser tomado este HDRI.

Nota. Adaptado de “Guía Definitiva para Crear Imágenes HDRI”, por CityGame, 2024, https://citygame.com.ar/how-to-create-hdri/

En tema de visualización arquitectónica, los HDRIs permiten generar iluminación ambiental físicamente coherente, mejorando la representación especial, el realismo visual y la percepción atmosférica del entorno arquitectónico.

Por otro lado, el uso de HDRIs en renders panorámicos y recorridos virtuales contribuyen a generar iluminación envolvente y coherente desde múltiples direcciones de observación, esto fortalece el realismo visual y la percepción inmersiva del entorno virtual.

- Optimización de recursos en entornos virtuales.

Proxys:

- Definición de Modelos tridimensionales optimizados con uso de Proxys.

En esencia un Proxie, también llamados proxys, son representaciones simplificadas o “low poly” de modelos tridimensionales complejos, estos son utilizados para optimizar el rendimiento dentro de escenas digitales, ya sea en softwares de modelado 3D o motores de renderizado como V-Ray, Corona, Enscape, etc.

“Un proxy es un objeto que representa a otro objeto más complejo en una escena de SketchUp, lo que ayuda a mejorar el rendimiento y la velocidad de la aplicación” (Okoye, 2025).

Okoye (2025) menciona lo siguiente desde la perspectiva del uso de SketchUp:

La principal diferencia entre un proxy y un objeto original en SketchUp es que el proxy es una representación simplificada del objeto original. El proxy utiliza menos recursos del sistema y se utiliza para mejorar el rendimiento y la velocidad de la aplicación. Sin embargo, el objeto original puede tener más detalles y características que el proxy.

- Principios de los proxys.

El principio fundamental de los proxys como se ha comprendido, es mostrar versiones básicas de objetos más complejos, estas formas básicas se presentan en cajas, geometría reducida, formas simplificadas o en representaciones de baja resolución.

Tabla 10

Muestra de las Características de los Proxys

Características	Proxys
Detalle	Simplificado, geometría reducida
Uso de Recursos	Bajo, optimiza el uso de memoria y CPU
Aplicación	Optimización de rendimiento y gestión de escenas
Interactividad	Limitada, usados principalmente para representación simplificada
Escalabilidad	Alta, permite manejar escenas grandes y complejas

Nota. Adaptada de “Arte & TécnicaArquitectura & Ingenieria”, por Arte & Técnica, 2024, https://arteytecnica.com/blog/2024/05/24/arquitectura-digital/

Como se observa, lo proxys contribuyen a optimizar el rendimiento de escenas tridimensionales complejas al reducir la carga computacional durante la edición y visualización en tiempo real, favoreciendo entornos interactivos más fluidos y estables.

Visto entonces desde el contexto de la arquitectura, los proxys permiten incorporar grandes cantidades de elementos tridimensionales complejos de una escena digital, facilitando el trabajo en escenas grandes y complejas, mejorado la velocidad y capacidad de respuesta del software, optimizando así el rendimiento y la representación detallada de entornos arquitectónicos.

En recorridos virtuales y render panorámicos, los proxys permiten optimizar escenas tridimensionales complejas manteniendo altos niveles de detalle visual sin comprometer el rendimiento del sistema ni la fluidez de la experiencia inmersiva, es decir, si es observado desde

la experiencia de usuario, es fantástico, ya que favorece una experiencia más fluida dentro de entornos virtuales, permitiendo que los VR sean más estables y mejorado la percepción inmersiva del espacio digital.

IES

Un archivo IES se tratan de archivos de texto sin formato que contienen las mediciones de luz y cantidad de luz.

He (2023) menciona que se tratan de archivos que se guardan en un formato especificado por la Illuminating Engineering Society (IES). Los diseñadores de edificios y los ingenieros civiles suelen utilizarlos para simular sistemas de iluminación durante el proceso de diseño.

Estos archivos contienen información sobre la distribución de la luz emitida de una instalación de iluminación, esto permite diseñar y analizar los efectos luminosos.

En síntesis, “los archivos IES se utilizan para representar con precisión las propiedades fotométricas de los aparatos o sistemas de iluminación” (He, 2023).

Team (2026) menciona que los archivos IES contienen datos como son:

- “Cabecera: Fabricante, modelo, fecha, descripción”.
- “Datos de lámparas: Número de lámparas, lúmenes por lámpara, vatios”.
- “Geometría: Dimensiones de la luminaria, apertura luminosa”.
- “Ángulos fotométricos: Ángulos verticales (0°-180°) y ángulos horizontales (0°-360°)”.
- “Valores de Candela: Intensidad de luz en cada combinación de ángulos”.

Barrachina (2025) presenta las siguientes justificaciones para usar archivos IES.

Los archivos IES permiten, realizar simulaciones y renderizados realistas de iluminación, evaluar los niveles de iluminancia (lux / footcandles) en las superficies, validar el cumplimiento

de las recomendaciones de IESNA y comparar las diferentes fotometrías en luminarias en el mismo proyecto.

De este modo en proyectos de gran escala como hoteles, oficinas, museos, espacios públicos, los archivos IES son esenciales para diseñar con precisión y justificar las especificaciones durante las presentaciones o aprobaciones.

Es importante mencionar que la parte de diseño de iluminarias se basa principalmente en el uso de softwares más dedicados a estos, como Revit, DIALux y AGi32.

CAPÍTULO 3

Metodología Para el Diseño de una Propuesta Metodológica

Figura 4



Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO 4

Análisis de Propuestas Metodológicas Existentes

a) Casos de Aplicación Nacionales e Internacionales de VR 360°

- **Proyectos arquitectónicos con recorridos virtuales 360°**

Análisis de casos de recorridos virtuales 360°, analizados desde la perspectiva de la experiencia de usuario, las características de estos recorridos, sus ventajas y desventajas.

Internacionales

Tabla 11

Caso The White House de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	The White House
Ubicación	Washington D.C., Estados Unidos.
Tipo de proyecto arquitectónico	Edificio gubernamental e histórico.
Objetivo del recorrido virtual	Brindar acceso digital e interactivo a espacios históricos y arquitectónicos de la Casa Blanca.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías panorámicas 360°. - Integración con plataformas digitales interactivas. - Navegación mediante Hotspots - Integración de recursos multimedia. - Compatibilidad en móviles y laptops.
Características del recorrido 360°	- Exploración de salas históricas. - Navegación entre áreas interiores y exteriores. - Inclusión de información histórica contextual.
Elementos de UX presentes	- Orientación espacial. - Puntos de referencia visual. - Fluidez de navegación. - Interfaz intuitiva. - Interacción multimedia. - Continuidad espacial.
Ventajas observadas	- Accesibilidad educativa. - Difusión histórica. - Exploración arquitectónica remota.
Limitaciones detectadas	- Restricción de ciertas áreas restringidas. - Dependencia a la conexión web.

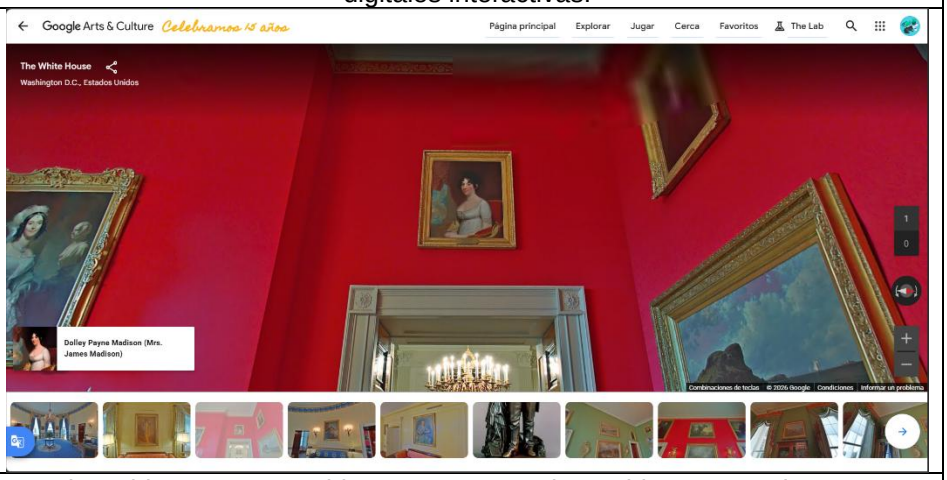
Relación con la investigación	Permite analizar como los recorridos virtuales pueden emplearse para transmitir información arquitectónica, cultural y espacial mediante plataformas digitales interactivas.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	The White House, Washington D.C., Estados Unidos — Google Arts & Culture. (n.d.). Google Arts & Culture. https://artsandculture.google.com/streetview/the-white-house/jQGRSIlnzvE8_w?sv_lng=-77.03658635064072&sv_lat=38.89756669851591&sv_h=354.7281881533525&sv_p=-0.27595604135382246&sv_pid=Bheop4GstyAZfmLk72av_g&sv_z=1

Tabla 12

Caso Sagrada Familia de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Sagrada Familia
Ubicación	Barcelona, España.
Tipo de proyecto arquitectónico	Basílica y patrimonio arquitectónico.
Objetivo del recorrido virtual	Mostrar la complejidad arquitectónica y espacial del templo mediante una experiencia inmersiva digital.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías panorámicas 360°. - Visualización interactiva en página web. - Uso de sonidos en las fotografías panorámicas.
Características del recorrido 360°	- Exploración de interiores y fachadas. - Visualización de detalles arquitectónicos. - Acceso a zonas elevadas y criptas. - Sensación espacial e inmersiva.
Elementos de UX presentes	- Percepción de profundidad. - Orientacion espacial. - Experiencia inmersiva.
Ventajas observadas	- Acceso remoto al patrimonio arquitectónico. - Difusión cultural internacional. - Comprensión espacial del edificio.

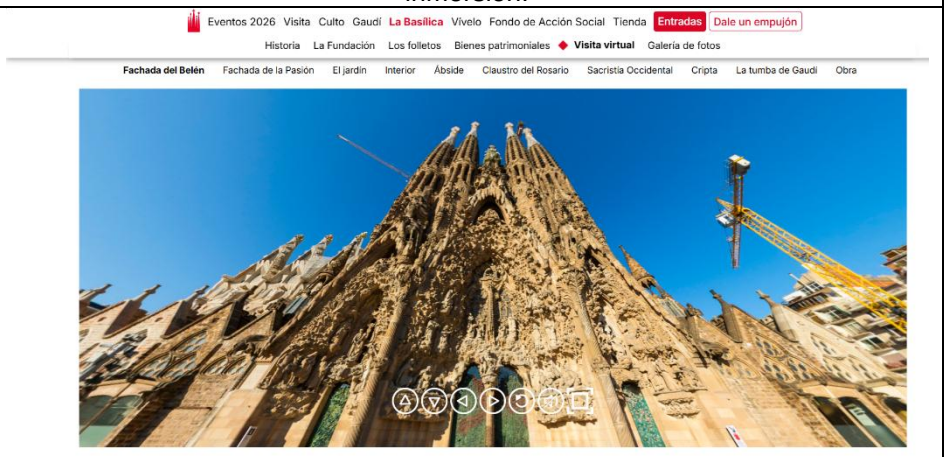
Limitaciones detectadas	- Experiencia limitada debido a la falta de hotspots - El recorrido se hace entre fotografías que están separadas según la fachada o el espacio interior. - Depende principalmente del uso de computadora debido al tamaño de las fotografías (si se quiere una experiencia más cómoda).
Relación con la investigación	Este caso destaca la importancia de la percepción espacial, iluminación y experiencia inmersiva dentro de los recorridos virtuales arquitectónicos y como el uso de otros medios como los sonidos pueden generar una mayor inmersión.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	Visita virtual - Sagrada Familia - Sagrada Familia. (n.d.). https://sagradafamilia.org/en/web/guest/virtual-tour

Tabla 13

Caso Museo del Louvre de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Museo del Louvre
Ubicación	Paris, Francia.
Tipo de proyecto arquitectónico	Museo y patrimonio histórico.
Objetivo del recorrido virtual	Permitir la exploración digital de galerías y espacios históricos mediante recorridos inmersivos 360°.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías panorámicas 360°. - Integración multimedia. - Navegación interactiva web. - Hotspots y botones interactivos.
Características del recorrido 360°	- Exploración libre de salas. - Visualización de detalles arquitectónicos - Recorridos temáticos. - Integración de información histórica
Elementos de UX presentes	- Orientacion espacial. - Navegación intuitiva. - Continuidad visual. - Interacción informativa.

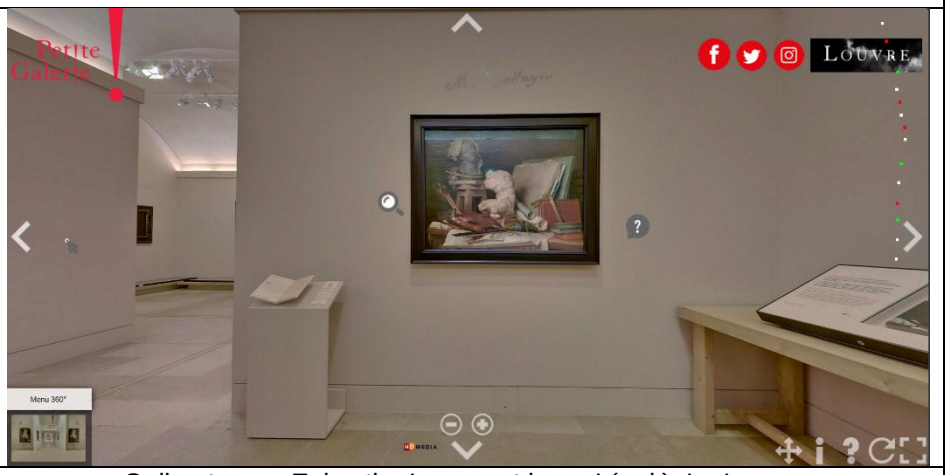
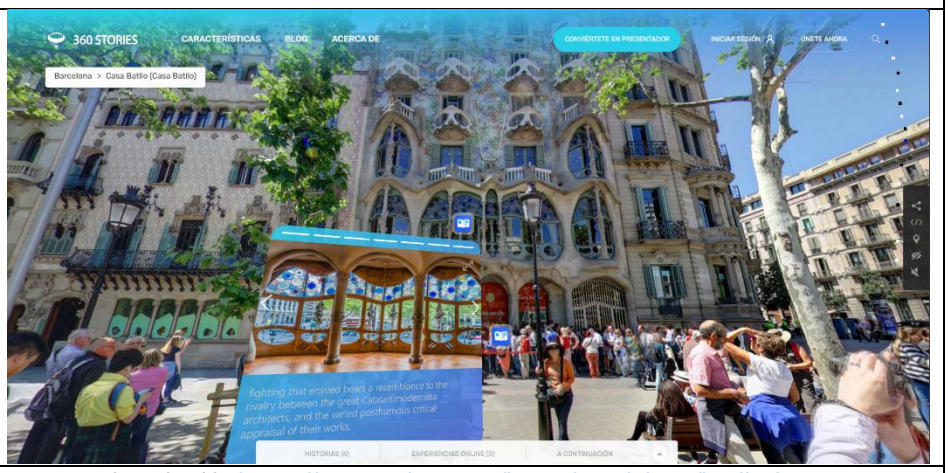
Ventajas observadas	- Acceso global al patrimonio cultural. - Difusión arquitectónica y artística. - Experiencia inmersiva y educativa.
Limitaciones detectadas	- Menor percepción física del espacio. - Dependencia de dispositivos digitales. - Faltan o han fallado hotspots, lo que obliga al usuario a encontrar la manera de acceder a otra fotografía 360° para poder continuar con el VR 360°.
Relación con la investigación	Ayuda a comprender como los recorridos virtuales pueden mejorar la accesibilidad y percepción espacial en edificios culturales complejos.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	Online tours - Enjoy the Louvre at home! (n.d.). Le Louvre. https://www.louvre.fr/en/online-tours

Tabla 14

Caso Casa Batlló de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Casa Batlló
Ubicación	Barcelona, España.
Tipo de proyecto arquitectónico	Vivienda patrimonial modernista.
Objetivo del recorrido virtual	Permite la exploración inmersiva de los espacios diseñados por Antoni Gaudí.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías 360°. - Recursos interactivos. - Uso de video 360°.
Características del recorrido 360°	- Exploración libre del interior. - Visualización de la fachada y sus ornamentos. - Navegación inmersiva.
Elementos de UX presentes	- Interactividad. - Orientación espacial. - Experiencia espacial y guiada.
Ventajas observadas	- Preservación digital. - Accesibilidad internacional.

	- Difusión arquitectónica.
Limitaciones detectadas	- Existe cierta inconsistencia entre hotspots y claridad de donde te redirigirá cada uno. - Dependencia tecnología para visualizar. - La carga de fotografías 360° llega a ser tardado.
Relación con la investigación	Este caso permite analizar la importancia de la percepción visual y espacial en recorridos virtuales arquitectónicos patrimoniales.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	360 stories. (n.d.). https://360stories.com/barcelona/place/batllo-house-casa-batllo

Nacionales

Tabla 15

Caso Museo Soumaya de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Museo Soumaya
Ubicación	Ciudad de México, México.
Tipo de proyecto arquitectónico	Museo y espacio cultural.
Objetivo del recorrido virtual	Busca la exploración remota de las salas y exposiciones del museo Soumaya mediante un recorrido virtual 360°.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías panorámicas 360°. - Integración con plataformas digitales interactivas. - Navegación mediante Hotspots. - Compatibilidad en móviles y laptops.
Características del recorrido 360°	- Recorrido entre las salas o niveles. - Visualización panorámica en interiores. - Interactividad mediante puntos de navegación. - Observación detallada de las obras y el espacio arquitectónico.

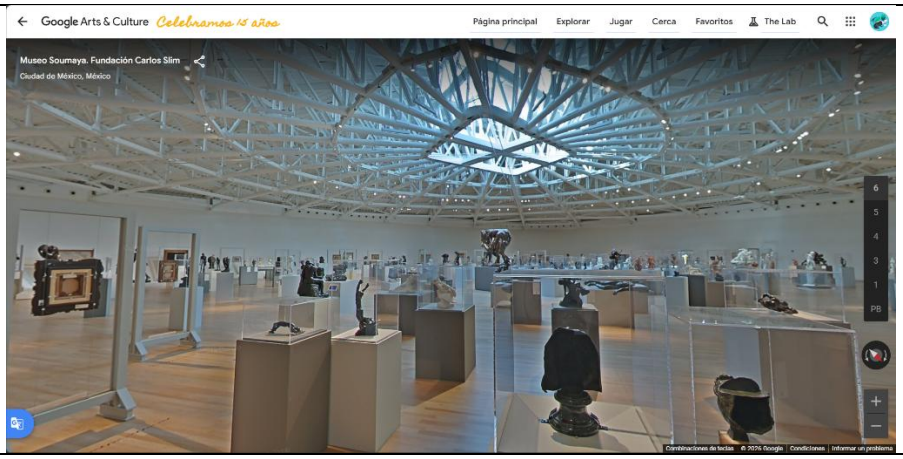
Elementos de UX presentes	- Navegación intuitiva. - Continuidad espacial. - Libertad de exploración. - Sensación de inmersión del espacio.
Ventajas observadas	- Acceso remoto al museo. - Difusión cultural y arquitectónica. - Mayor accesibilidad para usuarios internacionales. - Comprensión espacial del edificio.
Limitaciones detectadas	- Depende de la conexión a internet. - Menor percepción física real comparada con una visita presencial. - Limitaciones interactivas y de información.
Relación con la investigación	Este caso demuestra como los recorridos virtuales 360° ayudan como herramienta para mejorar la experiencia del usuario y la percepción espacial dentro de proyectos arquitectónicos complejos.
Link del VR 360°	Google Arts & Culture. (n.d.). Google Arts & Culture. https://artsandculture.google.com/streetview/museo-soumaya-gallery-6/pAF_3ZZdq3SG2Q?sv_lng=-99.20444786805295&sv_lat=19.44086936684609&sv_h=340.8966839058798&sv_p=-20.659228312922934&sv_pid=AL2LFSwzJE4-YXHub1cC3w&sv_z=0.6207670748655167
Referencia del VR 360°	

Tabla 16

Caso Hoteles de Riviera Maya de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Hoteles de Riviera Maya
Ubicación	Quintana Roo, México.
Tipo de proyecto arquitectónico	Complejo hotelero y turístico.
Objetivo del recorrido virtual	Mostrar instalaciones, habitaciones y áreas recreativas para apoyar estrategias de promoción y reservación.

Tecnologías utilizadas	- Fotografías 360°. - Videos panorámicos inmersivos. - Integración web y visualización VR
Características del recorrido 360°	- Exploración libre de áreas hoteleras. - Visualización de habitaciones y amenidades. - Recorrido tipo walkthrough o “guía”. - Ambientes con percepción espacial amplia.
Elementos de UX presentes	- Interactividad. - Orientación espacial. - Puntos de referencia visual. - Fluidez de navegación.
Ventajas observadas	- Reducción de isitas físicas. - Mayor confianza del usuario antes de reservar. - Mejor comprensión de dimensiones y distribución espacial.
Limitaciones detectadas	- Distorsión visual en ciertas panorámicas. - Dependencia tecnológica. - Diferencia entre experiencia virtual y presencial. - Solo se puede observar por una plataforma “YouTube”.
Relación con la investigación	Este caso se relaciona con el uso de los VR 360° como medio comercial y arquitectónico, demostrando como la visualización inmersiva puede optimizar procesos de promoción y experiencia de usuario.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	Travel To Blank. (2021, junio 16). Hard Rock Hotel Riviera Maya Walking Tour (360 video) [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=rqfcx-6PhdE

Tabla 17

Caso Palacio de Bellas Artes de Recorrido Virtual 360°

Nombre del proyecto	Palacio de Bellas Artes
Ubicación	Ciudad de México, México.
Tipo de proyecto arquitectónico	Centro cultural y patrimonio histórico.
Objetivo del recorrido virtual	Facilitar visitas digitales al edificio y sus espacios interiores mediante visualización 360°.
Tecnologías utilizadas	- Fotografías panorámicas. - Plataformas interactivas. - Navegación web inmersiva.
Características del recorrido 360°	- Exploración de salas y áreas interiores. - Observación de fachadas y sus detalles arquitectónicos. - Recorrido interactivo y con medios para guiar al usuario.
Elementos de UX presentes	- Navegación intuitiva. - Continuidad espacial. - Experiencia cultural inmersiva.
Ventajas observadas	- Accesibilidad remota. - Difusión cultural. - Preservación digital del patrimonio.
Limitaciones detectadas	- Dependencia de internet. - Falta de medios interactivos para ofrecer información.
Relación con la investigación	Este caso es útil para analizar la aplicación de recorridos virtuales en espacios culturales y patrimoniales mexicanos.
Referencia del VR 360	
Link del VR 360°	Recorrido Virtual 360o Palacio de Bellas Artes. (n.d.). https://palacio.inba.gob.mx/recorrido/virtualtour.html

b) Análisis Comparativo de Metodologías Existentes

Metodología A

Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. (2020). Design methodology for 360° immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour.

Contexto

La metodología que se propone está orientada más hacia la experiencia inmersiva de videos 360° para patrimonio o cultural, específicamente mediante gafas de Realidad Virtual.

Como caso de estudio desarrollaron un recorrido virtual del centro histórico de Rethymno, Grecia, utilizando un visor Oculus Rift.

El recorrido presenta diferentes puntos de interés históricos y utiliza una narrativa interactiva para conducir al usuario por ellos.

Los autores mencionan lo siguiente:

“Design challenges emerge though by this new kind of immersive media due to the 2D form of resources used for their construction, the lack of depth, the limited interaction and the need to address the sense of presence” (Argyriou et al., 2020).

Surgen desafíos de diseño con este nuevo tipo de medios inmersivos debido a la forma 2D de los recursos utilizados para su construcción, la falta de profundidad, la interacción limitada y la necesidad de abordar la sensación de presencia.

“It is therefore necessary to follow a rigorous methodology to direct the design of such immersive experiences in order to offer satisfying user experience” (Argyriou et al., 2020).

Por lo tanto, es necesario seguir una metodología rigurosa para dirigir el diseño de este tipo de experiencias inmersivas y así ofrecer una experiencia de usuario satisfactoria.

Por lo tanto, se menciona que la producción 360° contiene características particulares que generan desafíos y por lo tanto es necesario un enfoque metodológico riguroso que permita obtener buenos resultados.

Objetivo

El objetivo principal de los autores es establecer que aspectos, tareas y técnicas deben considerarse durante el diseño de experiencias inmersivas interactivas basadas en video 360°, y posteriormente proporcionar una forma sistemática de abordar esos aspectos mediante una metodología formal y un conjunto de lineamientos de diseño.

Argyriou et al. (2020) hacen mención de sus objetivos de manera explícita de la siguiente manera:

The key research objective of the study presented in this paper is two fold:

- The definition of the design considerations and tasks that should be addressed when creating immersive interactive experiences based on 360° videos;

- The introduction of a systematic way to address those design considerations through the contribution of a formal methodology and a set of design guidelines.

El objetivo principal de investigación del estudio presentado en este artículo es doble:

- *La definición de las consideraciones y tareas de diseño que se deben abordar al crear experiencias interactivas inmersivas basadas en videos 360°;*

- *La introducción de una manera sistemática de abordar esas consideraciones de diseño mediante la contribución de una metodología formal y un conjunto de pautas de diseño.*

Fases/procedimiento

A manera general, los autores dividen el diseño de las experiencias 360° en dos capas principales.

The design of 360° immersive video experiences includes two layers:

- The experience design layer that covers all the elements that support the experience design, such as the design and creation of the required media resources, the flow of the story, the scenes' elements and their connectivity;

- The interaction design layer, a significant part of the design process, complementary to the experience design layer that deals with tasks related to navigation in the virtual world, interaction and system feedback, as well as the integration of gamified aspects to increase engagement. (Argyriou et al., 2020, p.845).

De este modo se remarca que en la capa uno o "The experience design layer" cubre todos los elementos que apoyan al diseño de la experiencia como son:

- Creación de recursos multimedia

- Flujo de la historia
- Elementos de la escena
- Conectividad entre escenas

Por otro lado, la capa dos o “The interaction design layer” se trata de una parte importante del proceso de diseño que se complementa con la capa uno, ya que esta se encarga de tareas como:

- Navegación
- Interacción
- Feedback del sistema
- Gamificación
- Engagement

Dentro de los aspectos de diseño que analiza la metodología, los autores identifican cinco aspectos clave del diseño, mencionado a continuación:

“the narrative, the virtual scenes to be captured, the actors’ role, the navigation and the gamified design” (Argyriou et al., 2020, p.845).

La narrativa, las escenas virtuales a capturar, el papel de los actores, la navegación y el diseño gamificado.

Tabla 18

Aspectos Identificados en la Metodología por Argyriou Et Al.

Aspecto identificado	¿Qué aborda?
Narrative design	Estructura y desarrollo de la experiencia
Virtual scene design	Elementos y puntos de interés de las escenas
Actors' role design	Uso y función de actores
Navigation design	Desplazamiento entre escenas
Gamified design	Actividades, retos y motivación

Nota. Fuente. Elaborado a partir de Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. (2020). Design methodology for 360° immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour. Personal and Ubiquitous Computing, 24(6), 843–859. https://doi.org/10.1007/s00779-020-01373-8

De esta manera se puede notar como el articulo presenta capas y aspectos / tareas de diseño y no se trata solamente de una secuencia línea.

Dentro del aspecto de "Narrative design".

Los autores explican que el diseño narrativo define el cómo se desarrolla la historia, el diseño general de la historia y las técnicas que se deben seguir para aumentar la participación y la inmersión, además de hacer uso del "Branching Storytelling" o narración ramificada, siendo esto una manera de observar el comportamiento y la toma de diferentes caminos en una escena, permitiendo así a los usuarios elegir el camino más conveniente o el que ellos prefieran.

Dentro del aspecto de “Virtual scene design”.

Los autores indican los siguiente: “Virtual scene design refers to the definition of elements that should be captured or integrated in the scenes to support the storytelling Experience... the scenes should depict areas and points of interest (POIs) that are contextually related in a Storytelling experience. (Argyriou et al., 2020, p.845).

El diseño de escenas virtuales se refiere a la definición de los elementos que deberían capturarse o integrarse en las escenas para apoyar la experiencia de contar historias…Las escenas deberían mostrar áreas y puntos de interés (POIs) que estén relacionados contextualmente en una experiencia narrativa.

De esta manera, los autores también mencionan que los elementos gráficos pueden proporcionar información adicional sobre los POIs.

Para el aspecto de “Navigation”.

Los autores establecen lo siguiente:

“In 360° immersive video experiences it is important to carefully design navigation creating a seamless video experience that will not break the sense of immersion” (Argyriou et al., 2020, p.856).

En las experiencias de video inmersivo en 360°, es importante diseñar cuidadosamente la navegación, creando una experiencia de video fluida que no rompa la sensación de inmersión.

Aun con eso, también se experimentó con desplazamiento mediante video cortos de movimiento.

“Realistic moderate motion design can effectively address scene-to-scene navigation using short and steady captured, walking simulation immersive videos” (Argyriou et al., 2020, p.856).

El diseño de movimiento moderado y realista puede abordar de manera efectiva la navegación de escena a escena usando videos inmersivos de simulación caminando, cortos y estables capturados.

Además, se hace mención del uso de vectores gráficos para localizar lo puntos de interés.

“Location reference of POIs in a 360° video scene can be effectively achieved by integrating 2D graphic vector elements” (Argyriou et al., 2020, p.856).

La referencia de ubicación de los PDI en una escena de video 360° se puede lograr de manera efectiva integrando elementos gráficos vectoriales 2D.

Otro punto que se aborda es la interacción.

En el artículo se considera que:

“Interaction with POIs captured in the 360°video scenes is important for providing engaging experiences and increasing the sense of presence” (Argyriou et al., 2020, p.856).

La interacción con los POIs capturados en las escenas de video 360° es importante para ofrecer experiencias atractivas y aumentar la sensación de presencia. Además, también se

aborda el cuidado de estos, es decir, al tratarse de elementos UI, estos deben colocarse de manera que no oculten los elementos más importantes de la escena y de igual modo, estos elementos integrados deben ofrecer un recorrido más fluido sin romper la sensación de inmersión.

En el punto de Feedback / retroalimentación

En este apartado, los autores registraron variables como:

- Puntuación actual
- Selección de respuestas
- Puntuación final
- Escena actual
- Selección de ruta
- Opciones de ruta
- Tiempo empleado en encontrar puntos de interés

Se puede considerar que Argyriou et al. Considero dentro de su metodología un feedback, pero abordado desde la experiencia gamificada.

Etapa de evaluación

Como punto a mencionar dentro de esta etapa o punto, es la diferencia que tiene con respecto al resto, debido a que no se trata es una fase de producción previa, esta se trata de una etapa experimental para comprobar las técnicas de diseño.

“The study was designed to evaluate the effectiveness and user acceptance of the design techniques for 360° immersive video applications” (Argyriou et al., 2020, p.851).

El estudio fue diseñado para evaluar la efectividad y la aceptación por parte de los usuarios de las técnicas de diseño para aplicaciones de video inmersivo en 360°.

La evaluación considera:

- Efectividad
- Eficiencia
- Satisfacción
- Procesamiento cognitivo
- Engagement
- Inmersión

Dentro de esta etapa de evaluación, los autores utilizaron cuestionarios para evaluar la inmersión, la sensación de presencia, realismo, naturalidad, consistencia y perdida de la percepción del tiempo. Con esto concluyeron que el diseño metodológico proporciono un nivel satisfactorio de experiencia inmersiva.

Como punto adicional a la etapa de evaluación, es la evaluación de navegación, en el estudio se registraron tiempos para:

- Navegación con vectores UI
- Navegación sin soporte
- Navegación asistida por actor

En sus conclusiones mencionan lo siguiente: “The integrated mechanisms for supporting navigation in the 360° virtual scenes and identifying POIs were significantly more efficient comparing with the absence of navigation support” (Argyriou et al., 2020, p.857).

Los mecanismos integrados para apoyar la navegación en las escenas virtuales de 360° y la identificación de Puntos de Interés (POI) fueron significativamente más eficientes en comparación con la ausencia de soporte de navegación.

Etapa de resultados de la metodología

Después de aplicar las técnicas al recorrido de Rethymno, los autores realizaron estudios con usuarios, y por lo tanto el recorrido fue sometido a “lab-studies involving real users allowing the evaluation of the proposed techniques” (Argyriou et al., 2020, p.857).

Estudios de laboratorio con usuarios reales que permiten evaluar las técnicas propuestas.

Gracias a esto, lograron establecer “a set of design guidelines suggested for the creation of immersive video interactive applications” (Argyriou et al., 2020, p.857).

Un conjunto de pautas de diseño sugeridas para la creación de aplicaciones de video interactivas e inmersivas.

De esta manera se puede obtener un flujo de esta investigación de la siguiente manera:

- Problemas del medio 360°
- Identificación de tareas y técnicas
- Capas de diseño
- Aplicaciones al recorrido de Rethymno

- Evaluación con usuarios
- Resultados
- Design Guidelines

De esta manera la estructura metodológica propuesta por Argyriou et al. Se observaría de la siguiente manera:

Capa de diseño de experiencia

- Narrative design
- Virtual scene design
- Actors' role design

Capa de diseño de interacción

- Navigation design
- Gamified design
- Interaction
- System feedback
- Motivational elements

En este punto, entran otros puntos:

- Aplicaciones de las técnicas
- Recorrido de Rethymno
- Evaluación con usuarios
- Guidelines

Aportes

Dentro de los mayyores aportes que nos ofrece esta propuesta metodológica se encuentran en:

- El diseño de experiencia
- El diseño de interacción
- La navegación
- Las escenas
- Uso de POIs
- Feedback / retroalimentación
- Evaluación de usuarios

Limitaciones

Como limitaciones, se presenta la falta de contenido o alguna propuesta dentro de la metodología que aborde lo siguiente:

- Modelado arquitectónico
- Materiales PBR
- HDRI
- Optimización de geometría
- Postproduccion
- Renderizado
- Configuración de softwares
- Costos de producción

Argyriou, Economou & Bouki (2020) propoenen una metodología centrada en el diseño de experiencias inmersivas mediante videos 360°, siendo estructurada en capas de diseño de experiencia e interacción, que contemplan aspectos como la narrativa, escenas virtuales, navegación, interacción y retroalimentación, y que son posteriormente evaluados mediante pruebas con usuarios para con ello generar directrices de diseño.

Metodología B

Esclapés, J., Tejerina, D., Esquembre, M. A., & Bolufer, J. (2013). Propuesta metodológica para la generación de recorridos virtuales interactivos.

Contexto

El articulo parte del crecimiento que tiene la virtualización aplicada al patrimonio y específicamente a la necesidad de utilizar recorridos virtuales cuando el acceso físico a un sitio es complicado. Los autores perfilan los recorridos virtuales como herramientas eficaces para la divulgación del patrimonio arqueológico.

Mencionando “la virtualización se ha convertido en una fase más de los proyectos de intervención sobre el patrimonio cultural” (Esclapés et al., 2013, p.212).

Objetivo

Los autores señalan que en su artículo se describe la metodología para la obtención de este tipo de productos, es decir, una metodología para poder documentar digitalmente sitios arqueológicos y volver dicha información en un VR para su divulgación.

Por otro lado, de manera explícita mencionan lo siguiente:

“dividido en dos fases: la documentación geométrica previa para la obtención del modelo digital y su incorporación a un motor de juegos para la generación del recorrido interactivo” (Esclapés et al., 2013, p.212).

Recalcando que uno de sus objetivos consiste en la integración de un modelo 3D a un recorrido virtual mediante la utilización de un motor de juegos.

Fases/procedimiento

Desde el inicio, abordándose en el objetivo, los autores manejan fases, 2 específicamente.

Fase 1: documentación geométrica previa para obtener el modelo digital.

Fase 2: Integración del modelo en un motor de juegos para generar el recorrido interactivo.

De esta manera se puede interpretar como:

Fase 1: Documentación geométrica – Modelo digital 3D

Fase 2: Integración en motor de juegos – Recorrido virtual interactivo

Fase 1

Documentación geométrica

Esta fase es la más extensa que proponen, ya que los autores realizan una combinación de técnicas de documentacuon para obtener el modelo tridimensional de la Cova del Barranc del Migdia.

Entre las herramientas y técnicas utilizadas aparecen:

- Fotogrametría
- Estación total

- GPS diferencial
- Fotografías
- Photoscan
- Nube de puntos
- Generación de superficies
- Texturizado

Los autores explican como alinearon las fotografías y como las incorporaron a los datos espaciales obtenidos mediante topografía. Mencionando lo siguiente:

“el modelo completo, texturizado y orientado en un sistema de coordenadas geográficas absolutas” (Esclapés et al., 2013, p.217).

Generación del modelo 3D

Después de recabar la documentación, se obtiene el modelado geométrico. En el artículo se observa dos resultados distintos, un modelado con sombreado plano y otro con texturas aplicadas.

Optimización del modelo

Los autores explican que un modelo demasiado pesado presenta problemas para su utilización en un entorno interactivo

Además, se describe que se precalcularon texturas, normales e iluminación del objeto original procedente de la documentación fotogramétrica, posteriormente aplicaron un modificador

de “decimacion” con el objetivo de reducir el número de triángulos en el modelo generado. De este modo se obtuvo como resultado un modelo de la cueva menos pesado.

Fase 2:

Integración del modelo en motor de juegos

En la propuesta los autores titularon esta fase como “Integración del modelo 3D en el motor de juegos de blender y creación de un recorrido virtual interactivo” y es en este punto donde el modelado 3D documentado se lleva al entorno interactivo, en este estudio se utilizó Blender como motor de juego y para crear el recorrido.

Iluminación

Los autores abordan la iluminación desde una perspectiva de correcta visualización del entorno, es decir, los autores ubicaron puntos de iluminación dentro de la cueva, logrando de esta manera que el recorrido cuente con una iluminación ambiental a muy baja intensidad, creando una iluminación básica en todo el espacio, incluso abordan el uso de la iluminación en la propia cámara que se utilizó para la documentación.

Texturas y apariencia visual

En este punto o fase, los autores también abordan la aplicación de las texturas previamente calculadas.

De esta manera se puede apreciar la siguiente secuencia:

- Documentación fotogramétrica

- Preprocesamiento de texturas, normales e iluminación
- Decimación del modelo
- Aplicación de mapas
- Modelos menos pesados

Recorrido virtual interactivo

En el artículo se aborda el recorrido virtual como un producto que busca que el usuario experimente, en el propio articulo lo mencionan de la siguiente manera:

"permitir al público general y al especialista experimentar una visita al yacimiento lo más cercana posible a la realidad" (Esclapés et al., 2013, p.218).

A partir de todo este desenvolvimiento de la propuesta metodológica por parte de Esclapés et al. Se puede reconstruir la siguiente metodología que se presenta en el artículo.

Fase 1: Documentación geométrica

- Captura de información del sitio
- Fotogrametría
- Datos topográficos
- Generación de nubes de puntos
- Alineación de información
- Generación del modelo 3D
- Texturizado
- Orientación del modelo

Fase 2: Integración y creación del recorrido

- Importación del modelo
- Preparación del modelo para entorno interactivo
- Procesamiento de texturas, normales e iluminación
- Reducción de polígonos mediante decimación
- Aplicación de mapas
- Configuración de iluminación
- Integración en Blender

Resultado

Se logra obtener un recorrido virtual interactivo para la divulgación y visita virtual del patrimonio arqueológico.

Aportes

Debido a que los autores abordan varios aspectos, estos se mostraran a continuación:

Tabla 19

Aspectos Relacionados de Esclapés Et Al. a la Propuesta Desarrollada

Esclapés et al.	Metodología desarrollada
Documentación geométrica	Preparación / modelado del proyecto

Modelo digital	Modelo arquitectónico
Texturas	Texturizado / materiales
Iluminación	Iluminación / ambientación
Optimización geométrica	Optimización de recursos
Integración en motor	Integración del recorrido
Recorrido interactivo	Recorrido 360° interactivo
Divulgación	Comunicación / presentación
-	Postproducción
-	Diseño final del recorrido
-	Evaluación UX
-	Optimización de tiempos de producción

Nota. Tabla elaborada a partir de Esclapés, J., Tejerina, D., Esquembre, M. A., & Bolufer, J. (2013). Propuesta metodológica para la generación de recorridos virtuales interactivos. Virtual Archaeology Review, 4(9), 212-222.

Limitaciones

Ahora bien, en cuanto a limitaciones, la propuesta metodológica propuesta por Esclapés et al. se basa más que nada en un metodología técnico-productiva de recorrido virtual 3D, y no se basa en la producción de recorridos 360° aplicados a proyectos arquitectónicos, ni aborda la evaluación de la experiencia del usuario o en la optimización del tiempo de producción.

Metodología C

Quezada Celi, M. F. & Riofrío, M. V. Creación de una metodología para realizar recorridos virtuales en tres dimensiones.

Contexto

La metodología propuesta por Quezada Celi y Riofrío (s. f.) tiene un contexto diferente, debido a que no está dedicada a los recorridos 360°, sino a como desarrollar recorridos virtuales tridimensionales. Un punto importante que abordan los autores es sobre que el desarrollo del proyecto, que este depende del tipo de proyecto y los recursos disponibles. Los autores mencionan lo siguiente:

> "Desde el diseño en adelante se puede considerar al proceso de desarrollo de
>
> recorridos virtuales como un ciclo iterativo" (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.47).

Además, los autores también señalan que la duración de las etapas depende del proyecto y de los recursos disponibles.

> "si no existiera nada previo, se necesita obligatoriamente modelar todo, y dependiendo del nivel de detalle exigido, la etapa de modelado y ensamblaje sería la más larga" (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.49).

Objetivo

El objetivo identificado en esta propuesta metodológica que se puede extraer de la propuesta metodológica está en crear o proponer una metodología para desarrollar recorridos virtuales tridimensionales, estructurando el proceso desde el análisis inicial hasta su implementación y validación.

Fases/procedimiento

Un punto importante que desde el inicio de la metodología se observa es el uso del tiempo y recursos, los autores mencionan lo siguiente:

“si este nivel de detalle es refinado a niveles muy rigurosos, se pueden abarcar aspectos que simplemente el usuario nunca va a considerar a la hora de explorar el mundo virtual, por lo que simplemente se habrá perdido tiempo y recursos en su implementación” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.14).

De esta manera se puede comprender que el nivel de detalle y la utilidad para el usuario afecta el tiempo y los recursos.

Selección del lugar y estudio preliminar

Siendo esta la primera etapa de la metodología, los autores abordan esto como la selección del lugar y donde se realizará el recorrido virtual. Después establece que el estudio preliminar contempla cuatro aspectos importantes.

- Factibilidad técnica

Los autores abordan esta factibilidad desde un análisis de recursos, es decir:

“si el equipo y software están disponibles y si tienen las capacidades técnicas requeridas por cada alternativa del diseño que se esté considerando” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.5).

No solo abordan estas características, también la experiencia del equipo, como puede ser la experiencia técnica para diseñar, implementar, operar y mantener el recorrido virtual propuesto, además resume los recursos como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencias, entre otras.

- Factibilidad operativa

Los autores abordan este tipo de factibilidad desde la capacidad de los usuarios para utilizar apropiadamente el recorrido, así como la probabilidad de que se use el recorrido como se supone sea usado.

Sin embargo, la metodología solo aborda esta factibilidad como una evaluación y no como un estudio profundo de percepción espacial, navegación, satisfacción o experiencia de usuario.

- Factibilidad económica

La metodología aborda de igual manera los costos, para esta factibilidad proponen la siguiente pregunta “¿Existen suficientes beneficios en la creación del recorrido para hacer que los costos sean aceptables?” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.9).

- Factibilidad de calendario

La última factibilidad que se aborda en la metodología es sobre el tiempo, sin embargo, los autores explican que esta factibilidad mide si el proyecto puede cumplir un calendario o cronograma razonable, a pesar de esto los autores reconocen el siguiente punto: “Si no se tiene experiencia en este tipo de proyecto no es necesario realizar esta factibilidad” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.9). esto debido a lo maleable que puede ser un proyecto según sus características, y en caso de contar con la noción de este tipo de proyectos, se vuelve complejo abordar y seguir un cronograma.

Determinación de requerimientos

En la propuesta metodológica, los autores establecen una segunda etapa llamada “Determinación de requerimientos”, en ella se señala lo que se piense construir además de existir la participación del usuario.

Definición del nivel de detalle

Los autores abordan este punto desde el cuestionamiento, es decir, mencionan:

“Es importante por lo tanto decidir el nivel de detalle a alcanzar en el proyecto

(ejemplo, número de edificios y nivel de detalle de los mismos)” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.14).

Además, no solo abordan el nivel de detalle a nivel de cantidad, sino también a nivel micro en cada objeto, además de establecer las locaciones a modelar y la finalidad del proyecto.

Usuarios y clientes

La propuesta metodología de los autores también aborda un apartado de “Usuario y clientes”, del cual mencionan que se describe “el perfil del usuario de esta aplicación, así como quien encarga el proyecto” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.15). Esto se comprende así ya que ambas descripciones son importantes para establecer los requisitos funcionales.

Requerimientos funcionales y no funcionales

Los autores distinguen 2 tipos:

No funcionales, incluyen aspectos como:

- Multiusuario
- Multiplataforma
- Interfaz amigable

Funcionales

Este tipo se relacionan con el recorrido en sí. “La interactividad que el recorrido ofrece o presenta al usuario” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.15).

Recursos necesarios

Otro punto que consideran los autores es de “Recursos necesarios”, este se enfoca en que recursos se ocuparan para el desarrollo de la aplicación. Mencionan lo siguiente: “Software modelador, especificación de VRML, editores, Software de aplicaciones gráficas, elementos gráficos, etc.” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.16).

Estimación del tamaño y dificultad

En este punto los autores mencionan: “La estimación es la más exacta y honesta apreciación sobre los recursos necesarios para desarrollar un proyecto” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.17).

De igual manera los autores proponen determinar el tamaño del recorrido mediante la longitud o extensión que abarca el proyecto, de igual manera plantean la idea de contar los elementos que intervendrán, desde la perspectiva de ser elementos estativos o dinámicos.

Evaluación de dificultad de los objetos

Los autores abordan una propuesta cuantitativa, en él se busca el contar no solo los objetos del proyecto, también la dificultad que supondría desarrollarlo, siendo marcados estos con:

- Muy fácil
- Fácil
- Medio
- Difícil
- Muy difícil

Modelado y ensamblaje

La metodología considera varias formas de construir objetos del recorrido, en concreto los autores menciona que existen cuatro maneras.

- Digitar el código completo
- Usar una herramienta de desarrollo
- Transformar un archivo desde otro formato
- Combinar las anteriores

Además los autores hacen una observación: “Si se trata de un proyecto en el que se busca más que nada un énfasis pedagógico hacia el lenguaje de modelado, sin importar lo que represente la aplicación final, queda claro que aprender el código es importante; si se trata de un proyecto profesional en el que los plazos de entrega son importantes y en donde hay formas muy complejas, que con la digitación completa del código pueden llegar a ser inmanejables, la idea anterior no es la mejor” ” (Quezada Celi & Riofrío, s. f., p.39).

Básicamente se trata de elegir la mejor manera de crear el recorrido, considerando todos los factores anteriores de calidad de detalle, cantidad de detalles y el tiempo que se estimó para entregar.

De esta manera se puede interpretar la metodología que proponen los autores de la siguiente manera:

Selección del lugar y estudio preliminar

- Selección del sitio
- Factibilidad técnica
- Factibilidad operativa
- Factibilidad económica
- Factibilidad de calendario

Determinación de requerimientos

- Descripción
- Usuarios / clientes
- Requerimientos funcionales
- Requerimientos no funcionales

- Recursos necesarios

Estimación

- Tamaño
- Elementos
- Dificultad
- Puntos de función
- Factores de influencia

Diseño / modelado y ensamblaje

- Definición de objetos
- Diagramas
- Modelado
- Ensamblaje
- Elección de herramientas

Aplicación / desarrollo

Al aplicarse en caso práctico:

- Modelado
- Iluminación
- Texturizado
- Equipamiento
- Renderizado
- Retoque
- Optimización

- Cámara
- Recorrido

Integración/generación del recorrido virtual

- Incorporación al entorno
- Configuración de elementos
- Navegación/interacción

Pruebas y validación

- Pruebas con el cliente
- Encuesta
- Satisfacción
- Validación

Aportes

La metodología propuesta por Quezada Celi & Riofrío, ofrece una planificación de recursos antes de empezar a producir, este tiene:

- Factibilidad
- Requerimientos
- Estimación del tamaño y dificultad
- Selección de recursos
- Producción
- Optimización

- Pruebas

Útil debido a que aporta una manera de visualizar el panorama completo al crear un recorrido virtual, de esta manera la metodología que proponen busca el desarrollo de recorridos virtuales hasta la determinación de requerimientos, estimación de recursos, modelado, producción, optimización y validación. Su propuesta destaca la importancia de ajustar el nivel de detalle y los recursos a las necesidades reales del usuario, así evitando invertir tiempo y recursos en elementos que no aporten a la experiencia.

Limitaciones

Sin embargo, la metodología está orientada a recorridos virtuales tridimensionales desarrollados mediante tecnologías como VRML (Virtual Reality Modeling Language) y no específicamente a recorridos panorámicos 360° aplicados a proyectos arquitectónicos, además tampoco integra de manera específica aspectos de producción de imágenes 360°, experiencia de usuario en recorridos panorámicos u optimización de renders arquitectónicos.

Metodología D

Li, S., Say, W., & Rao, S. (2024). Desarrollo de visitas virtuales para comprender el entorno construido de un edificio educativo.

Contexto

Los autores mencionan que las personas pasan gran parte del tiempo en ambientes interiores, pero no necesariamente comprenden cómo funcionan los espacios que ocupan, más cuando se trata de comprender el funcionamiento de sistemas que acondicionan espacios, como pueden ser sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación.

Los autores lo abordan con una alta relevancia debido a que muchos de estos componentes presentan los siguientes puntos:

- No son visibles para los ocupantes
- Están ocultos
- Funcionan automáticamente y por tanto los usuarios pueden no comprender su funcionamiento

Por estas razones los autores plantean la utilización del AR y VR para poder hacer visible esta información que normalmente no se puede observar directamente en el espacio físico. “the purpose of this research is to develop and evaluate how virtual reality (VR) technology can support occupants in understanding their built environment” (Li et al., 2024, p.1).

El propósito de esta investigación es desarrollar y evaluar cómo la tecnología de realidad virtual (VR) puede ayudar a los ocupantes a entender su entorno construido.

Objetivo

Los autores son explícitos en cuanto a su objetivo, presentando lo siguiente: “develop and evaluate how virtual reality (VR) technology can support occupants in understanding their built environment” (Li et al., 2024, p.1).

Desarrollar y evaluar cómo la tecnología de realidad virtual (VR) puede ayudar a las personas a entender su entorno construido.

Además, también indican que el trabajo responderá: “our development of the virtual tours for a University building and a survey study to examine this development” (Li et al., 2024, p.2).

Nuestro desarrollo de los recorridos virtuales para un edificio universitario y un estudio de encuesta para examinar este desarrollo.

Básicamente, los autores buscan desarrollar y evaluar recorridos virtuales mediante tecnologías VR para apoyar la comprensión del entorno construido, particularmente de los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación de un edificio educativo. Por otro lado, los autores también hacen mención del público objetivo que se presenta para el proyecto, en su caso, los autores clasifican 2 grupos, el primero siendo estudiantes de ingeniería y el grupo 2 es de ocupantes generales y es para este grupo la búsqueda de facilitar la comprensión de estas instalaciones (HVAC).

Fases/procedimiento

La estructura general del estudio lo mencionan los autores de la siguiente manera:

“This research was carried out in two stages” (Li et al., 2024, p.1).

Esta investigación se llevó a cabo en dos etapas.

Ademas, añaden que: “In Stage One, we, as researchers in mechanical engineering, explored the workflow for VR development and developed VR tours for four spaces…In Stage Two, we conducted a survey study to examine the VR experience from the perspective of users. (Li et al., 2024, p.1).

En la Etapa Uno, nosotros, como investigadores en ingeniería mecánica, exploramos el flujo de trabajo para el desarrollo de VR y desarrollamos recorridos de VR para cuatro espacios…En la Etapa Dos, realizamos un estudio de encuesta para examinar la experiencia de VR desde la perspectiva de los usuarios.

De esta manera queda explícitamente marcado 2 etapas.

Stage One: desarrollo de los recorridos virtuales.

Stage Two: evaluación mediante encuesta.

Ahora bien, en la etapa 1, denominada desarrollo de los recorridos el articulo señala que esta primera etapa se busca “we…explored the workflow for VR development and developed VR tours for four spaces” (Li et al., 2024, p.1).

Exploramos el flujo de trabajo para el desarrollo de VR y desarrollamos recorridos VR para cuatro espacios

En este punto se recopilaron espacios como:

- Salones de clases
- Auditorio
- Sala de conferencias
- Cuarto de maquinas

Posteriormente los autores llegaron a la “fase” de:

Selección del edificio

En este punto los autores explican que seleccionaron un edificio educativo del campus porque: “it provides familiar spaces for potential participants in this research” (Li et al., 2024, p.1).

Proporciona espacios familiares para los posibles participantes en esta investigación.

Definición de los espacios

El siguiente punto que abordan los autores es la “definición de los espacios”, los autores indican que desarrollaron recorridos para cuatro espacios. Los autores mencionan que los espacios fueron seleccionados para representar diferentes condiciones y sistemas del edificio.

Información arquitectónica de partida

Para este punto los autores mencionan:

“In design and development, we utilize existing 3D models in Revit and engineering drawings to créate the scenes of four spaces” (Li et al., 2024, p.12).

En diseño y desarrollo, utilizamos modelos 3D existentes en Revit y planos de ingeniería para crear las escenas de cuatro espacios.

Posteriormente mencionan lo siguiente:

“we export the building information from Revit as an OBJ file, which is imported into Unity to design the virtual tours” (Li et al., 2024, p.6).

Exportamos la información del edificio desde Revit como un archivo OBJ, que luego se importa en Unity para diseñar los recorridos virtuales.

Modelado/construcción del entorno virtual

En el artículo los autores señalan que utilizan:

“existing 3D models in Revit and engineering drawings to créate the scenes” (Li et al., 2024, p.12).

Modelos 3D existentes en Revit y planos de ingeniería para crear las escenas.

Y posteriormente se utilizó Unity.

Integración de elementos adicionales

Los autores no se limitan a utilizar solo un modelo arquitectónico, ya que el contenido educativo incluye información sobre:

“how a space is heated, cooled, and ventilated in winter and summer seasons through hydronic and air distribution systems” (Li et al., 2024, p.12).

Cómo se calienta, enfría y ventila un espacio en las temporadas de invierno y verano a través de sistemas de distribución de agua y aire.

Además de incorporar elementos virtuales para poder hacer visibles estos sistemas, los autores indican que estos sistemas permiten ver: “virtual annotations and animated thermal effects” (Li et al., 2024, p.2).

Anotaciones virtuales y efectos térmicos animados.

De esta manera la información adicional sirve para relacionarlo directamente con el entorno construido.

Interacción y navegación

Los autores describen diferentes mecanismos de interacción. Dentro de ellos se incluyen elementos de navegación entre escenas

Estos se observan como elementos de “botones” o un panel que ayuda al usuario a navegar entre escenas.

Dispositivo/implementación

Este punto que abordan los autores lo describen los autores de la siguiente manera:

“the virtual tours, developed in Unity, are subsequently exported to HoloLens2, wich serves as the head-mounted display for delivering the virtual tours to users” (Li et al., 2024, p.6).

Las visitas virtuales, desarrolladas en Unity, se exportan posteriormente a HoloLens2, que sirve como el dispositivo de visualización montado en la cabeza para ofrecer las visitas virtuales a los usuarios.

Además, los autores aclaran que la elección de HoloLens2 fue porque estaba disponible en el makerspace de su institución.

Evaluación: etapa 2

Retomando lo mencionado por los autores, ellos aclaran que esta etapa se basa en “evaluación mediante encuesta”, además indican 2 puntos de interés en esta etapa:

“we want to examine (1) the acceptance of VR technology and (2) the efficacy of VR tours for understanding the built environment” (Li et al., 2024, p.8).

Queremos examinar (1) la aceptación de la tecnología de realidad virtual y (2) la eficacia de los recorridos en realidad virtual para entender el entorno construido.

Para esta etapa, los autores mencionaron que en la búsqueda de participantes se reclutaron:

- Estudiantes de una clase de HVAC
- Graduados recientes de ingeniería
- Personal de la Oficina de Sustentabilidad
- Profesionales de la industria

Además, señalan que se tuvo un tiempo límite de 30min. Para cada participante, entre recorrido virtual y encuesta.

Dentro de lo que se buscaba evaluar, los autores abordan aspectos como la evaluación de navegación, experiencia y el aprendizaje.

Resultados generales

En este punto los autores mencionan que los usuarios tuvieron una experiencia positiva, más allá de esto, no presentan alguna otra evidencia, por otro lado, los autores plantean el que una experiencia de VR positiva y efectiva para educación del entorno construido requiere de colaboración entre:

“(1) mechanical systems of buildings, (2) VR technology, and (3) pedagogy” (Li et al., 2024, p.1).

(1) sistemas mecánicos de edificios, (2) tecnología de realidad virtual y (3) pedagogía.

Aportes

El aporte más importante que presenta la propuesta metodológica se encuentra en la relación que este analiza, es decir, la relación entre:

- Información arquitectónica existente
- Construcción de un entorno virtual
- Interacción/navegación
- Evaluación de la experiencia
- Evaluación del aprendizaje

Además, la propuesta distingue un punto importante, donde una experiencia virtual agradable no garantiza por sí misma un aprendizaje efectivo.

Se entiende de esta manera que “hacer un recorrido bonito/que se vea bien” no cumple con otros puntos útiles como son el aprovechamiento del tiempo de producción, así como que esta contribuya a la comprensión y aprendizaje del proyecto.

Limitaciones

La propuesta metodológica de Li, Say y Rao (2024) demuestra la utilidad de los recorridos virtuales para favorecer la comprensión del entorno construido y establece un proceso que, si bien integra información arquitectónica, tecnología interactiva y una evaluación de usuario, su desarrollo se orienta a experiencias de realidad virtual mediante Unity y HoloLens2, con énfasis en la comprensión de sistemas HVAC, por lo que en sí no aborda de manera específica el

proceso de producción de recorridos panorámicos 360° ni la optimización de tiempos y recursos asociados a su elaboración.

Comparación de metodologías

El análisis de metodologías y procedimientos existentes para el desarrollo de recorridos virtuales permite reconocer diferentes enfoques relacionados con su planificación, producción, interacción, optimización y evaluación. Como se pudo observar con anterioridad, se analizaron las propuestas metodológicas de Esclapés et al. (2013), Quezada Celi y Riofrío Correa, Argyriou et al. (2020) y Li et al. (2024) esto debido a que abordan componentes que pueden contribuir a la estructuración de una metodología orientada al desarrollo de recorridos virtuales aplicados a proyectos arquitectónicos.

A pesar de que las cuatro referencias analizadas se relacionan con la generación o aplicación de recorridos virtuales, sus objetivos, tecnologías y contextos de aplicación presentan diferencias, por esta razón la comparación no busca el determinar cuál de estas cuatro es superior, sino identificar los elementos que pueden ser recuperados, adaptados o complementados para construcción de la propuesta metodológica de la presente investigación.

Tabla 20

Comparación General de las Metodologías

Criterio	Quezada Celi y Riofrío Correa	Esclapés et al. (2013)	Argyriou et al. (2020)	Li et al. (2024)
Contexto	Desarrollo de VR tridimensional aplicado a un parque universitario.	Patrimonio arqueológico	Patrimonio cultural mediante video inmersivo 360°	Educación y comprensión del entorno construido.
Objetivo principal	Estructurar el desarrollo de Vr tridimensional mediante la metodología RV3D.	Describir una metodología para generar un modelo tridimensional y llevarlo a un motor de juegos.	Definir consideraciones, tareas de diseño y establecer una metodología para video 360°	Desarrollar y evaluar el uso del VR para la comprensión del entorno construido.
Planificación previa	Si, mediante un estudio preliminar, recursos y estimación.	Si, vinculada con documentación y selección de técnicas.	Si, mediante diseño de experiencia, escenas, narrativa e interacción.	Si, mediante la selección de usuarios, edificio y espacio.
Información/modelado 3D	Generado mediante modelado y ensamblaje.	Generado mediante documentación y fotogrametría.	No constituye el eje de la propuesta, utiliza video 360°	Utiliza modelos existentes de Revit y dibujos de ingeniería.
Texturizado e iluminación	si	Si	No forma parte	No, no se desarrolla.
Renderizado	Si, incluye renderizado de imágenes	El producto es en tiempo real	Producción mediante video 360°	Visualización virtual mediante Unity
Producción especifica de imágenes 360°	No	No	Si	No, no es el enfoque principal.
Optimización técnica	Alta, considera recursos, complejidad y malla de vértices.	Alta, modifica geometría, materiales, texturas e iluminación para el VR.	Se concentra en el diseño y funcionamiento de la experiencia.	No constituye el enfoque principal
Consideración de tiempo y recursos	Alta, contempla recursos, estimación, nivel de detalle y plazos.	Parcial, en esencia por las limitaciones técnicas y selección de herramientas.	No forma parte del objetivo central.	Parcial, considera alcance, complejidad y disponibilidad tecnológica.
Navegación	Si, como parte del recorrido tridimensional.	Si, dentro del entorno 3D interactivo.	Alta, es un componente principal del diseño.	Si, incorpora exploración y botones entre escena.
Interactividad	Si	Si	Alta	Si
UX / Experiencia de usuario	Parcialmente	Considerada, aunque no evaluada sistemáticamente	Alta, evalúa la presencia, inmersión y satisfacción.	Alta, evaluación de navegación, aceptación y experiencia.
Evaluación con usuario	Si, mediane pruebas con cliente y usuario	Limitada	Si, mediante estudio con usuarios.	Si, mediante encuestas.
Aprendizaje	No forma parte de su eje central.	No forma parte de su eje central.	Vinculado con divulgación cultural y experiencia.	Si, constituye uno de los principales objetivos.
Aplicación específicamente arquitectónica	Parcial.	Indirecta	Indirecta	Directa al entorno construido, aunque desde sistemas mecánicos.
Recorridos arquitectónicos mediante renders 360°	No	No	No, se trabaja con video 360°.	No

Nota. Elaborado a partir de las anteriores propuestas metodológicas.

Identificación de elementos aplicables a la propuesta metodológica

Los elementos identificados permiten establecer una propuesta metodología que Nasca no de la reproducción de una metodología ya existente, sino de la selección, adaptación e integración de principios previamente documentados en distintos contextos de recorridos virtuales.

Tabla 21

Elementos Aplicables a la Propuesta Metodológica Desarrollada

Elemento identificado	Referencia principal	Aplicación en la propuesta
Planificación previa	Quezada y Riofrío / Argyriou et al.	Recuperar
Determinación de requerimientos	Quezada y Riofrío	Recuperar y adaptar
Identificación de recursos	Quezada y Riofrío	Recuperar
Estimación de complejidad	Quezada y Riofrío	Adaptar
Reutilización de información existente	Li et al.	Recuperar
Preparación del modelo	Esclapés et al.	Adaptar a arquitectura
Optimización de geometría	Esclapés et al. / Quezada y Riofrío	Adaptar
Texturizado e iluminación	Esclapés et al. / Quezada y Riofrío	Adaptar
Diseño de escenas	Argyriou et al.	Adaptar a panoramas 360°
Puntos de interés	Argyriou et al.	Adaptar a hotspots
Navegación	Argyriou et al.	Recuperar y adaptar
Interactividad	Argyriou et al. / Esclapés et al. / Li et al.	Recuperar y adaptar
Experiencia del usuario	Argyriou et al.	Recuperar y desarrollar
Evaluación	Argyriou et al. / Li et al.	Recuperar y adaptar
Aprendizaje	Li et al.	Desarrollar específicamente
Producción mediante renders 360°	No integrada en las cuatro propuestas.	Incorporar

Elemento identificado	Referencia principal	Aplicación en la propuesta
Postproducción de panoramas	Parcialmente vista por Quezada y Riofrío.	Incorporar y desarrollar
Diseño final de puntos de vista	Parcialmente relacionado con Argyriou et al.	Incorporar y desarrollar
Optimización global del tiempo y recursos	Abordado parcialmente por distintas referencias.	Eje transversal de la propuesta
Configuración del flujo de trabajo arquitectónico	No integrada de forma específica.	Incorporar

Nota. Elaborado a partir de las 4 propuestas metodológicas anteriores.

Como se pudo observar en la tabla anterior, en ella se sintetizan los elementos a aplicar a la propuesta metodológica abordada en esta investigación; dentro de estos elementos, la planificación, estimación de recursos, optimización del modelo, diseño de escenas, navegación, interacción y evaluación constituyen componentes que encuentran antecedentes en las metodologías analizadas. Sin embargo, su aplicación al desarrollo de recorridos virtuales arquitectónicos mediante renders 360°, junto con la incorporación de criterios de optimización de tiempo y recursos, requiere una reorganización especifica de dichos componentes.

De esta manera, la propuesta busca establecer un flujo de trabajo que permita pasar de la planificación del proyecto a la producción, integración y evaluación del recorrido de forma ordenada, evitando actividades innecesarias y manteniendo como finalidad la correcta representación, compresión y comunicación del espacio arquitectónico.

c) Conclusiones del Análisis

- Identificación de vacíos metodológicos

El análisis comparativo de las propuestas metodológicas permitió identificar diferentes aproximaciones al desarrollo de recorridos virtuales. Cada una de estas

propuestas aportan diferentes procedimientos relacionados con la generación, optimización de modelos 3D, planificación de recursos, diseño de experiencias inmersivas, navegación, interacción, evaluación y aprendizaje. A pesar de ofrecer todos estos aportes, debido a su respectivo contexto y objetivos, estos componentes aparecen abordados de manera diferenciada y no se integran en un mismo flujo orientado al desarrollo de recorridos virtuales 360° aplicados a proyectos arquitectónicos.

Uno de los vacíos identificados corresponde a la “falta de integración entre el proceso de producción arquitectónica y la generación de recorridos virtuales”. Esclapés et al. (2013) plantea un flujo compuesto por la documentación tridimensional y la integración a un motor de juegos para realizar el recorrido virtual, del mismo modo, se aborda la modificación de geometría, materiales, texturas e iluminación con la finalidad de adecuada el modelo a las capacidades del entorno virtual, a pesar de todo esto, su proceso parte de una documentación fotogramétrica y se orienta a un entorno tridimensional en tiempo real, por lo que no contempla la generación de panoramas renderizados 360° a partir de un proyecto arquitectónico.

Por otro lado, la metodología propuesta por Quezada Celi y Riofrío Correa incorpora elementos de planificación, determiancion de requerimientos, identificación recursos y estimación de complejidad. La propuesta establece la necesidad de definir las herramientas utilizadas considerar los recursos el proyecto y estimar su tamaño a partir de cantidad y dificultad de los elementos que lo conforman, los autores también reconocen que la elección de procedimientos debe responder a la complejidad y los plazos disponibles, más al tratarse de proyectos profesionales. A pesar de todas estas consideraciones, esta metodología se desarrolla en el contexto de recorridos virtuales basada en VRML, por lo que no establece

un flujo para la producción arquitectónica de renders panorámicos, ni aborda de manera profunda los criterios de experiencia de usuario asociados a este tipo de recorridos.

En relación con la experiencia de usuario, Argyriou et al. (2020) presentan una propuesta más centrada en esto, su propuesta identifica la necesidad de establecer una metodología rigurosa para el diseño de experiencias inmersivas 360°, en su propuesta se consideran aspectos como la navegación, interacción, escenas, puntos de interés, elementos de interfaz, inmersión y engagement. La metodología también incorpora una evaluación experimental que aborda la efectividad, eficiencia, satisfacción y procesamiento cognitivo de los usuarios. Sin embargo, el contenido utilizado corresponde principalmente a videos 360° aplicado al patrimonio cultural, esto hace que la metodología no contemple fases técnicas como son las de modelado arquitectónico, preparación de materiales, iluminación, renderizado y postproducción necesarias cuando el recorrido se genera a partir de un proyecto arquitectónico digital.

Por último, la propuesta metodológica que aborda Li et al. (2024) aporta un enfoque sobre la relación entre recorrido virtual, entorno construido y aprendizaje. Su investigación utiliza modelos tridimensionales existentes en Revit y dibujos de ingeniería para desarrollar recorridos virtuales en Unity y posteriormente evaluar la experiencia con usuarios, los resultados evidencian que una valoración positiva de la experiencia virtual no necesariamente implica una comprensión del contenido, esto debido a que los participantes manifestaron una experiencia favorable mientras que los resultados del cuestionario educativo fueron más limitados. Este antecedente demuestra la importancia de integrar criterios tecnológicos y educativos, aunque su finalidad está orientada a la comprensión de sistemas mecánicos del edificio y no al aprendizaje del proceso de producción de recorridos arquitectónicos 360°.

Además de la identificación de estos vacíos, también se identifica otro, siendo este la optimización del tiempo y los recursos, ya que este aparece fragmentado entre las metodologías revisadas, siendo de esta manera que no se identifica la optimización como un criterio que acompañe de manera continua todas las etapas del proceso, desde la planificación inicial hasta la producción y evaluación final.

De igual manera se identifica la usencia de una secuencia metodológica que articule de manera específica las etapas propias de la visualización arquitectónica mediante renders 360°, como pueden ser la preparación del entorno de trabajo, modelado, organización del proyecto, definición del nivel de detalle, texturizado, iluminación, ambientación, renderizado panorámico, postproducción, selección definitiva de puntos de vista, integración de escenas, incorporación de elementos interactivos y evaluación del recorrido.

Como ultimo vacío identificado, dentro de las propuestas analizadas, tampoco de identifica una metodología cuyo propósito sea la de orientar al estudiante de arquitectura en el aprendizaje estructurado del proceso de producción, relacionando las decisiones técnicas con la optimización del tiempo y recursos. Si bien Li et al. (2024) incorpora una dimensión educativa, esta se centra en la comprensión del entorno construido y en los sistemas del edificio y no en enseñar al estudiante como estructurar el proceso de elaboración del recorrido virtual.

- Necesidad de una propuesta metodológica

Los vacíos identificados evidencian la necesidad de desarrollar una propuesta metodológica que integre y adapte los aportes de las investigaciones existentes al contexto especifico de los recorridos virtuales 360° aplicados a proyectos arquitectónico, si bien es cierto que las propuestas metodológicas abarcan aspectos como la planificación,

optimización del modelo, navegación, interacción, evaluación y aprendizaje, estos aspectos se presentan de manera independiente y responden a diferentes tecnologías y campos de aplicación.

Por esta razón la presente propuesta busca establecer un proceso estructurado que articule las etapas de planificación, preparación del modelo arquitectónico, producción de renders 360°, integración e interactividad y evaluación del recorrido, considerando la optimización del tiempo y recursos como un criterio transversal. Esto permitirá orientar las decisiones sobre el nivel de detalle, herramientas, puntos de vista y recursos necesarios de acuerdo con las características y necesidades del proyecto.

Asimismo, su enfoque formativo busca proporcionar al estudiante una secuencia lógica de trabajo que reduzca procesos incensarios de prueba y error, de esta manera ayudando a aprovechar el tiempo y los recursos disponibles en el análisis y mejora del proyecto arquitectónico, con esto, la propuesta pretende contribuir tanto a la eficiencia del proceso como a una correcta representación, comprensión y comunicación de los espacios arquitectónicos.

CAPÍTULO 5

Resultados

Propuesta Metodológica Para el Desarrollo de Recorridos Virtuales 360°

Fase 0: Entendimiento y Planeación de la Propuesta

- Tipo de proyecto.
  - Recorrido Virtual Artístico.

Este tipo de proyecto se trata principalmente de un entorno totalmente creado desde la imaginación, un espacio inexistente donde el recorrido nace totalmente de cero según las necesidades del cliente. Estos proyectos pueden partir desde referencias básicas como bosquejos y/o una recolección de imágenes de lo que se busca comunicar en él.

Este tipo de representaciones y recorridos muestran con mayor frecuencia estilos visuales distintos donde se juegan con los materiales, la iluminación y el modelado tridimensional, logrando así efectos visuales como el realista o un estilo más colorido o futurista.

  - Recorrido Virtual Técnico.

Dentro de este tipo de proyectos se observan espacios reales, donde las dimensiones tienen más lógica a la escala humana, este tipo de proyectos se mantiene según lo plasmado en planos CAD y en referencias fotográficas o videográficas, todas aquellas referencias que permitan una correcta interpretación del proyecto y lleve a expresar un recorrido realista/fotorrealista además de no perder el objetivo a comunicar en este recorrido.

- Objetivos de comunicación.
  - Nivel de detalle.
    - Sencillo o Complejo

Un recorrido virtual se observa y crea por medio de una computadora, es por esto que se define el nivel de detalle general necesario para cumplir con el objetivo de comunicación visual.

Ejemplo:

Un recorrido sencillo se compone de una volumetría base que pueda interpretarse como espacio, esta volumetría se compone del cascaron exterior de las edificaciones que incluyen muros, ventanas, puertas y en algunos casos molduras que sin ellas el cascaron exterior puede prestarse a confusión.

Un recorrido complejo se puede presentar con el ejemplo anterior, pero ahora suponiendo que el cliente quiere visualizar muebles y de alto nivel de polígonos (detalles) y además quiere que el fondo sea exactamente como en el mundo real, en este punto hay 2 formas de hacerlo, o se modela todo el exterior o se recurren a técnicas de fotografía y edición para integrarse al motor de renderizado.

Un punto intermedio se puede presentar si el cliente busca una visualización más detallada de los muros o de los edificios en general y los muebles queden relegados a ser meramente representativos y con bajo nivel de polígonos o, al contrario, bajo nivel de polígonos en muros, puertas y ventanas, pero con alto nivel de detalle en el mobiliario. En este punto es necesario conocer al menos una base de lo que requiere el cliente, más adelante existirán más pautas que marcarán la complejidad total del recorrido virtual.

Como se puede observar, desde el inicio con el tipo de proyecto se empieza a evaluar el nivel de complejidad de un recorrido virtual y con ello las necesidades de comunicación del proyecto se evalúan las herramientas y técnicas que uno posee y conoce para emplearlas con la mayor afinidad posible a la hora de entender y planear un recorrido virtual.

- Entorno a modelar.

Como se ha comprendido, el VR es meramente un entorno tridimensional, es por ello que el conocer el entorno a trabajar es importante para lograr una correcta interpretación, claro, esto según lo que se desea comunicar.

Por ejemplo, no es lo mismo un entorno de vivienda rural a uno urbano y aplica igual la nacionalidad, no es igual una vivienda en México como uno en Rusia. Esto condiciona los demás objetos (edificios, vegetación, medios de transporte, personas) del entorno, cada entorno exige una serie de modelado 3D que identifique al modelo y que otorgue contexto al sitio del recorrido virtual.

Un ejemplo que se puede abordar para entenderlo desde una perspectiva más pequeña es la de una recamara, esta se puede representar de manera general con 5 o más muros de bajo nivel poligonal, y con ello decir que este espacio es una recamara, pero son los objetos adicionales lo que le proporcionara contexto, vida e inmersión al espacio, con esto claro, es obvio que se requerirán objetos tridimensionales o mobiliario.

El mobiliario mínimo para entender el contexto de una recamara son una cama, armario, cómoda y buró. Este mobiliario es lo más básico para entender el entorno, pero existen otros como: escritorio, tocador, silla, espejo, librero, repisas, muebles para tv, etc.

Estos muebles ya dotan al entorno de posibles estilos distintos sin perder de vista el juego de materiales, colores e iluminación. En síntesis, el entorno es necesario conocerlo o tener referencias para poder anticipar todos los objetos tridimensionales que entraran en escena para lograr una correcta inmersión.

- Fidelidad / Coherencia.

Otro punto que considera los objetivos de comunicación de un recorrido virtual es la "Fidelidad del proyecto", un modelo puede ser "sencillo", pero el cliente busca que se represente con fidelidad la calidez del proyecto, o la monumentalidad de este.

Se trata del grado en el que el recorrido virtual representa de manera coherente, creíble y funcional un espacio ya sea si este sea real o conceptual. En este punto la fidelidad dependerá desde aspectos geométricos, visuales e interactivos.

Es necesario recordar que la fidelidad afecta en los requerimientos y recursos mínimos necesarios para poder mostrar lo que el cliente desea, ya que esta fidelidad abarca 5 factores importantes.

Geometría:

- Las proporciones y escalas correctas según las referencias graficas o técnicas.
- La relación lógica entre los espacios.
- La precisión que mostrara cada objeto tridimensional, como ejemplo se puede apreciar como una precisión alta en proyectos técnicos y coherente en proyectos artísticos.

Visual & Contextual:

- Fidelidad en los materiales, ya sea que se busque unas texturas realistas o coherentes según el entorno.
- La iluminación, esta debe ser fiel o adecuada al contexto/entorno como lo es el horario y clima del sitio.
- La calidad final de los renders 360°.

Espacial:

- La sensación de estar dentro del espacio.
- La correcta colocación de cámaras 360°.
- La escala que percibirá el usuario.

Funcional:

- Dentro de esta fidelidad entra la navegación lógica como son la correcta posición de hotspots.
- Flujo del recorrido evitando confusiones al recórrelo.
- La accesibilidad que tendrá el usuario al recorrido.

Perceptual:

- En este apartado es importante observar y proyectar lo más cercano a lo que el usuario percibirá al entrar al recorrido virtual, si este espacio es percibido como real o creíble.
- La sensación general que este recorrido generara al usuario, aunque no sea exacto.
    - Usuario y clientes.

Al tratarse de recorridos virtuales, existen 2 partes que entran en juego en la elaboración del proyecto, por un lado, está el usuario, quien es el que interactúa con el entorno virtual, observando la experiencia de navegación, accesibilidad y percepción del espacio y por otro lado está el cliente, el establece los objetivos del proyecto, los requisitos del contenido y los criterios de éxito.

En síntesis, el usuario evalúa la experiencia, mientras que el cliente evalúa el cumplimiento de los objetivos.

¿Qué debería considerar?

En los clientes (persona que solicita la creación del VR360°):

- Objetivos:

- ¿Qué busca el cliente? ¿vender un sitio exacto del recorrido, el sitio, promocionar algo como mobiliario o un artículo?
- ¿Qué publico busca captar?
- ¿Busca difundir información adicional?

- Requisitos del proyecto:

- ¿Qué espacios se deberían incluir?
- Nivel de detalle necesario en cada espacio
- ¿Qué tipo de recorrido quiere? ¿informativo, interactivo?

- Identidad visual:

- Uso de colores, imagen, estilo, logos, tipografía que pueda poseer el cliente.
- Coherencia con la propuesta que trae el cliente

- Alcances y limitaciones:

- Tiempos límites de entrega

- Recursos que tiene el cliente para difundir el recorrido virtual

- Criterios de éxito:

- Utilidad del recorrido

- Atracción del recorrido

- Que el VR cumpla su función comunicativa

- Base o Bosquejo inicial del recorrido virtual.

- Idea imaginaria o proporcionada por el cliente sobre el recorrido virtual a generar.

En los usuarios (persona/usuario final que observara el VR360°):

- Perfil:

- Edad (edad del usuario que observara el recorrido, esto para estimar la altura de los ojos del usuario y con ello determinar la altura de la cámara en cada render panorámico). La edad y su altura será necesario solo en caso de que el cliente quiera que el usuario de esta edad observe el recorrido, de no ser así, se puede hacer el recorrido con una altura de cámara entre 1.60m a 1.70m.

- Nivel tecnológico (que dispositivos tecnológicos se piensan usar para su distribución, es decir, celular, pc, laptop, Tablet, gafas metaquest, etc).

- Familiaridad con entornos VR.

- Objetivos:

- ¿Capta la información o entiende lo que el recorrido busca comunicar?

- Orientación dentro del entorno/sitio.

- Experiencia de usuario (UX):

- Facilidad de navegación

- Claridad de la información

- Tiempos de carga

- Accesibilidad:

- Uso en distintos dispositivos como celular y pc

- Facilidad de uso para personas con poca experiencia digital

- Claridad visual

- Percepción:

- Realismo o coherencia del entorno

- Nivel de inmersión

- Satisfacción general del VR

- Comportamiento:

- Como navega entre hotspots

- Donde… inicia, termina y se detiene en el VR

En la creación de un recorrido virtual es necesario tener una base, ya sea imaginaria o planeada por el cliente, este debe responder a los objetivos de comunicación del proyecto, mostrando los puntos de mayor impacto que tiene planteado el cliente, este además es una gran auxiliar para entender que partes del modelado 3D serán más útiles y con ello generar un criterio del grado de detalle que este tendrá según los puntos de vista propuestos por el cliente.

- Requerimientos y recursos necesarios.

  - Softwares necesarios.

Para poder llevar a cabo la creación de un recorrido virtual, es necesario contar primero que nada con los softwares mínimos necesarios, estos son:

- Software de diseño asistido por computadora (CAD).
- Software de modelado 3D.
- Software de renderizado 360°.
- Software de postproducción digital.
- Software de interactividad.

o Elementos gráficos necesarios.

Otros medios necesarios para el desarrollo de una VR es el uso o creación de plantas arquitectónicas, imágenes y videos, ya sean del sitio o del concepto del recorrido.

o Modelos externos necesarios.

Desde este punto es necesario empezar a considerar el uso de modelos tridimensionales externos, ya sean por petición del cliente o como medio rápido para poder ambientar (contextualizar) el recorrido virtual.

Como punto a mencionar, estos modelos 3D deben pasar a revisión para ser útiles según el software de modelado 3D y motor grafico seleccionado a usar.

o Recursos extras.

Un recorrido virtual no solo es posible mostrarlo como un recorrido con geometría o totalmente estático, estos recorridos según la plataforma de visualización 360° y el motor

grafico que se plante a usar, puede integrar, sonidos, videos, texturas PBR, HDRIs y archivos IES, esto con el fin de dotar de mayor realismo e inmersión al recorrido virtual 360°.

- Dimensionamiento del proyecto

Dentro de este punto, el dimensionamiento del proyecto general considera:

- El tamaño o m2 del proyecto.

Recorridos virtuales en proyectos arquitectónicos no se definen solo como modelos por objeto o productos, se trata más de una unión de estos mismos, esto genera que sea difícil llegar a una conclusión del tamaño del recorrido. La mayoría de los recorridos terminan siendo una evaluación minuciosa de cada punto que el cliente busca comunicar con el proyecto, puede tratarse de una vivienda, pero busca vender más la cocina o que la cocina sea el ancla para lograr la venta. Es por ello necesario una base del recorrido virtual que busca el cliente.

Se puede tratar de una vivienda de 100m2, pero el cliente solo quiere el interior o no le importa el fondo o la colocación de sonidos, esto reduce la carga de trabajo según la fase en la que se interviene, puede ser el modelado, la fase de ambientación y acabado visual e incluso en la fase de integración e interactividad.

- Según el nivel de detalle.

Esto se puede interpretar de macro a micro, donde primero es necesario conocer si la dificultad nace desde la imaginación o con ayuda de planos, posteriormente el conocer el nivel de detalle general del entorno y con ello avanzar al detalle puntual de los modelos 3D si es que existiera alguno. Con regularidad estos detalles puntuales nacen de espacios

más íntimos o según requiere el cliente, en las viviendas puede ser un baño, una recamara, cocina o jardín.

En casos de productos como el mobiliario, nacen estos detalles en sofás, camas, repisas, jarrones, mesas, etc.

- Según la experiencia en el uso de softwares.

El dimensionamiento de un proyecto también se puede observar desde la perspectiva que tiene el profesional en el desenvolvimiento del uso de softwares y su accesibilidad a estos.

Esto puede verse en 2 partes:

1. El software o motor gráfico que necesite o solicite el cliente para su recorrido virtual.
2. El software y motor grafico que domina el profesional. Por esta razón es necesario entender el proyecto y como se piensa aplicar para así poder generar un juicio y recomendaciones al cliente en caso de presentar inconvenientes con el uso de softwares.

Claro, esta es un posible escenario donde el cliente fije un software o motor gráfico, más allá de esto, de no ser así, entonces, el profesional puede hacer uso del mejor software disponible o del que más tenga conocimientos para poder generar un recorrido virtual satisfactorio y al nivel de detalle solicitado por el cliente.

- Según las formas volumétricas del proyecto:

En la creación de un recorrido virtual es necesario observar y considerar las formas volumétricas que se presentaran y con ello variar su complejidad:

La siguiente propuesta es una tabla rellenable que considera los softwares de modelado 3D que maneje el profesional y donde considere su experiencia en ellos según los modelos que se presentaran en el proyecto.

Tabla 22

Tabla de Softwares y Experiencia en Modelado 3D

Objeto	**Tipo de Modelado**	**Dificultad** SketchUp + Plugins Software 1	Blender Software 2
Jarrón	Orgánico	Medio difícil	Fácil
Maceta Moai	Orgánico	Muy difícil	Medio difícil
Edificio	Ortogonal	Medio difícil	Fácil
Repisa	Ortogonal	Fácil	Fácil

Fuente. Elaboración propia. La tabla esta rellena con datos de ejemplo.

- Demanda computacional para ejecutar el recorrido virtual (VR).

La demanda computacional variara según el software y la familiaridad que el usuario tiene en él, ya que cada software posee un nivel de dificultad, de igual manera es necesario considerar el hardware necesario para poder ejecutar un modelado 3D mínimo y máximo.

Tabla 23

Tabla de Requisitos Mínimos y Máximos de Softwares de Modelado 3D

Dificultad	**Software**	**Hardware Mínimo**	**Hardware Recomendado**
Sencillo	SketchUp	Procesador de 1+ GHz 4 GB de RAM 1,5 GB de espacio en el disco duro.	Procesador de 2,4+ GHz 8 GB de RAM 2 GB de espacio en el disco duro

Dificultad	Software	Hardware Mínimo	Hardware Recomendado
Medio	SketchUp + Plugins o Blender	Una tarjeta gráfica 3D con 512 MB de memoria o más que admita aceleración de hardware. Os Windows 8.1 (64 bits) CPU 4 núcleos con soporte SSE4.2 RAM 8GB GPU 2 GB de VRAM con OpenGL 4.3, Vulkan 1.3 (ver más abajo)	Una tarjeta gráfica 3D con 1 GB de memoria o más que admita aceleración de hardware. Os Windows 11 CPU 8 núcleos RAM 32 GB GPU 8 GB de VRAM
GDifícil	3D Max o Maya	Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. CPU Procesador Intel® o AMD® de 64 bits con conjunto de instrucciones SSE4.2 Con macOS, Apple Silicon arm64 o Intel x86 RAM 8 GB de RAM GPU 4 GB de VRAM	Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. CPU Procesador Intel® o AMD® de 64 bits con conjunto de instrucciones SSE4.2 Con macOS, Apple Silicon arm64 o Intel x86 7 GB de espacio libre en disco para la instalación RAM 8 GB de RAM (se recomiendan 16 GB o más) GPU 8 GB de VRAM

Nota. Tabla elaborada a partir de las páginas web: Sketchup., Blender., Graficamazzini., Autodesk., Autodesk-Maya.

Así como se identificó el nivel de manejo de softwares en modelado 3D con ciertas volumetrías, ya seas orgánicos u ortogonales, también es necesario considerar el nivel de dificultad a la hora de renderizar, ya que cada motor de renderizado mantiene un orden general para renderizar. Este punto es más que nada ubicar el motor gráfico que más se adapte al proyecto a realizar, considerando si previamente el cliente no solicito un motor gráfico específico.

Teniendo en cuenta las cuestiones anteriores, al finalizar se debe lograr entender que softwares y herramientas serán necesarias para lograr crear el VR, con esto considerado, es necesario conocer el costo que estos tienen.

Tabla 24

Costo de Licencias Mensuales y Anuales de Softwares de Modelado 3D Y Renderizado con Respecto al año 2026

Tipo	Software	Costo de Licencia Mensual	Costo de Licencia Anual
Modelado Tridimensional	SketchUp	MXN $ 347.95 USD $20	MXN $ 1,187.37 USD $68.25
	Blender	Gratis	Gratis
	3D Max	MXN $ 3,170 USD $ 182.21	MXN $ 25,065 USD $ 1,440.74
	Maya	MXN $ 2,089 USD $ 120.08	MXN $ 25,065 USD $ 1,440.74
Motor de Renderizado	Vray para SketchUp	MXN $ 2,443.49 USD $ 140.35	MXN $ 22,211.36 USD $ 1,275.82
	Corona Render	MXN $ 875.76 USD $ 50.31	MXN $ 18,305.50 USD $ 1,051.65
	Twinmotion	Gratis	Gratis
	D5 Render	Gratis (Comunidad) MXN $ 583.00 USD $ 33.49	MXN $ 7,000.00 USD $ 402.08
	Enscape	MXN $ 1,873.35 USD $ 107.62	MXN $ 21,967.01 USD $ 1,262.00
	Lumion	MXN $1,683.97 USD $ 97.26	MXN $ 20,346.23 USD $ 1,168.69

Nota. Los precios abordados en la tabla están en pesos mexicanos y dólares, además de considerar el precio más alto en cada licencia debido a que cada software se manejan planes de licencia como pueden ser: licencias básicas, pro y studio, etc.

Tabla elaborada a partir de las páginas web oficiales de: https://sketchup.trimble.com/es/plans-and-pricing., https://www.blender.org/about/license/-., https://www.autodesk.com/mx., https://www.chaos.com/es., https://www.twinmotion.com/license?lang=es-ES., https://www.d5render.com/es/pricing., https://lumion.com/product/buy

Teniendo en cuenta que ya se consideraron los softwares necesarios para lograr el proyecto, el siguiente paso es crear un cronograma que aborde el tiempo estimado para modelar en 3D todo el entorno y objetos necesarios para lograr la inmersión y detalles necesarios del recorrido virtual 360°. Este cronograma es la primera pieza que nos dictaminará el tiempo total estimado de modelado y con ello considerar al menos el costo total de la licencia de software de modelado 3D y claro, dará el primer acercamiento a tener una fecha de entrega del proyecto.

La siguiente tabla es una propuesta de tabla rellenable que considera cada objeto a modelar con texturizado base, en él, se considera el tipo de modelado con sus respectivos detalles solicitados y el tiempo estimado por el artista 3D.

Tabla 25

Tabla de Estimación de Tiempo Para Modelado Tridimensional y Texturizado

Referencia del objeto a modelar (Fotografía, plano o dibujo**)**	**Objeto**	**Tipo de Modelado**	**Detalles necesarios**	**Tiempo estimado (**Hrs**)**
Fotografía	Puerta 1	Ortogonal	• Manija y cerradura (Modelado). • Detalles de Acero en cerradura. • Detalles en madera (Textura).	5hrs.
Plano	Ventana de 2 hojas	Ortogonal	• Manija • Solo los marcos y cristal	1hrs.
Fotografías	Silla de oficina 1	Orgánico	• Detalles en el acero. • Detalles en tela.	9hrs.
Dibujo	Maceta	Orgánico	• Solo geometría general de la maceta. • Textura básica.	2hrs.

Nota. Elaboración propia. La tabla esta rellena con datos de ejemplo.

Bien, ahora es necesario tener una base entre el consumo de hardware y la calidad de render que se puede lograr, esto para empezar a generar una idea de los costos operativos que se presentaran a la hora de crear el recorrido virtual.

La siguiente tabla aborda precisamente estos puntos, capacidad de hardware y calidad de render.

Tabla 26

Tabla de Relación Entre Capacidad de Hardware y Calidad de Render

Nivel de desempeño	CPU	GPU (VRAM)	RAM	Resolución	Tiempo de Render	Calidad visual	Complejidad de escena	Tipo de render	Aplicación
Básico (mínimo)	Procesador de entrada (i3 / Ryzen 3)	GPU básica o integrada (≥6 GB)	8-16 GB	HD (1280x720)	Bajo (segundos-minutos)	Baja	Geometría simple, pocos objetos, texturas básicas.	Tiempo real limitado	Bocetos, pruebas iniciales.
Intermedio (recomendado)	Gama media (i5 / Ryzen 5)	GPU media (≥6-8 GB)	16 GB	Full HD (1920x1080)	Medio (minutos)	Media	Escenas arquitectónicas estándar, vegetación moderada.	Tiempo real / hibrido	Presentaciones en proceso.
Avanzado (alto rendimiento)	Gama alta (i7 / Ryzen 7)	GPU alta (8-12 GB, RTX)	16-32 GB	2k (2560x1440)	Medio-alto (minutos-decenas)	Alta	Escenas complejas, iluminación global, materiales PBR.	Hibrido (GPU + CPU)	Presentación profesional.
Profesional (optimo)	Alto rendimiento (i9 / Ryzen 9)	GPU muy alta (12-24 GB, RTX)	32-64 GB	4k (3840x2160)	Alto (decenas-horas)	Muy alta / Fotorrealista	Alta densidad geométrica, iluminación avanzada, vegetación detallada.	Ray tracing / Path tracing	Marketing, renders finales.
Especializado (ultra)	Estación de trabajo (Threadrippe / Xeon)	GPU muy alta (RTX 4080-A6000)	64 GB o mas	4k-8k	Muy alto (horas-días)	Fotorrealismo avanzado	Simulación física, partículas, entornos masivos.	Offline / Cinematográfico.	Animación, cine, VR avanzado.

Nota. La tabla fue elaborada a partir de:

- Kurt, B. (2026, March 15). Lumion System Requirements 2026 | Minimum, Recommended & Optimal GPU, CPU, RAM Specs. ArchiVinci. https://www.archivinci.com/es/blogs/lumion-system-requirements
- Staniul, K. (2026, May 2). V-Ray vs Lumion: In-Depth 2026 Comparison. https://www.myarchitectai.com/blog/lumion-vs-vray
- Recommended hardware. (2026, April). Chaos Help Center. https://support.chaos.com/hc/en-us/articles/4406890478865-Recommended-hardware
- Which graphics card do you need for Lumion 2024 and newer? (2026). https://support.lumion.com/knowledge-base/api/v2/help_center/en-us/articles/12614095715868.json

Como se observa en la tabla, la calidad del renderizado digital está directamente condicionada por la capacidad del hardware disponible, más específico-, en la CPU, GPU y la memoria RAM, ahora, según en las páginas oficiales de los motores gráficos y tablas de pruebas previas entre motores gráficos y requerimientos, muestran que a medida que aumenta la capacidad procesamiento, es posible incrementar la resolución de salida, la complejidad en la geometría y la precisión de los modelos de iluminación y detalles extras de un render final.

De igual manera se observa una relación proporcional entre calidad visual y tiempos de render, se observa que cuando se llega niveles altos de fotorrealismo se implican mayores costos computacionales, tanto en tiempo como en consumo energético, en este sentido la tabla propuesta muestra distintos niveles de desempeño, como mínimo, recomendado y optimo que varían en los motores gráficos de Lumion y V-Ray, con estos se consideran variables de calidad visual y aplicación dentro del contexto de la visualización arquitectónica.

Ahora, gracias a las tablas anteriores se puede generar un sistema de costos.

El costo del render se calcula mediante la integración de variables asociadas al tiempo de producción, costo operativo y complejidad visual de los renders (calidad visual del recorrido virtual).

Viendo las consideraciones del costo por render, este sistema incluye:

Tabla 27

Consideraciones del Costo por Render

Tipo	Que incluye
Costo humano	Tiempo trabajado
Costo operativo	PC, Luz, Software y Renderizado

Nota. Elaboración propia.

Dentro de estos datos para considerar los costos, se considera la complejidad del proyecto, modificando el precio final.

Debido a estas consideraciones, la formula base es la siguiente:

Costo de Render = (Horas de trabajo x Tarifa de trabajo) + Costo operativo

Posteriormente se añadiría: Resultado x Factor de complejidad = Costo de Render

Formula completa:

CR = [(HT x TH) + CO] x FC

Tabla 28

Significado de las Variables

Variable	Significado
CR	Costo total del render
HT	Horas trabajadas
TH*	Tarifa por hora
CO	Costo operativo
FC	Factor de complejidad

Nota. Elaboración propia.

*En la tabla, al referirse a tarifa por hora (TH) se obtuvo de ¿Cuánto dinero cobrar como artista? [Video], 2025, YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=0xkSSTO4Zdg

Cálculo de Costo Humano (Tarifa por hora)

Este costo variara según la experiencia del artista 3D en:

- Modelado tridimensional
- Iluminación
- Texturización
- Configuración de cámaras y composiciones
- Postproducción
- Correcciones finales

Con esto se entiende que el costo humano, viene dirigido según la experiencia, la especialización, la calidad, velocidad y no olvidar el mercado local.

El cálculo de tarifa por hora:

Tarifa por hora = Ingreso mensual deseado / Horas trabajadas al mes

Ejemplo:

Busco ganar $15,000 MXN mensuales, y trabajo 8 horas al día por 5 días a la semana.

Eso da como resultado 160 horas al mes.

Con esto, entonces: $15,000 / 160 hrs = $94.00 MXN/hr. Por lo tanto mi tarifa por hora (TH) es de **$94.00 MXN/hr.**

Cálculo de Costo Operativo

Primero que nada, se debe entender de donde nacen estas variables operativas, los cuales se abordan en la siguiente tabla.

Tabla 29

Variables Operativas

Incluye	Ejemplos
Licencia de softwares	V-Ray, Adobe, Lumion, SketchUp
Electricidad	Renderizado
Hardware	Desgate de GPU / CPU
Refrigeración	Ventilación
Almacenamiento	SSD / HDD
Renderizado	Uso intensivo del equipo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

Cálculo de Costo Operativo

Concepto	Mensual
Software	$2,000
Energía Eléctrica	$600
Internet	$500
Desgaste de equipo	$1,000
Total:	$4,100

Nota. Elaboración propia.

Ahora, en base de este costo operativo mensual, se debe dividir entre la cantidad de renders mensuales. Suponiendo una cantidad de 20 renders mensuales, obtendremos: $4,100 / 20 = **$205 por render.**

Cálculo del Factor de Complejidad

Por último, se necesita considerar el factor de complejidad (FC), este nace de observar el proyecto, partiendo desde la complejidad geométrica, complejidad visual, costo computacional y tiempo operativo, en sí, este funciona como un factor que se ajusta al costo final del render de acuerdo con las exigencias técnicas y visuales del proyecto.

Tabla 31

Variables Consideradas en el Factor de Complejidad

Variable	Impacto
Cantidad de objetos	Aumento de geometría
Vegetación	Mas consumo de VRAM
Materiales PBR	Mas cálculos en lo materiales
Iluminación	Mas tiempo de creación y renderizado
Escena nocturna	Mas rebotes de luces
Empleo de reflejos y transparencias	Mas cálculos
Resolución	Mayores tiempos de renderizado
Animación	Mayor tiempo de creación y resultados

Nota. Elaboración propia.

Una vez observado las variables que conforman el factor de complejidad, se ha creado una tabla que lo aborda a manera de niveles de complejidad.

Tabla 32

Niveles de Complejidad

Nivel	Características	FC
Baja	Escena simple, con pocos materiales e iluminación sencilla sin recursos extras.	x1.0

Nivel	Características	FC
Media	Escena con Interiores estándar, con iluminación y texturizado básico y baja cantidad de recursos extras.	x1.2
Alta	Escena con más detalles en modelo general y modelos extras, además mayor complejidad de Vegetación e iluminación.	x1.5
Muy alta	Escena con altos detalles en modelos 3D y uso de recursos extras de alta calidad para ofrecer resultados fotorrealistas.	x2
Ultra	Proyectos donde se necesiten animaciones y o se traten de entornos masivos.	X3+

Nota. Elaboración propia.

Con todas estas tablas se puede completar la formula general. Suponiendo un ejemplo de creación de un render de nivel alto al que se consideró una duración de 6 horas, se presenta lo siguiente:

CR = [(HT x TH) + CO] x FC

Ejemplo:

Variable	Valor
HT (Horas trabajadas)	6 horas
TH (Tarifa por hora)	$94.00 MXN/hr.
CO (Costo operativo)	$205 MXN
FC (Complejidad del proyecto)	1.5

CR = [(6 x 94.00) + 205] x 1.5 = $1,153.50 MXN

Por lo tanto, la creación de un render de estas características costaría $1,153.50 MXN.

Con todo lo presentado anteriormente, se presenta una tabla con tarifas sugeridas según el nivel de experiencia del artista 3D.

Tabla 33

Precios Sugeridos Según la Experiencia del Artista

Nivel	Tarifa sugerida
Junior	$80 - $150 por hora
Intermedio	$150 - $300 por hora
Avanzado	$300 - $600 por hora
Especializado	Mas de $600 por hora

Nota. Elaboración propia.

Fase 1: Recolección de Información Técnica y Visual Para el Desarrollo de la Propuesta

Dentro de esta fase es necesario recolectar toda información visual que ayude a desarrollar los modelos tridimensionales, de manera esencial en caso de tratarse de proyectos artísticos es necesario tener una buena base de referencias de todo modelo que se realizara, dentro de estas referencias visuales entran imágenes, sketches, etc. En todo caso incluso de tratarse de un proyecto artístico es útil que esta base de referencias cuente con vistas frontales, laterales, superiores y perspectivas, esto para tener una mayor precisión al modelar, incluso de ser necesario se puede considerar la idea de realizar planos CAD para poder modelar con mayor precisión.

En casos de proyectos técnicos, donde ya se presentan planos elaborados es necesario contar como mínimo con lo siguiente:

Recolección de planos proporcionados.

Opción A. cuando el proyecto cuenta con planos arquitectónicos previos.

Mínimos necesarios para trabajar:

Plantas de conjunto.

Plantas arquitectónicas.

Cortes.

Fachadas.

Planos de topología.

Cortes por fachada.

Planos de áreas verdes y de jardinería.

Planos de acabados.

Corroboración en sitio.

Referencias fotográficas.

Referencias videográficas.

Nota: toda la información proporcionada deberá ser corroborada mediante visita en sitio y levantamiento fotográfico.

Opción B. cuando el proyecto no cuente con la información mínima necesaria se deberá realizar los planos solicitados anteriormente.

Fase 2: Modelado Arquitectónico 3D

- Preparación del entorno de trabajo.

Esta fase busca preparar el espacio de trabajo para evitar contratiempos a la hora de modelar, el realizar esto previamente es esencial para tener una base sólida del archivo del modelo 3D.

Nota. En la mayoría de los softwares de modelado tridimensional se puede preparar el espacio de trabajo y guardarse dicho entorno como una plantilla, esto facilita aún más el trabajo si uno ya cuenta con una forma de trabajar el modelado 3D, así como trabajar con ciertas características específicas para un cliente constante.

- Unidades de medida.

Las unidades de medida son la unidad con la que se trabaja el modelo 3D, la unidad de medida usada en México es el sistema internacional (SI), esta unidad realmente se trata más de preferencia personal y con la que el usuario se sienta cómodo, sin embargo, existen ciertas unidades que son más usadas para ciertos modelados, por ejemplo:

- Los metros (m) son usados para modelado arquitectónico, es decir, para medidas mayores al metro, como muros, puertas, ventanas, todo aquello que sea superior al metro.

- Los centímetros (cm) son comúnmente usados en el modelado de diseño de interiores y productos, esto por flexibilidad de modelar mobiliario y productos inferiores al metro.

- Los milímetros (mm) el uso de milímetros es más usado para precisión ya sea para el diseño de productos o impresión 3D, incluso existen modelos que trabajan los mm en trabajos de precisión en puertas y ventanas de aluminio.

A pesar de estos usos comunes en ciertas áreas, no existe una regla estricta para el uso de unidades para el modelado tridimensional, la mayoría de las ocasiones se trata de una elección personal, solo en casos de tratarse de un trabajo profesional, en estos casos despachos o empresas requieren el modelo 3D con una unidad específica.

- Hotkeys.

Los atajos o “Hotkeys” en ingles se tratan de combinaciones de teclas que permiten realizar acciones específicas en un software, el más común y usado es el Ctrl+C y Ctrl+V.

No es obligatorio la configuración de estas Hotkeys en el software de modelado 3D, sin embargo, la mayoría de estos programas son pensados para trabajar con este flujo de trabajo con teclado y mouse. Es por esta razón que es preferible aprender los atajos del software y configurarlos con la comodidad que uno pueda presentar, como ejemplo, existen algunos mouses con más de 3 botones con los que se pueden configurar estos botones con Hotkeys para poder acceder a estos con mayor facilidad entre teclado y mouse.

Figura 5

Imagen Ejemplo de Mouse con Botones Programables



Nota. Imagen tomada de: https://m.mediaamazon.com/images/I/51UDLwT6sWL._AC_.jpg

- Extensiones: Plugins o Add-ons.

Dentro de la configuración de Plugins o Addons se necesita tener un conocimiento previo del software de modelado 3D que se utilizará, conocer las fortalezas y debilidades en las

herramientas que este software posee y con ello probar y examinar complementos para poder considerar los mejores y verdaderamente útiles y necesarios según el flujo de modelado 3D que se realice, es primordial no olvidar los fundamentos del modelado en el software a usar y no depender en gran medida de estos complementos.

Nota. Es necesario conocer el límite de complementos que se pueden instalar en el software de modelado, principalmente por el espacio disponible en pantalla y en algunos casos el exceso de complementos es contraproducente ya que este peso extra ralentiza el inicio al abrir el software.

- Nomenclatura en el modelado tridimensional.
  - Nomenclatura externa para organización.

Es importante tener una buena nomenclatura para organizar las carpetas y archivos con los que se trabajaran más adelante, en la fase 2 se hace la primera integración de una nomenclatura que evolucionara según cada fase hasta concluir.

Es importante tener en cuenta reglas para poder sostener esta nomenclatura, por ejemplo:

- Usar siempre guiones bajos.
- No hacer uso de espacios.
- Todo en minúsculas o todo en mayúsculas.
- Abreviaturas fijas.

De igual manera es necesario evitar errores, por ejemplo:

- Evitar nombrar archivos de manera clara: argchivo1, archivo, etc.
- Colocar nombres largos.
- Mezclar idiomas sin un criterio establecido.

- No colocar la versión en la que se está trabajando el archivo.

Si es observado desde el tipo de proyecto abordado, ósea, artístico o técnico, se puede considerar en la carpeta inicial, con la que se abre el proyecto, por ejemplo:

- Art_ CasaResidencial _2026-04-01
- Tec_ CasaResidencial _2026-04-01

Propuesta de nomenclatura en archivos:

La nomenclatura de archivos se estructura en función de las metodológicas propuestas, permitiendo identificar de manera inmediata el tipo de proyecto, el desarrollo, contenido y versión del archivo, esto permite la organización, trazabilidad y control del flujo de trabajo.

Propuesta:

[Proyecto **] + [** Fase **] + [** Tipo **] + [** Área **] + [** Versión **] + [** Fecha **]**

Por ejemplo: CasaResidencial_F1_M3D_Recamara_V00_2026-04-01

Tabla 34

Tabla de datos para nomenclatura de archivo

ID del Proyecto	Fase	Tipo de Archivo / Contenido	Área o elemento	Versión	Fecha
Casa Residencial	F0 (Planeación)	CAD / Planos	General	V00 (Inicial)	Uso de fechas por: Año-Mes-Dia
	F1 (Recolección)	Modelado 3D / M3D			
VR Departamento Centro	F2 (Modelado)	Texturizado / TEX	Edificio	V01 (Versión 1)	2026-04-01
	F3 (Ambientación)	Renderizado 360 / R360	Andadores	V02 (Versión 2)	Uso de fechas por: Dia-Mes-Año

ID del Proyecto	Fase	Tipo de Archivo / Contenido	Área o elemento	Versión	Fecha
Iglesia 360	F4 (Diseño de recorrido)	Render de Prueba / PRE	Sala	V03 (Versión 3)	01-04-2026
	F5 (Render 360)	postproducción / POST	Recamara		
	F6 (Postproducción)	Integración a plataforma de visualización 360 / INT	Cocina	V04…	
	F7 (Integración)	Evaluación / UX	Fachada		
	F8 (Evaluación)		Jardines		

Nota. Elaboración propia.

Para finalizar el orden de las carpetas, es necesario especificar el estado de estos archivos que se encuentren dentro de las carpetas, por ejemplo:

Se inicia la carpeta como:

- Tec_ CasaResidencial _2026-04-01

Se continúan las carpetas dentro según su estado.

- Tec_ CasaResidencial _WIP / TP_2026-04-01
- Tec_ CasaResidencial _REV_2026-04-01
- Tec_ CasaResidencial _FINAL_2026-04-01
- Tec_ CasaResidencial _ENT / CLIENTE_2026-04-01

Tabla 35

Estado de Carpetas

Abreviatura	Estado
WIP / TP	Work in progress / Trabajo en progreso (trabajo que se esté llevando a cabo en cada fase de la metodología).
REV	Revisión (revisión entre fases de la metodología).

FINAL	Final (listo para continuar a fase 7 de integración e interoperabilidad).
ENT / CLIENTE	Entrega a cliente (proyecto terminado y listo para su entrega y presentación al cliente).

Nota. Elaboración propia

La propuesta terminaría como este ejemplo:

- Tec_ CasaResidencial _2026-04-01
  - Tec_ CasaResidencial _WIP / TP_2026-04-01
    - CasaResidencial_F2_M3D_Cocina_V00_2026-04-01
  - Tec_ CasaResidencial _REV_2026-04-01
    - CasaResidencial_F2_M3D_Cocina_V06_2026-04-01

- Nomenclatura dentro del software de modelado 3D.

La nomenclatura dentro del software de modelado 3D tiene varias maneras de considerar la importancia del modelo, este paso se puede considerar a criterio personal, o según el crecimiento del modelado.

Propuesta sencilla arquitectónica:

- Cimentación
- Suelo / Losa de desplante
- Muros principales / Muros portantes
- Muros Secundarios / Muros divisorios
- Columnas
- Trabes
- Ventanas

- Puertas
- Losa de entrepiso
- Techo

Incluso de esta manera en los softwares de modelado se pueden juntar en “cajas”, “carpetas” o “grupos”, en estos se pueden juntar más de un modelo 3D, esto es útil cuando el modelado crece cada vez más y se ve necesario el uso de estos grupos para organizar todo el entorno del recorrido virtual. En estos casos se puede usar otra nomenclatura.

Propuesta compleja arquitectónica:

- CAD
- Referencias de planos CAD
- IMG. – REF.
- Referencias de imágenes o sketches.
- CIM (cimentación)
- Suelo / Losa de desplante
- Muros
- Muros principales / Muros portantes
- Muros Secundarios / Muros divisorios
- EST (estructura)
- Columnas
- Trabes
- Herrería o Carpintería
- En caso de ser más de un tipo de ventana o puerta se puede aplicar.
- VTAs
- Ventana 00

- Ventana 01
- Ventana 02

▪ PTAs

- Puerta 00
- Puerta 01
- Puerta 02

▪ Losas

- Losa de entrepiso
- Techo

▪ Mobiliario

▪ INS. ELEC. (Instalaciones eléctricas)

▪ INS. SAN. (Instalaciones sanitarias)

▪ INS. HID. (Instalaciones hidráulicas)

▪ VEG., (Vegetación / Áreas verdes)

▪ EH. – (Escalas humanas)

▪ Animales

▪ CAM. – (Caminos / Senderos)

▪ VIAs. – (Vialidades)

- Puerta 02
- Banquetas
- Guarniciones
- Calles

Nota. El nivel de clasificación dentro del modelado 3D variara según el nivel de detalle requerido, es decir, no necesariamente se utilizará toda la nomenclatura propuesta.

- Selección en la forma de modelado.

- Selección de la forma de modelado más optima o conveniente para el proyecto.

La forma de modelar en 3D variara según el objeto a modelar, según el tipo puede ser más sencillo realizar uno u otro.

Usar técnicas de modelado sencillas, como lo es modelar de manera ortogonal proporciona facilidad con muros, el uso de modificadores permite llegar a otro nivel de detalle orgánico, pero el uso de modelado por esculpido permite mayor control y lograr modelos complejos, no se debe olvidar el uso de otra manera de modelado como lo es la aplicación de las operaciones booleanas.

Desde una perspectiva arquitectónica se presenta mejor el uso de modelado ortogonal con empleo de operaciones booleanas para lograr el modelado del cascaron, en la mayoría de los proyectos con formas ortogonales.

En casos de modelado de mobiliario, es mayormente útil el modelado convencional con modificadores de subdivisión y operaciones booleanas.

Para casos complejos como el modelado de objetos muy orgánicos o que presentan irregularidades, es en ocasiones la forma más útil de lograr el modelado, la dificultad se presenta en la retopología del mismo.

Nota. La forma de aplicar las técnicas de modelado es totalmente a criterio del modelador, ya que según su nivel de pericia puede considerar más útil una u otra manera de modelar un objeto, no olvidemos que modelar toma tiempo y criterio durante la marcha en que se modela, además de que esta es la base de que el entorno sea percibida como realista, coherente y convincente.

- Consideraciones previstas en el nivel de detalle.
  - Considerar en cada objeto a modelar los detalles previstos en la fase 0.

Este punto se basa en recordar el nivel de detalle previsto en la fase 0.

Por ejemplo, si el cliente busca mayor detalle en los muros, pero el mobiliario no importa tanto, entonces los muros pueden tomar más tiempo de modelado y pensamiento en su malla “mesh” y en los muebles se puede crear un modelado más sencillo y menos pensado al crearlo, ahorrando tiempo entre objetos a modelar. En otras palabras, jugar con el modelado, creando objetos low poly y high poly según lo que sea necesario.

Otra manera de observar el nivel de detalle entre objetos 3D se puede apreciar en la texturización.

- Texturización base.
  - Criterios de texturización previo a exportar al software de renderizado.

En este punto se debe recordar que es una textura y no confundirla con un material, una textura es meramente una representación gráfica bidimensional de la superficie de un material y un material es la integración de las propiedades visuales y físicas de un elemento dentro de un entorno digital. Una vez recordado esto, es necesario considerar las posibilidades del “detalle” ya que se relaciona directamente con el punto anterior, continuando con el ejemplo de los muros, se puede apreciar ahora como un balance entre modelado y texturizado.

Se deben considerar las 2 opciones, por un lado, el modelado y su nivel de detalle en la malla “mesh”.

El segundo es considerar si este detalle de modelado es realmente necesario o si este realmente pude remplazarse mejor por una textura, de ser mejor la opción de una textura, entonces se puede optimizar mejor el muro en su malla y texturizar de la mejor manera para tener el detalle deseado.

Una vez considerado si es mejor texturizar o modelar, se pasa a texturizar todos los elementos dentro del modelo completo. Un criterio común y más eficaz es el texturizado por color, ya que estas texturas solo generan un mapa base o de color base que los hace identificarse dentro del modelo, este uso puede verse en 2 perspectivas.

- El color como medio para diferenciar objetos, por ejemplo:

  - Café: puertas, ventanas
  - Gris: andadores, caminos, calles
  - Blanco: muros
  - Verde: jardineras

- El color como medio para distinguir textura, por ejemplo:

  - Café: madera
  - Gris claro: aluminio
  - Gris medio: acero o cromo
  - Gris oscuro: pavimentos
  - Negro: metal pintado de negro
  - Verde claro: césped
  - Azul: plásticos azules
  - Naranja: plásticos naranjas

Por supuesto, estos son ejemplos y debido a la gran variedad de objetos y colores que se tienen en el mundo, es preferible hacer un listado de los colores que se piensan usar y el significado de estos, incluso se puede hacer uso de texturas con imagen, sin embargo, es útil recordar que las texturas de imagen generan mayor peso en el archivo, por esto es necesario tener un juicio de cuando usarse estas texturas realmente, por ejemplo, para distinguir un material esencial y único, como el césped, ladrillo, piedra o roca, baldosa, cristal, metal, pavimento y así mantener los colores como materiales genéricos pintados, como puede ser un muro de concreto pintado de naranja y así representarlo meramente con el color naranja o un muro de ladrillos pitados de beige y usar solo el color beige.

Como se puede ver, estos criterios son solo ejemplos de cómo se pueden aplicar las texturas, no olvidar 2 puntos, las texturas de colores son más ligeros y hacer una lista ya sea física o mental del uso de los colores y su significado, principalmente para evitar conflictos entre modelos al juntar todos en un mismo entorno.

Ejemplo:

En un modelo con archivo aparte se usa el rojo para representar los muros ya que se tratan de muros de ladrillos pintados de rojo.

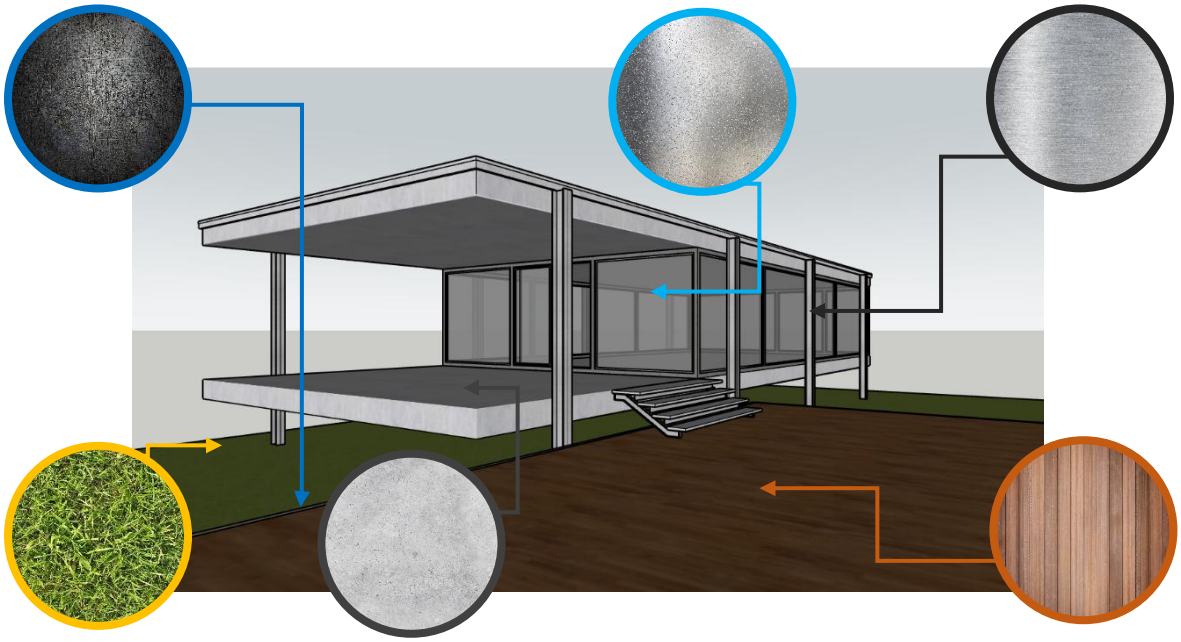
En otro modelo se usa el rojo para la loza de azotea ya que se busca representar el material de impermeabilizante.

El problema recae cuando estos 2 modelos se junten en un mismo entorno tridimensional, el motor de renderizado puede confundir estos materiales, no sabe distinguir cada modelo, es por esta razón que se deben considerar soluciones, por ejemplo:

Usar un color de rojo distinto, los softwares de modelado vienen con texturas diferenciados por nombre o números, en algunos, estos números dependen por su color sexagesimal, esta es una opción para identificar cada objeto separado, la otra opción es usar directamente una textura distinta ya sea que este incluida en el software de modelado 3D o que sea importada.

Figura 6

Ejemplo de Aplicación de Texturas en Modelos 3D



Nota. Elaboración propia, en el software de modelado 3D SketchUp.

En la figura x se observa un modelo tridimensional texturizado con previo análisis del cómo se proyecta este modelo al ser importado al motor gráfico, es con esto que se presentan texturas de referencia.

- Optimización del modelo.
  - Consideraciones para aplicar modelos 3D externos.

En algunas situaciones aplicar modelos 3D externos será más útil que hacerlos uno mismo, esto depende desde el tiempo que uno tomará para modelar el entorno general y con ello ahorra tiempo y la consideración de modelos 3D útiles para representar mobiliario o materiales originales de algunas empresas o estudios dedicados al diseño arquitectónico o de interiores.

Las consideraciones de estos modelos 3D son básicamente un reflejo de las consideraciones propias que hayamos seleccionado a la hora de modelar los objetos de nuestro recorrido virtual.

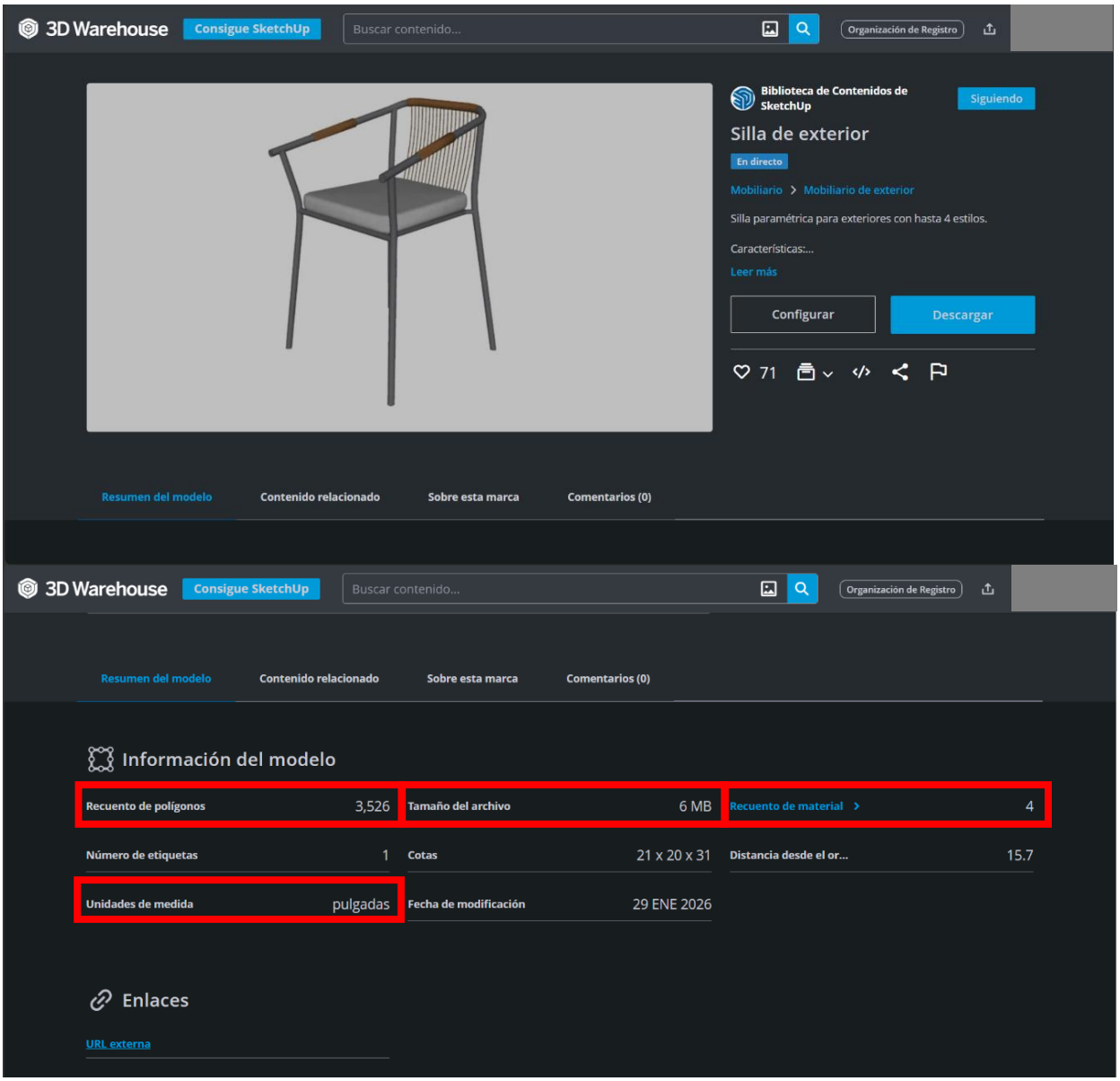
Son básicamente 2 bases para seleccionar un modelo 3D externo:

- El nivel de detalle en la malla “mesh”.
- El nivel de detalle de las texturas y por lo tanto el peso de estas cuando se aplicaron al modelo.

Con esto, es necesario examinar cada modelo 3D a aplicar y generar un diagnóstico de cómo está compuesto, incluso de ser necesario se debe optimizar su malla (retopología) y las texturas bajo los criterios abordados anteriormente para evitar cualquier conflicto con los materiales al aplicarse en el motor de renderizado.

Figura 7

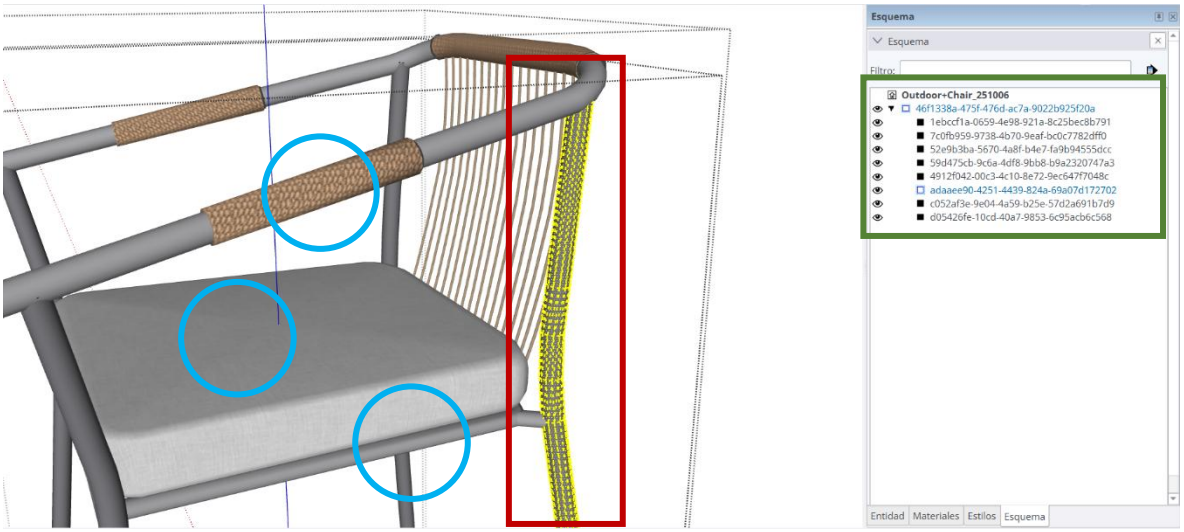
Ejemplo de Selección de Modelos 3D en Páginas Webs.



Nota. En las páginas web de modelados 3D se muestran las características que estos poseen, estos datos son el primer perímetro al considerar un modelo. Los recuadros rojos son los datos principales que se deben observar. Imagen adaptada de “Outdoor chair – model”, por 3D Warehouse, (s.f.), https://3dwarehouse.sketchup.com/model/257b157c-acf5-4564-a1a9-e8ec57cf28b9/Outdoor-Chair

Figura 8

Ejemplo de Análisis de Modelos 3D Externos



Nota. La siguiente fase para seleccionar un modelo 3D es observarlo directamente en el software nativo preferentemente. Los marcos de colores muestran lo que se debería observar.

Modelo 3D de “Outdoor chair – model”, por 3D Warehouse, (s.f.), 3D Warehouse, https://3dwarehouse.sketchup.com/model/257b157c-acf5-4564-a1a9-e8ec57cf28b9/Outdoor-Chair

Los círculos azules señalan las texturas, mostrando como son y si se emplean colores, así como la escala que estas presentan, incluso en el asiento de la silla se muestra un error de la textura, posiblemente ocasionado por el modelado 3D.

El recuadró rojo muestra el modelado que este asiento posee, en él se observa el uso de polígonos en triángulos (tris) y cuadrados (quads), esto ya indica una mezcla de polígonos en el modelo y que posiblemente posea errores de textura, como el que se observó anteriormente.

El recuadro verde indica como se organiza el modelado y los nombres que maneja, estos datos son útiles principalmente para evitar contratiempos y confusiones al aplicar la nomenclatura dentro del modelado.

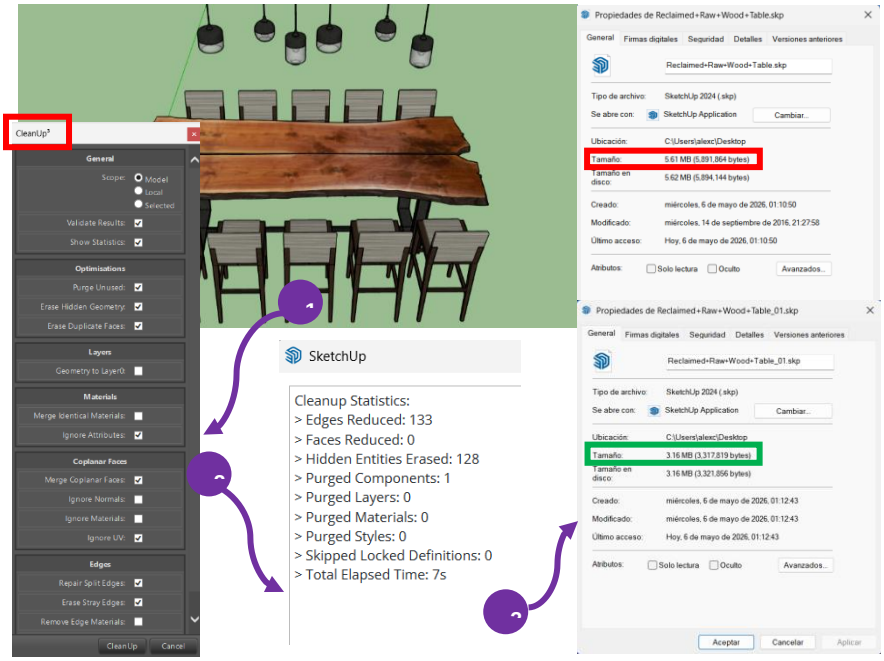
- Uso de extensiones para aligerar el modelo 3D.

En los softwares de modelado tridimensional existen extensiones / complementos o herramientas nativas que permiten la optimización del modelo 3D, facilitando de esta manera la reducción de polígonos en los modelos 3D y por ende reduciendo el peso final que este tendrá.

Si bien este paso no es obligatorio en cada modelo 3D, el uso de esto ayuda mucho cuando se trata de entornos más grades como lo es hacer un recorrido virtual, el único inconveniente que se puede presentar es con el uso excesivo de estos complementos, excederse con estos puede perjudicar la malla y las texturas, deformándolas o eliminándolas.

Figura 9

Ejemplo de uso del Plugin "CleanUp" en SketchUp.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 9 se puede observar como un modelo 3D tiene un peso de 5.61mb, si bien pareciera no ser mucho, cuando se trata de recorridos virtuales, los pesos son bastante importantes; ahora, como se observa, cuando se aplica el complemento o plugin “CleanUp”, este arroja un panel que muestra toda aquella información que pudo limpiar, información que el plugin detecta como innecesaria, geometría suelta o texturas que no se ven en la ventana gráfica del software de modelado. Al completar dicha limpieza, el modelo pasa a pesar 3.16mb, es decir, 2.45mb libres, este espacio disponible se puede emplear en más geometría importante, otros modelos externos o incluir texturas externas, cada optimización es importante para poder generar un recorrido virtual limpio.

Nota. En el caso del uso del plugin “CleanUp” es importante que una vez terminado de optimizar se guarde una copia nueva del modelo completamente optimizado, esto permite guardar correctamente todas modificaciones hechas por el complemento.

- Exportación al software de renderizado 360°.
  - Formatos de exportación de modelos 3D para motores de renderizado 360°.

La exportación a motores de renderizado dependerá según los formatos de archivos aceptados en estos. Existe una variedad de formatos según el objetivo de cada exportación, ya que cada uno posee ventajas y desventajas.

Los formatos, FBX, OBJ, STL, DAE, GLB, estos son los más comunes en los trabajos de modelado 3D y renderizado en tiempo real. La elección de uno de estos dependerá de los objetivos que se tengan con el proyecto y también del motor de renderizado al que se piensa llevar, ya que algunos motores aceptan formatos de exportación nativos, siendo así una mejor opción a los formatos universales.

Consideraciones de la Fase 2: Modelado arquitectónico 3D.

Nota. No olvidar que el tipo de proyecto y el objetivo a comunicar con el recorrido virtual determinará el nivel de detalle del modelo 3D, es con estas consideraciones que se deben añadir mejoras visuales de modelado en detalles que agreguen realismo, como pueden ser contactos eléctricos e interruptores.

Opción B de Fase 2. De ya existir un modelo 3D proporcionado, este debe ser evaluado desde el tipo de modelado que se empleó para su creación y continuar los pasos de la fase 2 hasta concluir.

Fase 3: Ambientación y Acabado Visual

- Importación del modelado 3D al motor de renderizado 360°.
  - Importación del modelo 3D terminado y texturizado al motor gráfico.

Este primer punto de la fase 3 se basa en la importación del modelo 3D final, esta importación se analiza y prevé desde el último paso de la fase 2, ya que se debe considerar el motor de renderizado que se empelara y con ello considerar un formato u otro para poder continuar con la fase 3.

- Preparación del entorno de trabajo.

Este segundo punto de la fase 3 busca preparar el espacio de trabajo para evitar contratiempos al texturizar, iluminar y ambientar el recorrido virtual. Es útil mencionar que este punto variara según el motor grafico que se piense utilizar, esta metodología no abordara softwares individuales, solo dar recomendaciones generales aplicables a distintos motores gráficos.

- Ajustar el modelo 3D importado.

Este paso busca ajustar el modelado tridimensional a las coordenadas de origen del motor gráfico, estas coordenadas variaran según como se haya modelado ya que según el formato, guarda las coordenadas de este y es posible que al importar el modelo termine colocándose en un sitio distinto al que uno puede planear, sin embargo a pesar de sonar como un paso sencillo e irrelevante es todo lo contrario, este paso evita conflictos futuros e incluso el saber trabajar con coordenadas termina ahorrando tiempos al ajustar los modelos 3D a “ojo”, al saber usar las coordenadas se pueden importar modelos 3D separados como edificios o caminos y colocarlos en los sitios exactos como se tienen considerados en el modelado 3D.

- Creación de capas para trabajo optimo.

En básicamente cualquier software se cuenta con “capas” o una pestaña de “esquema” que permite tener un orden del trabajo que se está realizando y en los motores gráficos no es la excepción. Softwares como Twinmotion, D5 render o Lumion incluyen en su interface algún apartado de organización, motores como Vray para SketchUp o Enscape no cuentan con uno como tal, ya usa el del propio SketchUp como esquema de organización.

Con este sistema de visualización es necesario organizar todo aquello que se empleara como luces, vegetación, escalas humanas, cámaras, etc. Esta creación de capas o apartados es necesario contemplarlo con anticipación y crearlos con tiempo o en caso de ser un motor grafico que no permite la creación de capas, entonces es considerar la creación de estos durante el proceso de creación de todo este entorno virtual.

Propuesta básica de capas:

- Modelo General (Modelado básicamente completo)
- Modelos Extras (Modelos extras faltantes o nuevos)
- Andadores / Caminos
- Señalética
- Escalas Humanas
- Vegetación
- Detalles de Escala (Escalas extras como animales u objetos adicionales)
- Detalles Extras (Cualquier otro detalle adicional que se necesite)
- iluminación Artificial
- Iluminación Global
- Cámaras / Vistas

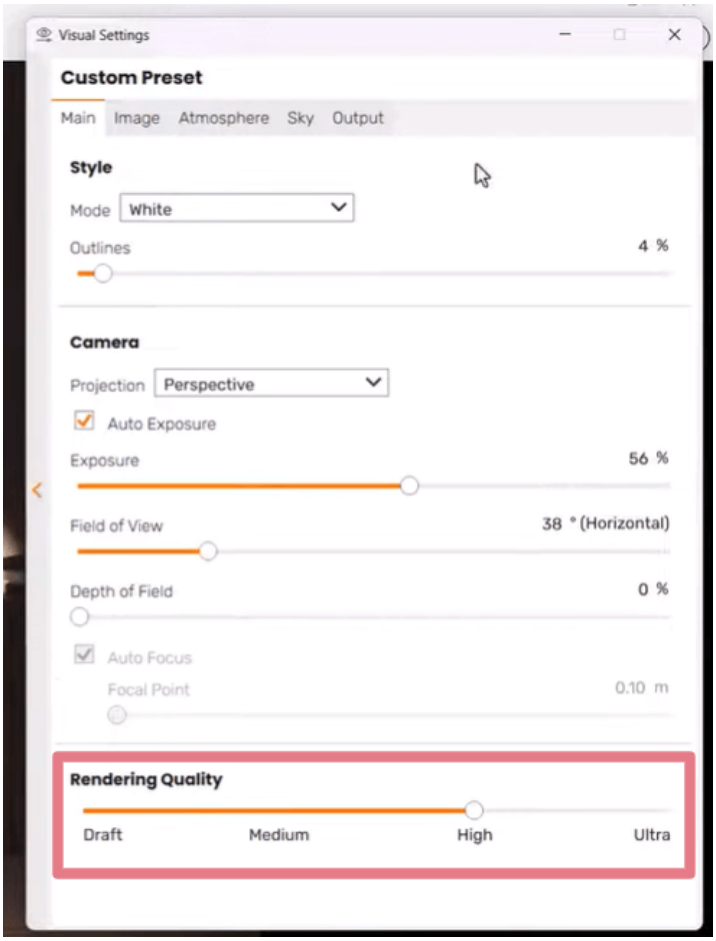
Esta es una propuesta básica de lo que se puede presentar en un entorno virtual, sin embargo, esta organización dependerá de la cantidad de capas posibles a crear en el motor gráfico, así como el nivel de control que se necesite de este entorno virtual. Por lo tanto, esta propuesta terminara siendo muy corta o muy larga según lo que se busque gestionar en el VR.

- Ajustar parámetros de calidad visual de la ventana grafica dentro del motor gráfico.

En los motores gráficos, más comúnmente en aquellos que son de visualización en tiempo real, como Twinmotion, D5 Render, Lumion, Enscape, etc. Se presentan ajustes de calidad visual en la ventana gráfica, es decir, la pantalla donde se apreciará todos los ajustes y efectos visuales que se apliquen al modelo 3D, esta ventana grafica se puede modificar en ajustes o preferencias, según sea el caso.

Figura 10

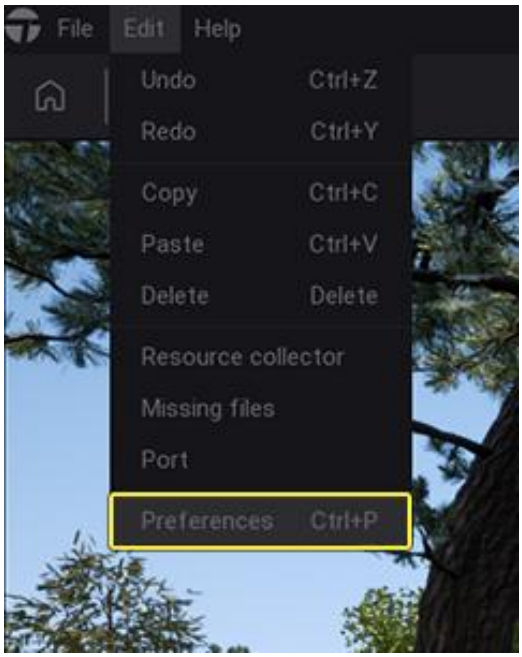
Configuraciones de la Ventana Grafica de Enscape



Nota. Dentro de este panel de Enscape también se pueden modificar otras opciones de visualización gráfica, como las luces, la iluminación global y estilos visuales. De “Ajustes de Enscape para Renderizado Realista | Guía”, 2026, https://www.myarchitectai.com/es/blog/enscape-rendering-settings

Figura 11

Panel Para Entrar a las Preferencias de Visualización de Twinmotion



Nota. Como se muestra en la imagen, al entrar a las preferencias, se accede a configuraciones como el sistema de unidades, navegación, *soporte gráfico, resolución, etc.* De “TwinMotion Preferences | TwinMotion Documentation | EPic Developer Community.”, por Epic Games Developer, 2026, https://dev.epicgames.com/documentation/twinmotion/twinmotion-preferences

- Corroboración del modelo 3D y las texturas originales.
  - Examinación del modelo 3D importado y de las texturas base.

Dentro de este punto de la fase 3, se debe analizar todo el entorno del modelado tridimensional, esta fase se basa en buscar errores de modelado y solapamientos de texturas y modelos 3D, este paso es crucial para observar los errores que no eran posibles observar en la fase de modelado tridimensional y corregirse con anticipación en el software de modelado y reimportar de nuevo para poder continuar sin preocupaciones futuras.

Figura 12

Errores Comunes al Importar por Primera vez un Modelo Tridimensional a un Motor Gráfico



Nota. Elaboración propia, elaborado en Enscape para SketchUp.

En la figura se observan recuadros en los cuales se observan errores entre texturas y solapamiento.

El ovalo azul marca el solapamiento entre texturas de mármol y mármol gris, esto principalmente ocasionado por solapamiento entre modelos tridimensionales que contenían sus propias texturas, obteniendo así este resultado insatisfactorio.

Los recuadros muestran errores entre la escala y orientación de la textura en el modelado 3D, si se observa detenidamente, el rectángulo amarillo muestra la textura de piedra desplazada y mal cortada, el recuadro rojo muestra como el modelo cambia de forma justo donde la textura aún mantiene su forma de bloque de piedra, esto genera que la textura se doble y genere inconsistencias entre las esquinas del modelo y del material.

Es esencial hacer estas observaciones antes de continuar con las siguientes fases de la metodología, esto ahorra tiempos en posteriores fases donde la colocación de materiales es punto importante para generar realismo a la hora de crear los recorridos virtuales.

- Texturización con materiales PBR.
  - Uso de materiales PBR proporcionados dentro del motor gráfico.

En los motores gráficos se encuentran materiales PBR previamente configurados y listos para aplicarse, esta opción ahorra mucho tiempo al texturizar, es bastante útil para geometría ortogonal, como muros o losas, sin embargo cuando se trata de geometría curva o con deformación estas texturas presentan errores y según el motor grafico este puede corregirlo o no y pueden presentar errores en la escala y deformaciones, es por ello necesario detectar estos inconvenientes y retexturizar estas partes conflictivas en el editor 3D y reimportar para volver a intentar el colocar materiales en el motor gráfico.

Este paso de colocación de materiales PBR se involucra de cerca con el texturizado previo, viene de la mano con el mapeado UV, sin embargo, este tema no será abordado en la metodología suponiendo que ya se tiene conocimientos en este tema del UV mapping o mapeado UV.

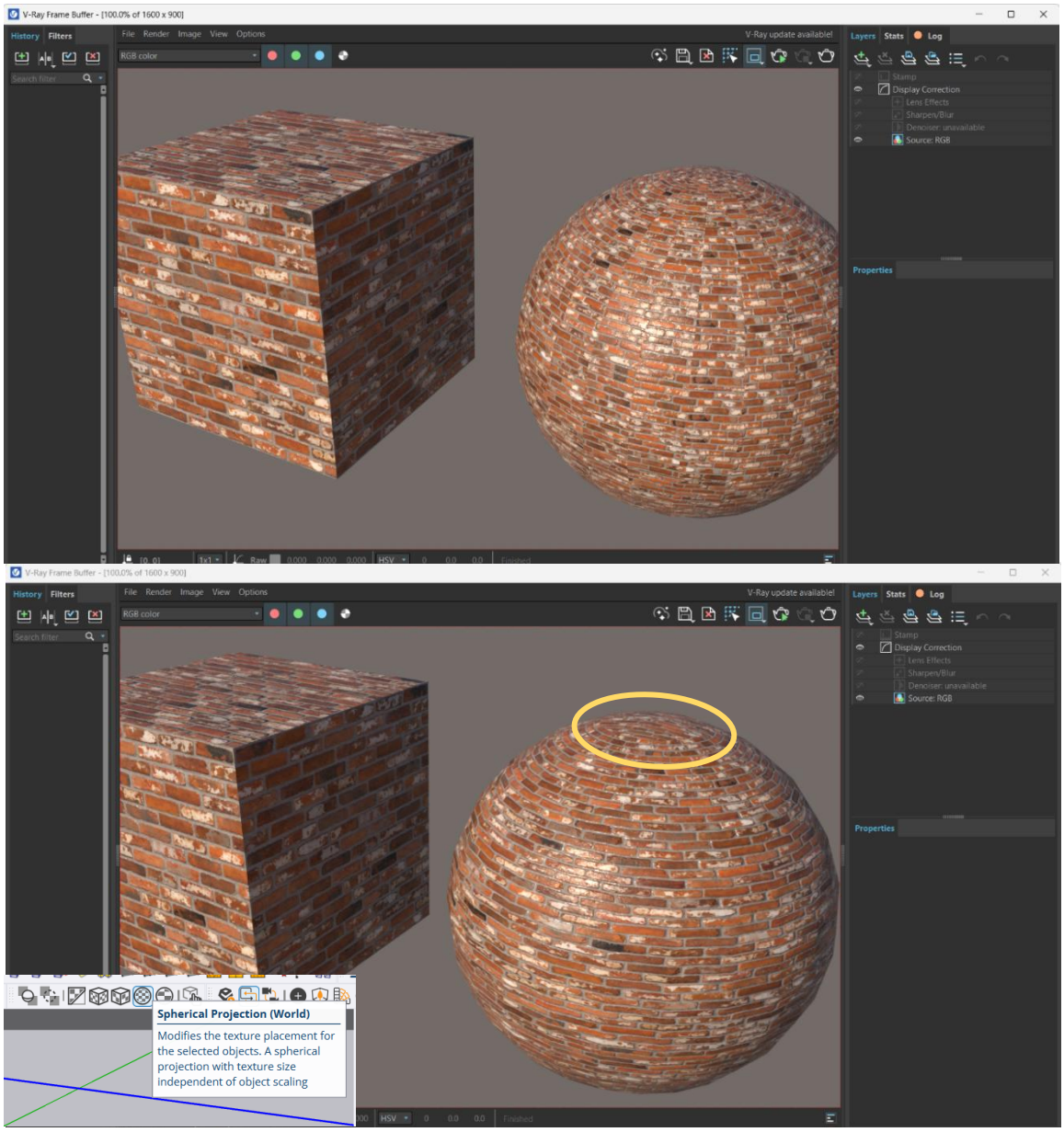
  - Aplicación de materiales PBR externos.

La aplicación de los materiales PBR de manera manual toma tiempo y análisis al colocarse con el fin de corroborar que este bien aplicado, la ventaja de esta aplicación es el control del material, no solo a nivel de sus mapas, sino también al nivel de resolución, esto permite tener mayor control en la calidad de detalle de los materiales PBR.

Algunos motores de renderizado permiten guardar materiales previamente configurados a elección del usuario, esto permite una mayor flexibilidad al colocar materiales PBR y claro, esto no limita su posterior edición.

Figura 13

Errores Comunes al Colocar Materiales PBR en un Motor Gráfico



Nota. Elaboración propia, elaborado en Vray para SketchUp. Además, la figura ilustra como algunas herramientas de estos softwares corrigen las texturas automáticamente.

Como se puede observar en la figura x, la parte superior presenta un cubo y una esfera, a pesar de que la textura tenga dimensiones de 2x2m en ambos volúmenes, este cambia según su geometría que por supuesto se relaciona con el mapeado UV.

Esto es necesario observarlo al texturizar el recorrido virtual ya que este tipo de errores genera incoherencias y falta de fidelidad de la realidad en los materiales, provocando que genere sensación de estar en un recorrido irreal e incoherente.

Por otro lado, la figura inferior plasma como algunos motores de renderizado como Vray para SketchUp cuentan con herramientas que permiten corregir el material PBR sin necesidad de hacer correcciones manuales de la malla de un objeto 3D, aun así, como se puede observar en el circulo amarillo, la parte superior de la esfera muestra cierto desacierto de la textura, esto se debe a la forma geométrica de la esfera que combina triangulo (tris) y cuadrados (quads), estos tris se encuentran en la parte superior de la esfera, por eso la herramienta no logra corregir la textura con presión, aun con ello si se desea, se pude corregir de manera manual, pero esta herramienta es de bastante ayuda agilizar tiempos al colocar materiales.

- Ambientación.

  - Modelos 3D externos para ambientación de escala humana, autos y vegetación similar al sitio proporcionados dentro del motor gráfico.

Durante la ambientación del recorrido virtual, se pueden aplicar modelos 3D externos, claro está que estos modelos ya debieron pasar por los pasos de la fase 2, cerciorándose de su modelado y texturizado. Una vez aceptados estos modelos 3D, se pueden aplicar al entorno virtual, estos modelos 3D y su manejo se relaciona con el uso correcto de coordenadas, ya que si está correctamente posicionado o son corregidas estas coordenadas entonces es más fácil de ubicar en el entorno, ahorrado de esta manera tiempo al ubicar y claro, tiempo al texturizar con materiales PBR.

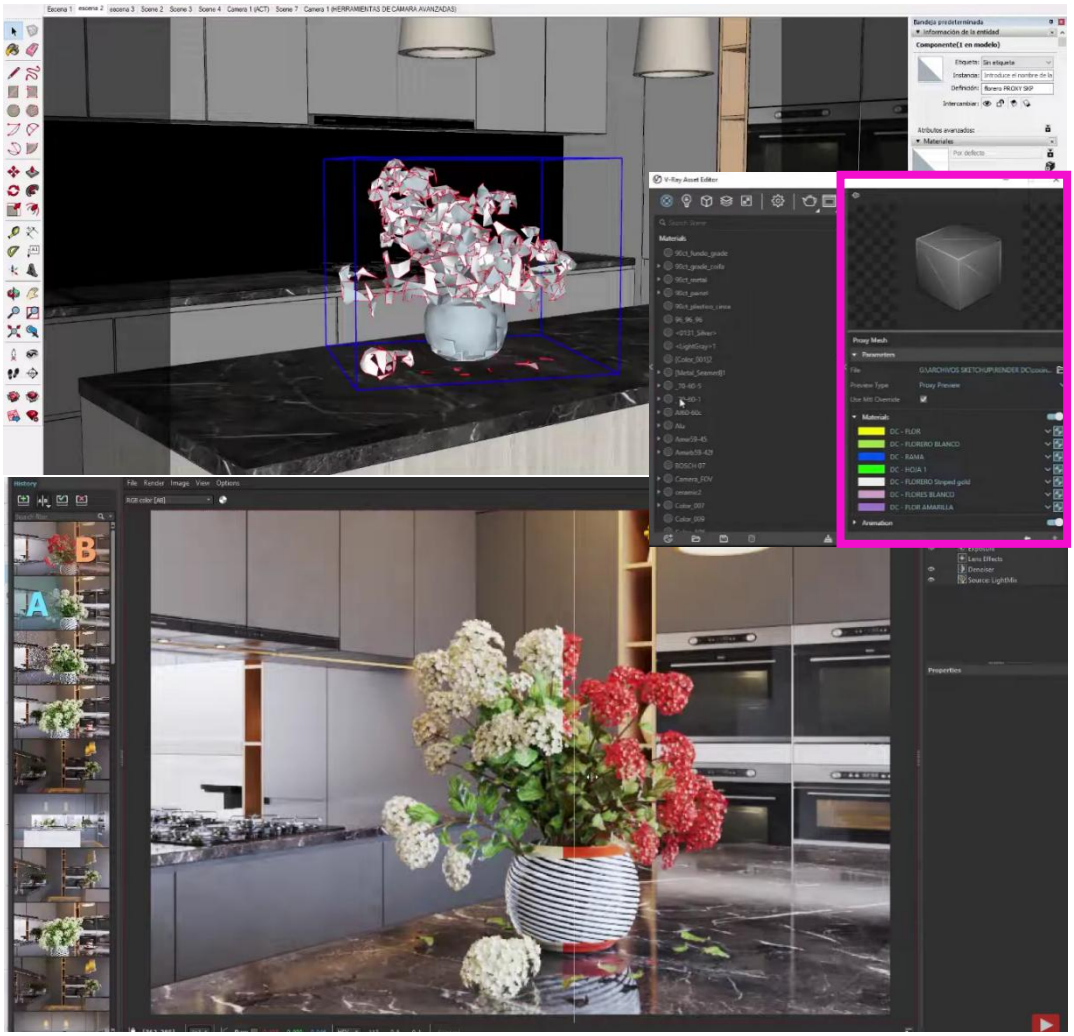
- Uso de Proxys.

- Externos

Según el motor gráfico, se pueden aplicar proxys o modelos 3D optimizados, estos modelos 3D agilizan y ahorran tiempos, no solo de carga al abrir los modelos 3D, también al renderizar y optimizan en gran medida los modelos y más al tratarse de entornos complejos como lo es un recorrido virtual.

Figura 14

Uso de Proxys Como Alternativa Low Poly sin Perjudicar la Calidad Final del Render



Nota. Adaptada de “CREA Y CONFIGURA UN PROXY PASO A PASO EN SHETCHUP - VRAY [Vídeo]”, por Render DC, 2021, YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=jxoHblaAOig

En la figura en la parte superior se observa que el proxy que es de bajo polígono, ayudando en el peso del archivo, de igual manera, el motor grafico permite personalizar características de este (recuadro magenta) y como se puede apreciar, el resultado final es satisfactorio.

- Internos (dentro del software de renderizado).

Estos proxys son básicamente los modelos 3D que ofrece el motor de renderizado, estos motores ofrecen bibliotecas de modelos 3D optimizados, que están previamente configurados y con materiales aplicados, algunos motores permiten cierta edición en ellos como son los colores, la parte fundamental de los proxys es la optimización que ofrecen, ya que al ser low poly ayudan con los tiempos de carga y crear ambientes aún más complejos como escenarios con alto nivel de vegetación o de mobiliario, esto sin la necesidad de perder calidad en los detalles de modelado y materiales PBR.

- Iluminación.
  - Ajustes de iluminación globales y de iluminación artificial dentro del motor gráfico.

La siguiente fase al estar en un entorno virtual es la colocación de iluminación, es necesario comprender que la iluminación en un motor grafico no es algo claro, es decir, no existe una única manera de iluminar un espacio en un entorno virtual. Primero que nada, es relevante conocer las técnicas posibles que se pueden aplicar, sin embargo, estas técnicas variaran según el motor grafico seleccionado y las opciones de edición en iluminación que ofrezcan.

A pesar de esto, una de las técnicas de iluminación más usadas en el renderizado es el uso de 3 fuentes de luz, es una técnica usada en fotografía, claro, esta iluminación es totalmente

artificial en el sentido de tratarse de “focos” o fuentes de luz colocadas de cero por el usuario, por lo que iluminar una escena es difícil sin perder credibilidad en el resultado final.

Fuentes de luz en la técnica de 3 fuentes de luz:

- La primera fuente de luz es la principal, es la fuente general que dominara en gran medida la escena, su tamaño e intensidad importan.
- La segunda fuente de luz es la luz de relleno, normalmente esta fuente es más amplia y con menor intensidad.
- La última luz es la luz de contraste, esta luz se utiliza para destacar el objeto del fondo, generando un contorno luminoso.

Es importante observar el comportamiento de estas iluminaciones con el objeto 3D ya que se busca el no perder el volumen del objeto para evitar crear renders planos, es decir, sin profundidad, con esto se consiguen renders con un juego de iluminación dinámico y más certero en el objeto. No se debe olvidar que esta técnica solo ilumina un escenario, el resto de la iluminación está presente en el entorno como lo es la iluminación global y la configuración de esta varía según el estilo de iluminación que se busca lograr.

Figura 15

Técnica de las 3 Fuentes de Luz en un Objetivo



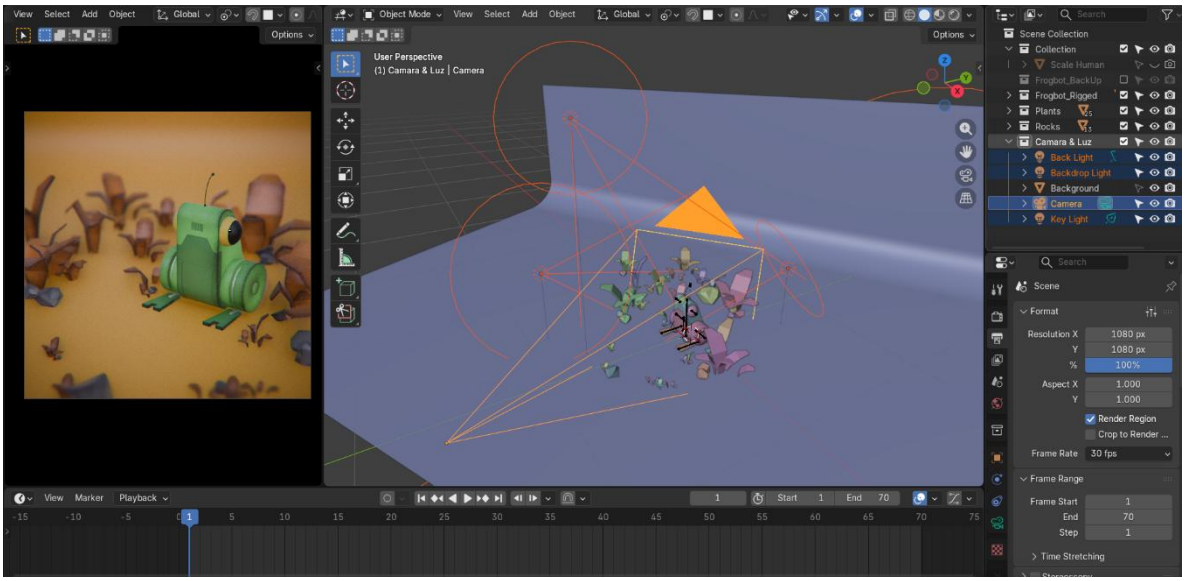
Nota. De https://cinegramatica.com/wp-content/uploads/2024/01/Iluminacion-a-3-Puntos-Infog-CG-scaled.webp

Está de más decir que esta técnica es usada principalmente para iluminar objetos únicos, como escenarios pequeños y para productos. La iluminación de un entorno completo como lo es un VR requerirá más formas de iluminación que esta única técnica de 3 puntos.

Es por ello que se utilizan otras formas de iluminación como la iluminación global para simular el efecto de los rayos de sol y luces artificiales no solo aplicados a objetos únicos, sino como fuentes de iluminación de focos, luces led, lámparas, etc.

Figura 16

Aplicación de las 3 Fuentes de luz en un Ejemplo



Nota. Elaboración propia.

En la imagen se puede observar la distribución de las luces, las luces están seleccionados en color naranja y la cámara de la escena esta seleccionado en color amarillo. Como se puede observar, la cantidad de fuentes son 3, pero no necesariamente se respetan los ángulos, esto es por jugar con las posibilidades de iluminación para el resultado final.

- Aplicación de HDRIs.

En los motores gráficos el siguiente paso para iluminar un entorno es por medio de iluminación de archivos exteriores como son los HDRIs, actualmente la mayoría de los motores cuentan con HDRIs integrados, dando opciones extras de iluminación global, incluso de no ser así, existen páginas web que proporcionan estos archivos de manera gratuita o de paga.

La aplicación de estos archivos de iluminación permite generar entornos con iluminación más realista, esto está condicionado según la imagen que fue capturada para imitar dicha

iluminación, es decir, si el HDRI es una imagen de un estudio de fotografía que considera 3 o más fuentes de luz, esto se verá reflejado, si se trata de un entorno rural, un lago o recamara, este se verá reflejado, cual sea el entorno capturado, este mostrara la iluminación que se encontraba al tomar la fotografía para generar el HDRI.

En síntesis, el hacer uso de HDRIs es bastante útil y ahorra tiempos de configuración de iluminación global, dando resultados bastante aceptables.

Figura 17

La Figura Muestra los Datos Necesarios al Considerar un HDRI



Nota. Adaptada de “Glasshouse Interior HDRI”, por Barresi, (s.f.), Poly Haven, https://polyhaven.com/pt-BR/a/glasshouse_interior

Los primeros datos que se deben considerar al seleccionar un HDRI son primeramente los datos del rectángulo amarillo, en este se observa la calidad de resolución, el peso, este es importante para evitar aumentar de más un archivo y por último el tipo de HDRI, existen 2 formatos, el convencional y más usado, HDRI y el EXR, este último es de mejor calidad sin

embargo no todos los motores gráficos lo soportan además de que normalmente este tipo de archivo pesan más, son más complejos y no necesariamente se aprecia más la calidad de iluminación, por lo tanto este último formato queda más a consideración del usuario.

Por otro lado, el recuadro azul, muestran datos extras que no necesariamente todas las páginas web muestren, pero son datos esenciales para no exceder el límite de lo que un HDRI puede ofrecer. Estos datos van desde lo legal como el tipo de licencia, a pesar de esto, no se profundizará en este tema, los otros datos son el nivel de rango dinámico con el que se capturo y el balance de blancos, datos necesarios para no exceder el nivel de iluminación y evitar generar inconsistencias que puedan mostrar iluminación falsa y que pueda llegar a “quemar” los renders.

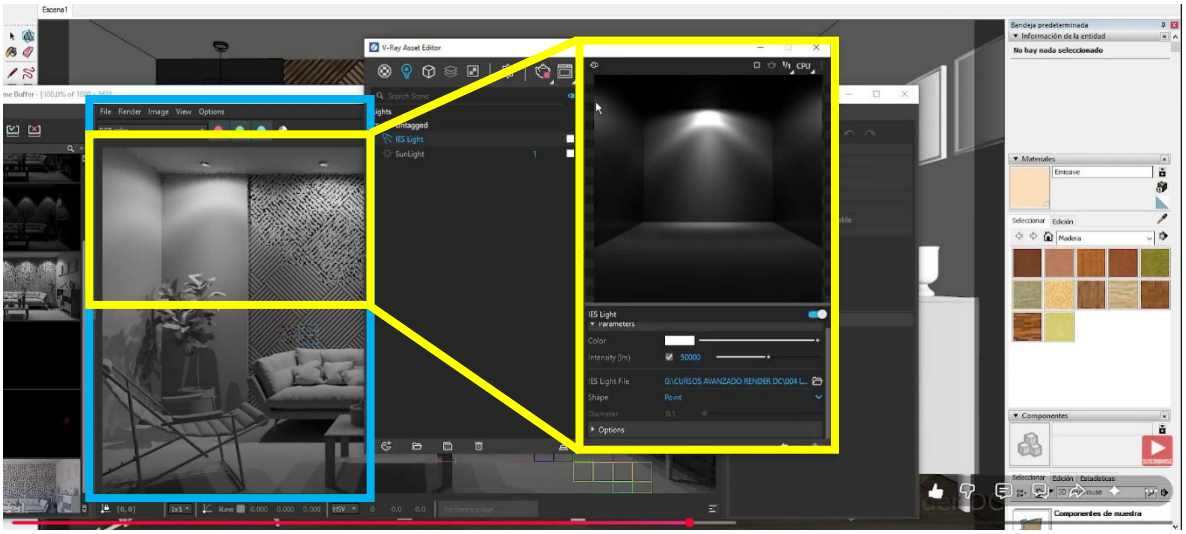
- IES

En la fase 3 de ambientación y acabado visual, el uso de archivos IES son útiles para observar el comportamiento de la iluminación y con ello tomar decisiones de cómo queremos que estos influyan en el proyecto. Los archivos IES contiene datos propios de la luminaria escaneada, esto provoca que los archivos no se puedan modificar de manera interna y solo sean sometidos a pequeños ajustes, a pesar de esto, estas modificaciones dependerán del motor gráfico, motores como Vray contienen parámetros más amplios y ajustables, otros motores como Enscape no permiten estas modificaciones más allá de la cantidad de candelas (cd) aumentables.

Cual sea el caso, de ser posible la implementación de archivos IES, este se debe hacer con conciencia del peso que estos archivos añaden al trabajo final, es por esta razón que se deben trabajar con seriedad, analizando el comportamiento de la iluminación en el entorno para poder justificar si estos archivos IES son necesarios para el resultado final.

Figura 18

Comportamiento de un Archivo IES en el Motor de Vray.



Nota. De “LUCES IES como utilizar (Sketchup - Vray) [Vídeo]”, por Render DC, 2023, YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=KDNR1EZJsmI

Como se puede apreciar en la imagen, el archivo IES ha sido importado en V-Ray, en el rectángulo de mayor tamaño se muestra una imagen de cómo debería mostrarse la iluminación, además de mostrar parámetros ajustables de este archivo IES, además, se ve reflejado en el render, en rectángulo amarillo más pequeño además, el rectángulo azul muestra como esta iluminación afecta el entorno, la iluminación se comporta como se muestra en el panel derecho, dejando evidencia de que el archivo IES funciona como debería.

- Mejoras visuales.

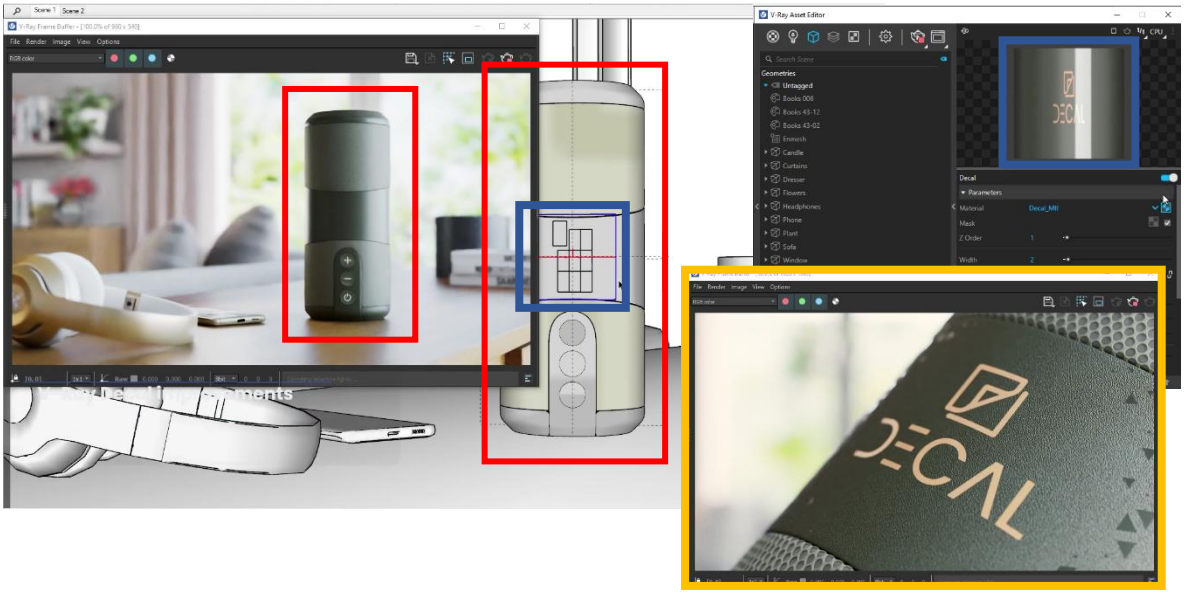
  - Colocación de estampas “decals”.

En los motores gráficos se pueden añadir calcomanías o “decals”, estos son una buena opción para añadir mejoras visuales sin necesidad de cargar geometría extra al modelo, los

decals pueden presentarse como grafitis, detalles de acero, fisuras, desgaste de materiales, suciedades, incluso agregar detalles como contactos eléctricos, controladores de dispositivos o interruptores.

Figura 19

Ejemplificación del uso de Calcomanías en un Modelo 3D.



Nota. Adaptada de “V-Ray for SketchUp — Adding realistic stickers and labels to curved objects [Video]”, por V-Ray ArchViz, 2023, YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=cN3CRI7QHQg.

En la imagen anterior se observa en los recuadros rojos el reflejo entre modelado 3D con la calcomanía colocada para su posterior configuración y el resultado de renderizar en V-Ray, de este modo, en los recuadros azules se puede observar las posibles configuraciones que ofrece V-Ray para la calcomanía y, por último, el recuadro amarillo, este último mostrando otro ángulo de cámara y viendo uno de los posibles resultados finales de la calcomanía agregada al modelo 3D.

- Alteración de los materiales:

A la hora de hablar de mejoras visuales existen mejoras que se pueden hacer a posteriori, un ejemplo es hacer un muro de stucco blanco que sea percibido como perfecto y limpio, una posible solución para dar detalle y que sea percibido como algo realista puede ser por medio de decals o como se mencionó anteriormente, al tratarse de un material PBR, sus mapas pueden alterarse para poder ser mejorados visualmente.

Los mapas alterables son los mismo del que se compone el material, es decir, los mapas de:

- Base Color / Albedo / Difffuse
- Oclusión ambiental / Ambient Occlusion
- Aspereza / Roughness
- Reflexión / Reflection
- Metálico / Metallic
- Normales / Normal
- Desplazamiento o Altura / Displacement or Height

Existen más mapas de los materiales PBR como el Bump, Opacity, Emissive, Specular y Glossines, siendo estos 2 últimos ya menos usados hoy en día, pero aún están vigentes.

Sea cual sea la elección, ya sea decals o mapas PBR, cada uno tiene sus ventajas

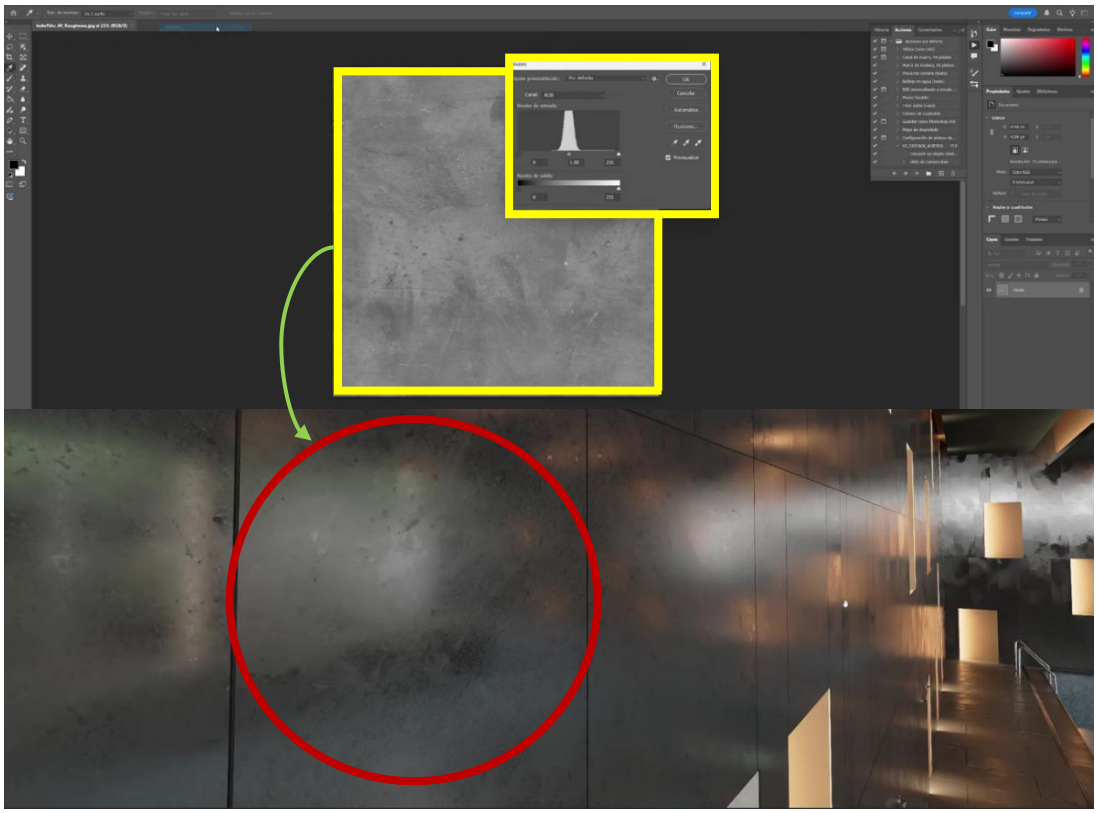
En el caso de los mapas se tiene un control total de las modificaciones y al ser tan amplio el nivel de edición entre capas permiten modificaciones variables donde el material puede mantener todas sus características a excepción de una, agregando detalles visuales sutiles que terminan generando una mayor sensación de estar en un entorno realista, ya que de este modo el material presenta características aleatorias.

Otra perspectiva de las modificaciones de los materiales se puede observar en los propios motores gráficos, como lo es Lumion, Lumion presenta características de modificación de materiales más allá de los mapas PBR, estas herramientas permiten añadir detalles a los materiales como:

- Paso del tiempo.
- Suciedad.
- Generación de vegetación (maleza) alrededor del material.

Figura 20

Ejemplificación de la Modificación de Materiales PBR.



Nota. Adaptado de “Materiales PBR REALISTAS en D5 Render: DETALLES PROFESIONALES [Video]”, por Arqui Novatos, 2025, YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=OUjADLpGnIc

En la figura 20, en la parte superior se observan recuadros amarillos, estos muestran la modificación de uno de los mapas PBR del material de acero, más precisamente del mapa de Roughness, este está siendo modificado por el panel de “niveles” en el software de Photoshop y al ser nuevamente aplicado en el motor grafico de D5 Render, este se ve afectado a conveniencia del profesional (círculo rojo).

Nota: Si al corroborar el modelo 3D y las texturas originales presentan fallas o distorsiones será necesario realizar las correcciones pertinentes en el software de modelado y reimportar el modelo para volver a ser diagnosticado.

Además, si al entrar a la fase de ambientación, se diagnostica necesario la aplicación de modelos 3D externos para ambientar, es necesario observar el nivel de detalle que estos poseen, así como el objetivo a comunicar en el recorrido virtual para generar un juicio del nivel de detalle necesario para no sobrecargar las escenas.

Opción B. Según las características de la laptop/computadora y el motor de renderizado que se esté usando, cambiara el orden de algunos puntos de la fase 3.

- Importación del modelado 3D al motor de renderizado 360°.
- Preparación del entorno de trabajo.
- Corroboración del modelo 3D y las texturas originales.
- Iluminación.
- Colocación de iluminación artificial y/o HDRIs.
- Pruebas de renderizado de iluminación en baja calidad.
- Texturización con materiales PBR.
- Ambientación.

- Pruebas de renderizado en baja calidad (Vista en Fase 5)
- Mejoras visuales.

Estos cambios ocurren debido a la demanda de recursos del software al equipo, además del cómo es trabajado cada fase para lógralo, es decir, si bien se propone una metodología para realizar recorridos 360, esta metodología no aborda como trabajar con exactitud en los softwares aplicables, lo que genera diferencias en los flujos de trabajo independientes del usuario. Por esta razón en algunas máquinas de menores especificaciones técnicas es mejor trabajar con flujos donde primero son abordados temas complejos como iluminar, realizar pruebas y después continuar con algunas variaciones de texturización y ambientación, esto con el objetivo de no ralentizar las pruebas y renders finales mezclando la iluminación con materiales y objetos 3D aun no seleccionados y corregidos para su uso final.

Fase 4: Diseño Final del Recorrido Virtual

- Seguimiento de la base o bosquejo inicial del recorrido. (Fase 0)
  - Creación del recorrido inicial.

En la fase 0, se debió tener una base inicial de como seria el recorrido virtual, según las peticiones del cliente, ya sea un sketch básico o de manera mental, debe existir un recorrido base que volverá el primer recorrido a realizar, es recomendable que de ser necesario se realicen los renders de esta prueba a resolución baja e incluso quitando efectos visuales u objetos 3D del entorno, esto principalmente para evitar tiempos de carga mayores al renderizar, ya que este recorrido será meramente representativo y donde habrá arduas modificaciones para llegar al resultado deseado por el cliente.

- Refinamiento visual del recorrido.
  - Mejores ángulos de cámara.

Ante el seguimiento del primer recorrido base que se obtuvo en la fase 0, es necesario empezar a generar un juicio de composición de cámara y el nivel de altura de la cámara, es decir, no es lo mismo hacer un recorrido que será visto por adultos, que, por niños, entonces, desde la fase 0 es necesario entender la altura a la que se colocara la cámara para poder lograr una inmersión total con el público objetivo.

  - Encuadres más representativos.

Este punto de la fase 4 es meramente entender el encuadre de cámara, tener principios básicos del uso de cámara y sobre que es más útil representar por render, por ejemplo, no es útil mostrar un edificio con un árbol enfrente si lo importante esta del otro lado de dicho árbol, puede justificarse la generación de este render si fue solicitado por el cliente, de lo contrario, este render solo generaría más gastos al equipo que generar un verdadero impacto en el recorrido virtual (VR).

Es útil recordar que un correcto encuadre de cámara guía la mirada del espectador, equilibra los elementos visuales y busca mostrar una narración visual.

Figura 21

Figura Representativa de un Render con Encuadre de Cámara



Nota. De “Técnicas fotográficas para renderizado fotorrealista: encuadre, balance de color y exposición”, (s.f.), https://www.d5render.com/es/posts/how-to-photorealistic-rendering.
El render fue creado por el artista “**Ngô Đi√n V**”.

- Eliminación de vistas innecesarios.

Este punto se relaciona con el anterior, pero se aborda desde una perspectiva algo distinta, es más que nada el observar y generar un juicio de que renders 360° son realmente útiles, por ejemplo, se presenta una situación de capturar un pasillo, pero este pasillo no contiene nada importante que presentar, es aquí que se puede ahorra un render al elegir no tomarlo y simplemente saltar hasta el punto siguiente, esto claro se sujeta a las preferencias del cliente, pero es una manera de entender porque si puede ser necesario mantener o eliminar una vista, otra perspectiva de este punto es verlo por la fluidez y recorrido del VR, si se observa esta vista como necesaria para mantener una mejor experiencia de usuario (UX).

- Definición final de los puntos de vista.

  - Cantidad de puntos o renders panorámicos necesarios.

Para este punto, se debió analizar todo el recorrido virtual final y haber generado una visión real de la cantidad de puntos necesarios entre lo que busca el cliente y lo necesario para mantener una calidad en la experiencia de usuario (UX), de preferencia, para este punto crear una imagen de referencia de los renders finales, para evitar confusiones futuras de las vistas totales y como ordenarlos para la fase 7.

  - Cobertura del espacio.

Este punto es meramente un cuestionamiento que se debe generar en el artista 3D, es decir, observar y comprender si el recorrido final que estableció cumple con los objetivos planteados desde la fase 0 por el cliente, así como observar si el recorrido desde la perspectiva de los 360° si logra cubrir de manera espacial el entorno para poder dar al usuario contexto de donde se en cuenta ubicado al poder estar en el VR.

  - Claridad visual.

Esta perspectiva se relaciona con la claridad visual del entorno y la claridad visual mínima necesaria para entender el espacio del recorrido virtual, es decir, se puede presentar una situación donde el cliente solicite un número limitado de renders o pida cierto enfoque en espacios específicos, sin embargo esto genera confusión al no entender en qué lugar estas presente, en algunas situaciones es mejor simplemente mejorar la calidad del render con un aumento de los pixeles o con retoques en postproducción, este punto es principalmente un trabajo previo de análisis para el flujo de navegación del usuario.

- Optimización del flujo de navegación.

  - Flujo o movimiento del usuario entre los puntos de vista.

En este último punto se busca la comodidad del usuario al estar dentro del entorno de VR, es decir, que los renders 360° tengan sentido al moverse uno de otros, que permitan entender el contexto cuando pasas de un render a otro, por ejemplo, estas en una sala, el siguiente render puede ser pasar a la cocina de manera directa, pero si no existe un detalle que ofrezca contexto de donde quedo la sala, este se presta a confusión, relacionándose este punto con la claridad visual y la cobertura del espacio abordados anteriormente.

  - Orden lógico del recorrido.

Con respecto al ejemplo anterior, este se mantiene con el orden lógico, los puntos de vista tienen que tener un orden donde los renders presenten caminos y posibles o que en ellos se logue renderizar espacios donde por lógica pueda ser posible pasar, esto para prever la colocación futura de hotspots.

  - Considerar si el recorrido es libre, guiado o mixto.

Este punto es esencialmente consideración del cliente, sin embargo, lo más ideal de un recorrido virtual es que sea libre, para que el usuario pueda disfrutar del entorno sin inconvenientes, en todo caso, es mejor ser aclarado por el cliente.

Fase 5: Renderizado y Producción 360°

- Configuración del render.
  - Resolución de salida.

Este inicio de la fase 5, se basa en la calidad de pixeles final del render, esto posteriormente de haber echo pruebas de renderizado en la fase 3, con ello se concluye cual es la calidad más óptima para renderizar, claro, esto solo si el cliente no haya fijado una resolución de entrega.

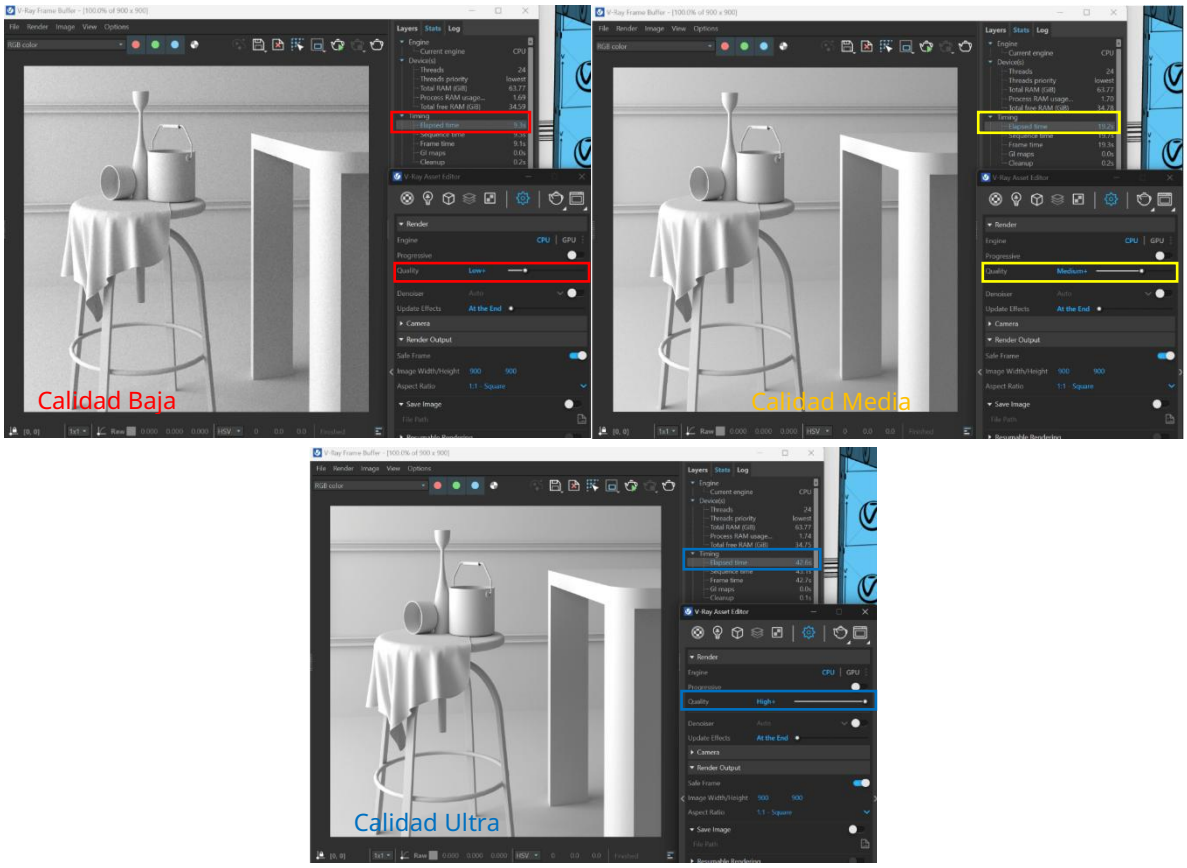
- Parámetros de calidad visual:

Según el motor grafico seleccionado, a la hora de renderizar se presentan variables, como el rebote de iluminación, el uso de Antialiasing o denoiser.

La calidad seleccionada de cada uno de estos parámetros no solo dependen de la calidad final que se quiere lograr en los renders, también viene de la calidad real que estas configuraciones pueden otorgar, es decir, no necesariamente usar un antialiasing al 100% quiere decir que se obtendrá un render pulcro, es por esta razón que se debe investigar correctamente las características que ofrece el motor de renderizado que se esté empleando, este paso es muy recomendado realizarlo ya que una correcta colocación de parámetros puede ofrecer renders de calidades similares con altas velocidades de renderizado.

Figura 22

Uso de Parámetros y su Beneficio en Velocidad de Render

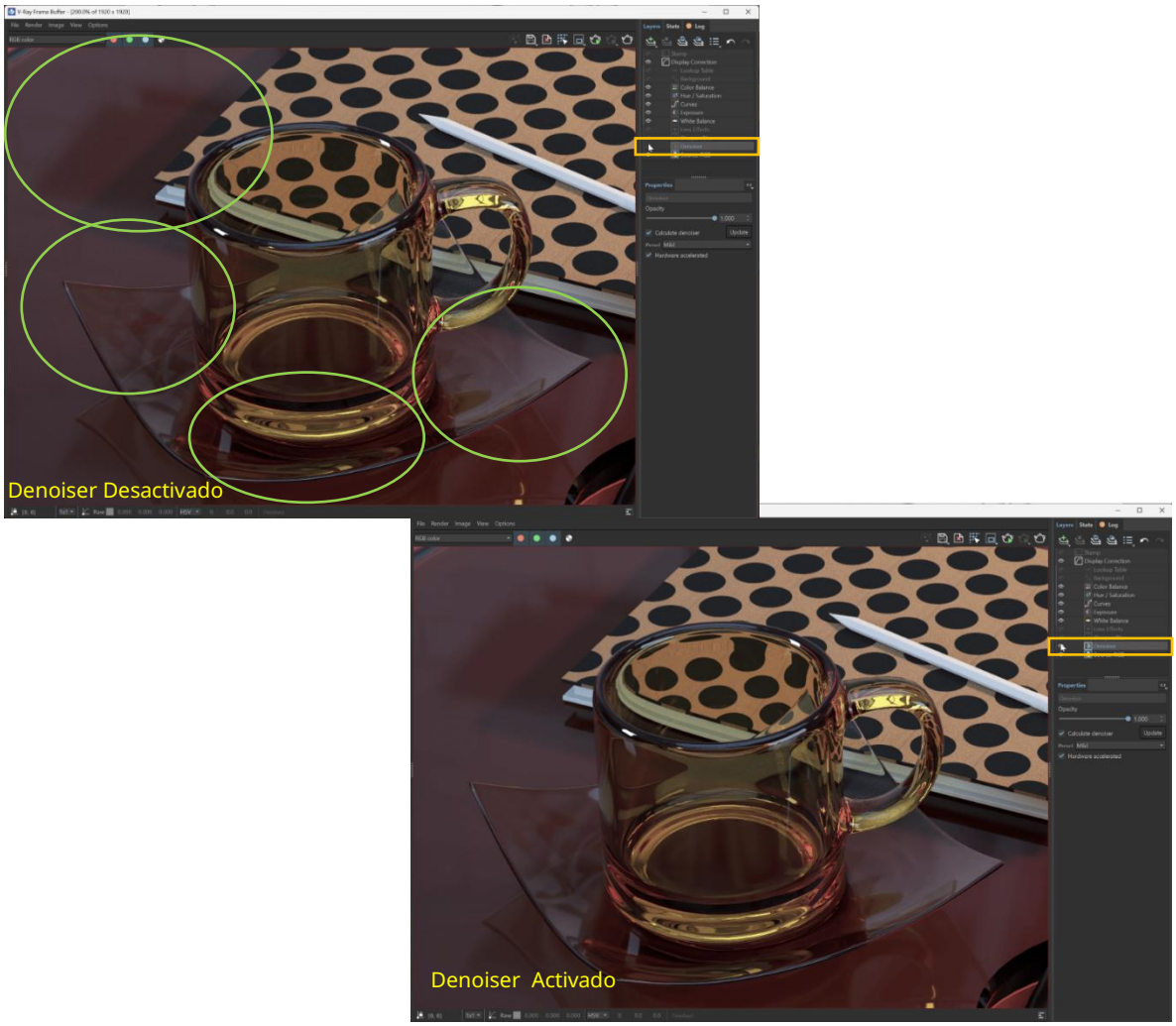


Nota. Adaptado de “V-Ray Render Settings Explained - Quality vs. Render Time”. Por Chaos Help Center, 2025, Chaos, https://support.chaos.com/hc/en-us/articles/4409180217361-V-Ray-Render-Settings-Explained-Quality-vs-Render-Time

En la figura anterior se aprecia como cada cambio en un solo parámetro puede lograr camios notorios en la velocidad de procesamiento de un render, siendo este en muy importante en los motores gráficos, es necesario recordar que estas configuraciones varían y deben ser estudiadas por el profesional en el motor que se piense emplear.

Figura 23

Ejemplificación del Uso de Denoiser en la Calidad de Render Final



Nota. Adaptado de “V-Ray Render Settings Explained - Quality vs. Render Time”. Por Chaos Help Center, 2025, Chaos, https://support.chaos.com/hc/en-us/articles/4409180217361-V-Ray-Render-Settings-Explained-Quality-vs-Render-Time

En la figura anterior se observa el uso del Denoiser (eliminador de ruido), si bien en un inicio parece imperceptible, ante una examinación profunda se observa ruido generado por los reflejos y refracciones que generan las luces del entorno (círculos verdes), es por ello que el uso

de esta herramienta afina la calidad del render final, estas herramientas varían según el motor gráfico.

- Ajustes de iluminaciones.

Este punto en la generación de renders, aplica para renders estáticos, así como 360°, ya que algunos motores de renderizado proporcionan herramientas que permiten generar renders de tipo prueba, pero estas pruebas van más allá de la colocación correcta de iluminación, sino también de la mejora de esta misma, ya que permiten generar renders de material base como la arcilla, cartón, plástico o el que uno desee aplicar, esto solo para facilitar la detección de mejoras en la iluminación para el render final.

- Ajustes de perfiles FX:

Este apartado dependerá del tipo de motor gráfico, ya que la colocación de efectos visuales varían, motores gráficos como V-Ray en la ventana de “frame buffer” se nos permite colocar una cantidad inimaginable de mejoras visuales que añaden valor visual incluso sin pasarlo a otros softwares de postproducción como Photoshop, ahora bien, otros motores gráficos como Lumion solo nos permiten agregar algunos efectos que el motor integra e incluso estos varían según el tipo e render que se piensa realizar, en los renders 360° se presentan algunos como los reflejos, sombras y el añadido de capas.

- Pruebas de renderizado.

- Generación de renders panorámicos de baja calidad para la corroboración de las pruebas de texturización e iluminación.

Este punto se relaciona con la opción B de la fase 3, este se trata de darse el tiempo de generar renders 360° en baja calidad, sin contar los efectos visuales finales, es decir, es solo

iluminación y texturización, de esta manera se pasa de hacer renders 8K a 4K o 2K, con el objetico de solamente observar el comportamiento de la iluminación y texturización, y una vez convencidos del resultado se pasa al siguiente punto.

- Generación de renders panorámicos de baja calidad para confirmar la calidad final de los renders panorámicos.

En este punto de la fase 5, nos acercamos a la generación de renders, en este punto se necesitan realizar renders con todos los efectos visuales aplicados, en él se observarán todos los efectos aplicados y se podrá generar juicios de la calidad que se está entregando, de no ser los correctos, aun se puede retroceder en el proceso y mejorar ya sean los materiales o la iluminación.

- Exportación de archivos

- Formato de salida.

Este punto aborda los formatos de salida de renders, este varía según el motor gráfico, sin embargo, el más utilizado en cualquier medio ya sea web, red social o de integración a otro medio suele ser o .png o .jpg, formatos bastantes utilizados en cualquier medio, además de estos formatos, según el nivel de postproducción que se quiera generar en cada render final, se puede generar mapas extras por render, existen mapas de profundidad, fondo, reflejos, refracciones, etc, esta cantidad de capas varía según el motor gráfico.

- Organización del contenido

Para este punto de la fase 5 se retoman los criterios previamente establecidos en la fase 2, esto para poder mantener consistencia y eficiencia durante la integración del proyecto a la plataforma de visualización 360°.

- Nomenclatura de archivos.

La nomenclatura utilizada en esta fase se retoma los criterios establecidos previamente en la fase 2 con el propósito de mantener un sistema uniforme de identificación para los modelos 3D, materiales PBR, archivos de iluminación y demás elementos que se llegaron a utilizar para el entorno virtual para este punto de la metodología.

Es básicamente recordar la correcta organización de estos archivos, sin olvidar que una correcta organización permite:

- Identificar rápidamente cada recurso
- Evita duplicidad de archivos
- Facilita el trabajo colaborativo
- Mantiene la compatibilidad entre softwares durante procesos de importación, actualización o remplazo de elementos.

Propuesta abordada en la fase 2:

[Proyecto **] + [** Fase **] + [** Tipo **] + [** Área **] + [** Versión **] + [** Fecha **]**

Por ejemplo: CasaResidencial_F1_M3D_Recamara_V00_2026-04-01

Tabla 34

Tabla de Datos para Nomenclatura de Archivo

ID del Proyecto	Fase	Tipo de Archivo / Contenido	Área o elemento	Versión	Fecha
Casa Residencial	F0 (Planeación)	CAD / Planos	General	V00 (Inicial)	Uso de fechas por: Año-Mes-Dia
	F1 (Recolección)	Modelado 3D / M3D			

ID del Proyecto	Fase	Tipo de Archivo / Contenido	Área o elemento	Versión	Fecha
VR Departamento Centro	F2 (Modelado)	Texturizado / TEX	Edificio	V01 (Versión 1)	2026-04-01
	F3 (Ambientación)	Renderizado 360 / R360	Andadores	V02 (Versión 2)	Uso de fechas por: Dia-Mes-Año
Iglesia 360	F4 (Diseño de recorrido)	Render de Prueba / PRE	Sala	V03 (Versión 3)	01-04-2026
	F5 (Render 360)	postproducción / POST	Recamara		
	F6 (Postproducción)	Integración a plataforma de visualización 360 / INT	Cocina	V04…	
	F7 (Integración)	Evaluación / UX	Fachada		
	F8 (Evaluación)		Jardines		

Nota. Elaboración propia.

- Orden lógico para la integración a plataforma visual 360.

Para este punto, no solo es necesario tener los renders panorámicos, también es necesario comprender el orden en el que se ensamblaran estos, esto con el objetivo de mantener un control y compatibilidad al ser importados en la plataforma visual.

El orden de creación de los renders 360° se puede realizar según el criterio del artista 3D, es decir, se puede hacer por:

- Fachadas principales.
- Entradas para recorrer el VR 360° (puertas, portones, vanos, etc.).
- Jerarquía de importancia de las vistas 360°.
- Arquitectura principal
- Renders que contendrán puntos o secciones interactivas.

Esto se relaciona con el punto anterior de la metodología, ya que estos renders deben mantenerse organizados según un criterio y mantener con ellos los archivos adicionales que formaran parte del VR 360°, esto claro, solo de ser necesario.

- Verificación de resultados
  - Revisión de costuras en los renders 360.

Dentro de la creación de renders 360° es necesario que, al producir estos renders, sean revisados individualmente, esto es para poder encontrar fallas como son las costuras.

Las costuras (seams) son las uniones donde cierra una imagen panorámica sobre sí misma, normalmente en formato equirectangular.

Dentro de los posibles errores que se pueden hallar son:

- Cortes
- Texturas desalineadas
- Objetos duplicados o deformados
- Diferencias de iluminación entre extremos
- Líneas visibles en el cielos o fondos
- Errores en reflejos o HDRIs

Esto ocurre porque el render 360° proyecta la escena en esfera y sus extremos deben coincidir. Con esto, es necesario observar estos posibles errores para poder tener un control de calidad más efectivo, con esto se evita que el usuario al observar en cualquier dirección este no vea errores.

  - Continuidad visual

Este apartado busca el observar atentamente el recorrido, buscando inconvenientes visuales entre renders 360°, más precisamente inconsistencias entre la continuidad del recorrido, por ejemplo:

En un render se observa un jardín y en él se puede apreciar un gato en un muro y en el siguiente render este gato de la nada desaparece, este genera una confusión al observar el recorrido, también se puede entender de manera que en otro render este gato se observa "cayendo" y solo genera que este flotando, además de falta de continuidad visual, este genera incoherencias iguales y se pierde la sensación de inmersión.

- Validación del render antes de integrar.

En este punto de la metodología, se busca el seleccionar los mejores renders 360° que se pueden presentar, esto antes de ser pasados por una etapa de postproducción, es necesario recordar que esta selección debe cumplir con los puntos anteriores, desde la calidad de salida solicitado, hasta los ajustes de iluminación.

- Referencia o guía de renders 360°.
- Elaboración de una planta de referencia de renders 360°.

Este último punto de la fase 5, se relaciona directamente con el punto "Definición final de los puntos de vista" de la fase 4, debido a que este último punto ya no solo se considera a nivel boceto o mental, ahora se debe mostrar una base sólida de los puntos de vista necesarios, es decir, este punto se presenta como una versión en limpio de los puntos de vista finales, esta presentación dependerá del tipo de recorrido virtual 360° que necesite el cliente, con esto presente, se puede realizar solo una representación en CAD de estos puntos de vista o en algunos

VR se puede implementar una imagen estilizada en planta de estos puntos de vista.

La siguiente figura muestra un ejemplo de planta estilizada para representar los puntos de vista finales del VR 360°.

Figura 24

Planta de Conjunto que Muestra Puntos de Referencia de las Vistas 360°



Nota. Adaptada de “Presentar, revisar, renderizar — realiza fácilmente cada paso en la nube”, por Chaos Cloud, (s.f.), Chaos, https://www.chaos.com/es/cloud

Fase 6: Postproducción de Renders 360°

- Corrección de iluminación y color.

Este apartado de la metodología busca principalmente la corrección y/o mejora de los renders panorámicos, basándose en las configuraciones básica que se pueden agregar tanto a renders como a fotografías dentro de softwares de postproducción como Photoshop, claro, esto solo de ser necesario.

Como punto importante a recordar, es la posibilidad de generar una postproducción desde los mismos motores gráficos, no todos los motores tienen uno o algunos no tienen los parámetros necesarios como para ofrecer resultados más satisfactorios como si puede lograrse en softwares como Photoshop o Affinity.

- Ajustes de brillo y contraste.

Figura 25

Ejemplificación de Ajustes de Brillo y Contraste en Photoshop



Nota. Elaboración propia.

- Balance de blancos.

Figura 26

Ejemplificación de Ajuste de Balance de Blancos en Photoshop.



Nota.
Elaboración propia.

- Mejora de nitidez y calidad.

  - Uso del filtro cámara Raw:

Enfoque de imagen.

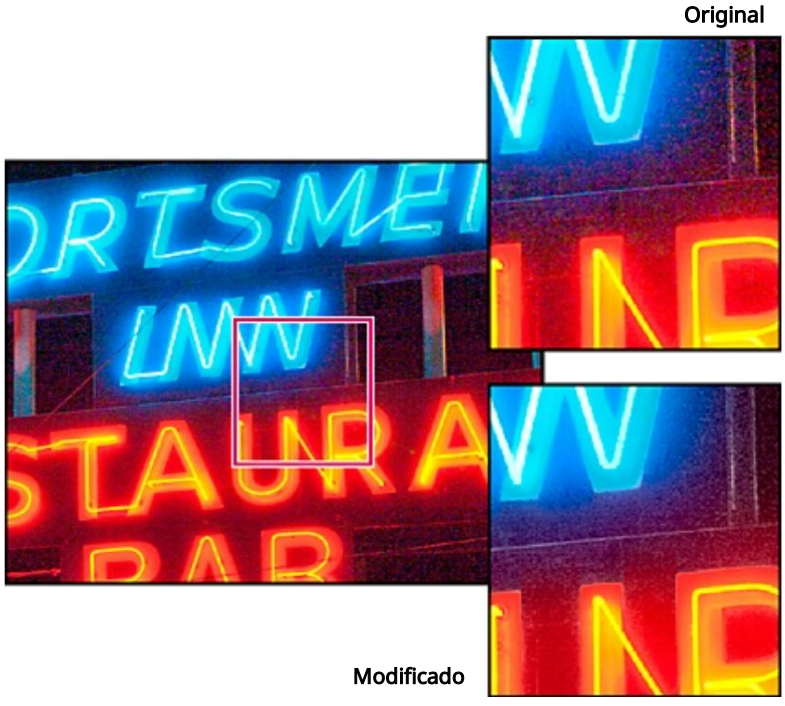
El enfoque de imagen en la postproducción contribuye a optimizar la calidad perceptual del recorrido virtual, facilitando así la interpretación espacial y mejorando la experiencia visual dentro del entorno inmersivo.

Reducción de ruido.

Este punto de postproducción se emplea más solo de ser necesario la corrección de la imagen, es decir, si al generar un render, este presenta múltiple ruido y por lo tanto no permite visualizarse con precisión lo que muestra el render.

Figura 27

Ejemplificación de Reducción de Ruido en Ajustes de Cámara Raw de Photoshop



Nota. Adaptada de “Enfoque y reducción del ruido en Camera Raw”, por Adobe, 2022, https://helpx.adobe.com/la/camera-raw/using/sharpening-noise-reduction-camera-raw.html

Claridad de detalles.

Este ajuste de postproducción proporciona detalle mediante el filtro de Camera Raw, está orientado para mejorar la definición visual de texturas, bordes y superficies que se presenten en la imagen renderizada, este filtro puede resaltar elementos arquitectónicos sin alterar demasiado la composición general de la escena.

- Optimización para mejora de rendimiento.
    - Reducción de peso de imagen sin pérdida de calidad.

Figura 28

Ejemplificación de Compresión de Imagen en Photoshop



Nota. Elaboración propia.

- Preparación de imagen para web y dispositivos móviles (sRGB).

Figura 29

Ejemplificación de Preparación Web Para Imagen en Photoshop



Nota. Elaboración propia.

- Uniformidad visual.

En este último punto de la fase 6, se base totalmente en lo que su nombre indica, en la **uniformidad visual**, ya que es necesario recordar que los renders 360° deben mantener una *coherencia entre todas las vistas* y mantener un *mismo estilo de iluminación y color,* es decir, no se debe generar variaciones agresivas o “destructivas” en los renders panorámicos, esto para evitar inconsistencias e incongruencias entre los renders 360°, se tiene que recordar que el producto final es lograr la sensación de inmersión y realismo, esto según los objetivos del proyecto, pero la clave es no incomodar al usuario al recorrer el VR 360°.

Fase 7: Integración e Interactividad

- Integración del recorrido a la plataforma de visualización 360.
  - Importación de los renders 360°.

Dentro de este primer paso para la iniciar la fase 7, es necesario ya haber contemplado los renders por grado de importancia y estar ordenados según como se halla contemplado en la nomenclatura de archivos, con esto se puede iniciar la importación en la plataforma de visualización en el orden de importancia puestos en cada render 360°.

Nota. Se recomienda hacer pruebas de funcionamiento de la plataforma de visualización 360° para entender el comportamiento de este, desde como ordena de manera automática cada render 360° y como colocar Hotspots, esto para prevenir errores y retraso de tiempos a la hora de seguir con el proyecto.

  - Formatos de exportación disponibles.

En este punto es esencial conocer qué tipo de formatos de imagen admite la plataforma de visualización, sin embargo, en casos de renders 360° es muy probable que este se produzca como:

- Esférico o panorámico / Spherical or panoramic (2:1)
- Estereoscópico o estereoesférico / Stereoscopic or Stereospherical (4:1)
- Cubemaps (6:1)
- Mapas de cubo estereoscópicos / Stereocubemaps (12:1)

Varia de la plataforma de visualización que tipo de imagen 360° acepta, además que el formato de salida puede ser jpg, jpeg o png y el peso de este también varía según la plataforma, sin embargo, es preferible que el peso total de los renders 360° no exceda los 100 MB esto por

temas de portabilidad y optimización de carga si está pensado para ser visto en páginas web o redes sociales, sin embargo, de presentarse un proyecto que exceda esta cantidad de MB, se debe considerar el hecho de una mayor compresión de los renders como se observó en la fase 6.

- Compatibilidad con dispositivos.

Este punto busca el considerar en que dispositivos se piensa llevar el recorrido virtual 360°, como se mencionó anteriormente, es necesario considerar a que sitios se piensa compartir, solo laptops, laptops con gafas VR, celulares, tabletas, redes sociales, páginas web, etc. Esto da pauta del peso máximo que se puede manejar en el recorrido e incluso que otros recursos audiovisuales se pueden agregar, como sonidos, imágenes o texto.

- Configuración de la navegación interactiva.

- Creación de hotspots.

Este apartado varía según la plataforma de visualización 360°, sin embargo, el enfoque de este primer punto es conocer como integra estos hotspots la plataforma de visualización y si es que no se presentan inconvenientes al recorrer entre renders panorámicos.

Mas allá de esto, este es el primer paso para con ello jugar como se integrarán y vincularán entre sí para determinar el tipo de navegación.

- Tipo de navegación. (libre, guiado o mixto)

Este apartado responde al punto anterior, una vez se comprenda el comportamiento y funcionamiento de la creación de hotspots estos ayudan con la dinámica de navegación.

Entiéndase como “navegación libre” aquel que entre cada hotspot permite moverse a conveniencia, es decir, el render panorámico presenta más de un hotspot que permite desplazarse a varios puntos que parecen ser posibles de recorrer, estos puntos posibles a recorrer se pueden tratar de andadores, puertas o vanos.

Navegación guida es aquel que restringe el movimiento a solo ciertos puntos (hotspots), logrando de esta manera guiar al usuario a un recorrido ya establecido, en estos casos se puede recurrir a botones interactivos para ofrecer información adicional para así ofrecer una mejor guía al usuario, una manera de imaginarlo es con un recorrido guiado en museo, cada hotspot es un solo posible camino y la información adicional responde las posibles dudas del usuario.

La navegación mixta se entiende como una mezcla de las primeras dos, es decir, en los recorridos virtuales pueden existir zonas amplias donde la información se puede mostrar solamente con renders 360°, en algunos otros espacios no existe esta posibilidad o debido a temas de privacidad esta no puede mostrarse, por lo tanto se restringe la navegación a solo una forma de camino, y en caso de recursos extras, se puede aplicar, sonidos o botones interactivos que permiten ampliar la información o aclara dudas como ocurre con la navegación guiada.

- Información complementaria.

Este siguiente punto a considerar al crear un recorrido virtual se basa en la utilización de elementos interactivos que funcionen como información adicional para uso del usuario, básicamente es un apoyo ya sea visual o sonoro para orientar y desarrollar mejor el recorrido para así ofrecer una experiencia más completa al usuario.

  - Elementos interactivos:

Botones o iconos.

Este elemento interactivo es uno de los más comunes y usados ya que estos pueden presentar Información ya sea en texto o imágenes, en algunos recorridos principalmente de productos, estos se pueden usar como botones de interacción con el modelo 3D, son relevantes para dar una sensación de inmersión además de ofrecer información adicional.

Figura 30

Ejemplificación de Botones e Iconos en una Visualización 360° de un Vehículo

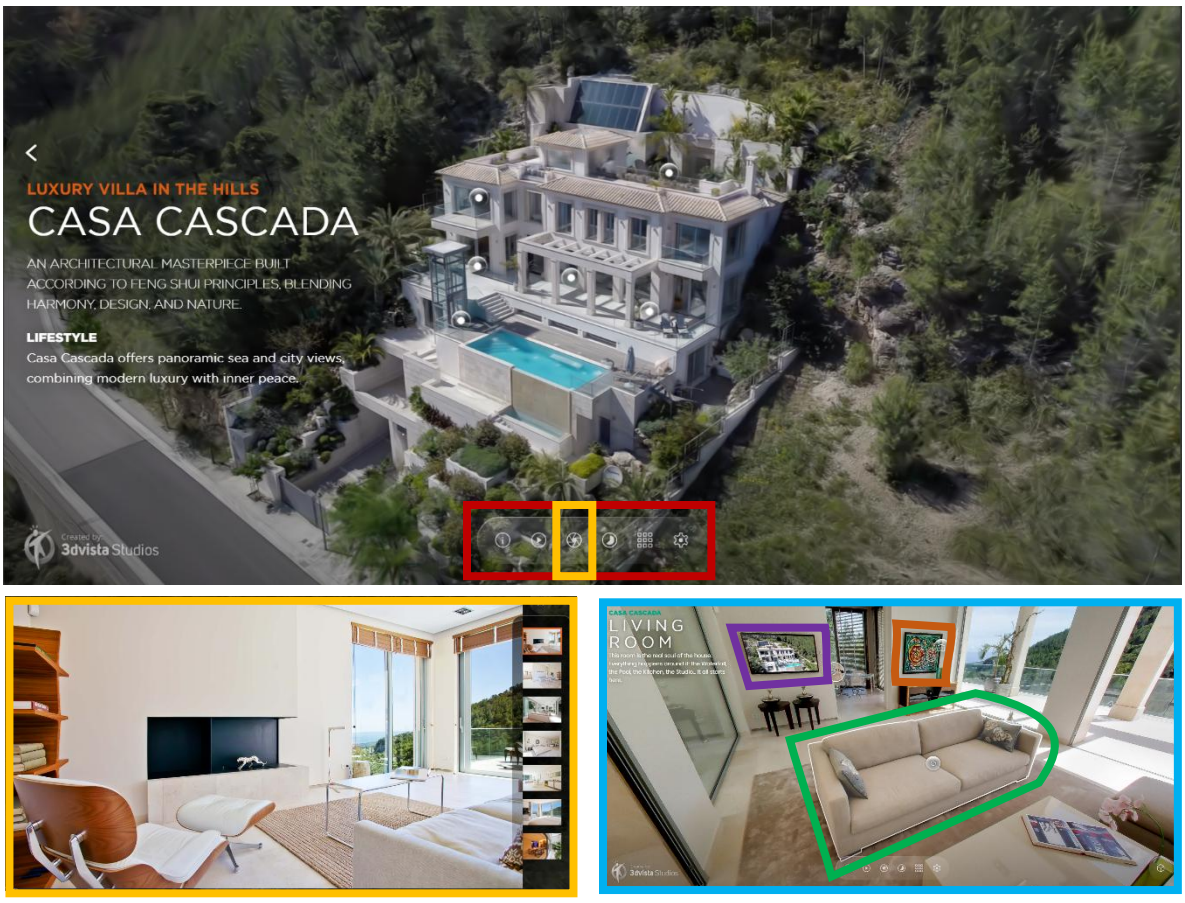


Nota. Adaptada de “Demostración de modelo 3D - Modo Orbital”, por 3DVista, 2023,3DVista, https://www.3dvista.com/es/project/demostracion-de-modelo-3d-modo-orbital/

Como se puede observar en la figura 30, el rectángulo rojo indica botones o iconos interactivos que ofrecen información adicional al usuario, una muestra es lo mostrado según el recuadro morado, por otro lado, el recuadro azul marca iconos que ofrecen modificaciones al vehículo, un ejemplo lo muestra el recuadro verde que indica los cambios de pintura posibles.

Figura 31

Ejemplificación de Botones e Iconos en un Recorrido 360° (Fotografías)



Nota. Adaptada de “GS Casa Cascada”, por 3DVista, (s.f.), 3DVista, https://storage.net-fs.com/hosting/2727323/516/

En la figura anterior se aprecia un recorrido de 360°, en él se aprecia un rectángulo rojo el cual muestra iconos interactivos, un ejemplo de estos es mostrado por el rectángulo amarillo, el cual al presionarlo nos ofrece imágenes del recorrido en tipo carrusel, otras partes interactivas son los puntos para entrar al edificio, uno de ellos esta señalado en un círculo azul, este muestra otros iconos interactivos, se aprecian 3 posibilidades, la forma verde enmarca la posibilidad de observar el sofá en modelado tridimensional, la forma morada permite observar un video del edificio, un tour adicional básicamente, la última forma esta encerrada por la forma naranja, este al presionarlo nos ofrece una imagen completa del cuadro, ofreciéndonos datos o visualizarlo en caso de que el cliente le interese adquirirlo.

- Diseño de la experiencia de interacción (UX).

Este punto de la metodología debe ser vista desde la perspectiva del usuario final, es necesario entender desde la fase 0 el tipo de usuario al que va dirigido el recorrido virtual 360°.

- Facilidad de uso de los hotspots.

Desde esta perspectiva, el uso de los hotspots debe responder ante la comodidad del usuario, es decir, ser fácil de acceder a ellos.

Se debe considerar entonces, el tamaño, forma, color y por último, la colocación de estos, este variara según el render panorámico, por ejemplo, se presenta un render panorámico el cual presenta un camino con muchas sombras y se decidió usar hotspots de color negro o grises, en principio estos hotspots pueden verse al crearse el recorrido en la plataforma de visualización, sin embargo, no todas las pantallas son iguales, es decir, existen pantallas con distintos porcentajes de sRGB estas pantallas pueden ser OLED, AMOLED, LED, IPS, LCD, en síntesis,

los colores no son interpretados de la misma forma y por lo tanto el usuario responderá según el dispositivo que use.

Entonces, considerando estas 4 características en principio debe ser suficiente para que el usuario pueda detectar fácilmente estos hotspots.

- Claridad de los elementos interactivos.

Se entiende como elementos interactivos a los “hotspots”, “botones”, “iconos”, o algún indicador visual como se muestra en la forma de color verde de la figura 30.

En este punto la búsqueda se trata precisamente de la facilidad de uso de cualquiera de estos elementos interactivos, se pueden considerar las características anteriores de los hotspots, siendo:

- Tamaño
- Forma
- Color
- Colocación

Sin embargo, estas características variaran según la plataforma de visualización 360°, por lo tanto, será necesario un testeo del recorrido y observar con claridad que características o consideraciones se deben abordar con mayor rigor.

- Evitar la saturación de información innecesaria.

Una característica no menos importante es considerar que información es realmente útil mostrar, es vital no observar este punto desde la perspectiva del modelado y el renderizado, es decir, el entorno virtual ya fue estudiado y se interpretó con claridad el nivel de detalle necesario; este punto por otro lado considera la saturación visual de elementos interactivos (hotspots, botones, iconos, indicadores visuales).

Con los ejemplos vistos en las figuras 30,31, se puede detectar y generar un criterio claro de que cantidad de información es realmente útil y necesaria mostrar, este punto también debe ser visto desde la perspectiva del dispositivo, es decir, para computadoras, laptops, tabletas, celulares, cada tamaño de pantalla determinara la cantidad de información mínima necesaria.

- Pruebas de funcionamiento

Este último punto de la fase 7 es la más importante para considerar terminado el recorrido virtual 360°. Este punto básicamente se basa en testeo de:

- Verificación de renders panorámicos.

Es observar que cada vista (render 360°) se vea y cumpla con los mínimos requerimientos necesarios abordados desde la fase 0, observar errores de textura, geometría, vegetación, ambientación en general, este es una verificación extra para poder considerar listo los renders, no olvidar que, en caso de aplicar postproducción en renders, estos no deben ser diferentes entre sí, para evitar conflictos visuales para el usuario.

- Verificación de hotspots.

Este paso está dedicado a verificar que los hotspots realmente estén conectados con la vista (render 360°) correspondiente, es un testeo básico, pero debe ser minucioso ya que, según el tipo de navegación tomado, estos hotspots pueden llegar a ser cientos según la escala del proyecto y pueden quedar rezagados algunos puntos, es este uno de los motivos por el cual es necesario contar con una referencia de estas vistas (renders 360°).

- Validación de enlaces entre renders panorámicos y hotspots.

Este punto es una mezcla de los 2 puntos anteriores, básicamente es observar que cada hotspot esté conectado al render correcto y que este no tenga fallas visuales.

- Detección de errores.

Como último punto a considerar al realizar el testeo, es necesario observar posibles errores de información, imágenes o modelos en elementos interactivos. Es primordial verificar esto para evitar dar una mala experiencia al usuario final.

Fase 8: Evaluación del Recorrido

La manera más sencilla de realizar una evaluación de un recorrido virtual 360° se base en la propia experiencia que presenta el usuario, este se puede presentar por medio de preguntas, analizar su comportamiento y una explicación de las sensaciones que genero el VR 360° en el usuario, claro, estos son datos cualitativos, sin embargo, es lo más cercano para evaluar el resultado final del proyecto.

- Evaluación de la navegación.

Al evaluar la navegación es necesario considerar los siguientes puntos:

  - Facilidad de moverse entre puntos (hotspots).
  - Claridad para acceder a los hotspots.
  - Fluidez del recorrido. (¿qué tan optimizado está el recorrido, se puede ejecutar en celulares como laptops?).

- Evaluación de la experiencia de usuario (UX).

Esta evaluación es primordial por parte del usuario, es básicamente su opinión y que siente al estar dentro del VR 360°. Es necesario considerar los siguientes puntos:

  - Comprensión del entorno.
  - Sensación de orientación.
  - Facilidad de uso.

- Evaluación de la calidad visual.

Esta evaluación es abordada desde la parte técnica como la parte del usuario, cada usuario entiende los entornos tridimensionales de manera distinta, es por ello necesario conocer la parte sensorial del usuario final y como este interpreta este recorrido.

- Realismo de los renders.
- Iluminación y texturas.
- Claridad de las vistas.

- Rendimiento técnico.

Este punto a evaluar se relaciona con el primer punto de la fase 8, se trata de calcular tiempos de carga o de inicio al comenzar el recorrido y según el medio que se usa, es decir, cuanto tiempo carga al estar de manera local y cuando este alojado en la web.

- Tiempo de carga.
- Fluidez en dispositivos. (Móviles y laptops/PC).
- Peso de los recursos.

- Cobertura del espacio.

Este punto no debe ser abordado desde la parte técnica, es más que nada la apreciación del usuario y si este considera suficiente las vistas abordadas, de lo contrario se puede ampliar el VR 360°, esto claro según las condiciones que dicte el cliente.

- Evaluar si el recorrido muestra correctamente todas las áreas importantes.
- Evaluar si faltan o sobran puntos de vista (renders 360).

- Detección de errores.

Este punto a evaluar busca errores vistos por el usuario, si bien existe dentro de la fase 7 un testeo, es necesario recibir apoyo de los usuarios para visualizar errores sesgados por la parte técnica.

- Fallos en navegación.
- Enlaces “rotos” (que no van a donde deben).
- Problemas visuales.

Propuesta de evaluación para recorridos virtuales VR 360°.

Con base en los puntos anteriores, se propone una evaluación para recorridos virtuales VR 360°, primero que nada, esta evaluación se puede dividir en 2 tipos, de evaluación técnica y de usuario.

Evaluación técnica

Realizada por el desarrollador o equipo técnico.

Evalúa:

- Optimización
- Rendimiento
- Errores
- Compatibilidad
- Calidad visual técnica

Evaluación de usuario

Realizada al usuario final o cliente.

- Experiencia de navegación
- Comprensión espacial
- Sensación de inmersión
- Facilidad de uso
- Satisfacción general

Se propone realizar estas evaluaciones en escalas del 1 al 5, donde el 1 es el valor más bajo y el 5 el más alto. Es decir: 1: Muy malo, 2: Malo, 3: Regular, 4: Bueno, 5: Excelente.

Ahora bien, al inicio de la fase 8 se mencionaron puntos posibles a evaluar según el apartado, es decir, evaluar la navegación, calidad visual, experiencia de usuario, etc. Con esto, se presentan ejemplos de posibles preguntas.

Navegación

¿Fue fácil desplazarse entre los puntos del recorrido?

¿Los hotspots fueron fáciles de identificar?

¿El recorrido se sintió fluido?

UX

¿Comprendí fácilmente los espacios?

¿Me sentí orientado dentro del recorrido?

¿El sistema fue fácil de usar?

Calidad visual

¿Los renders se percibieron realistas?

¿La iluminación fue adecuada?

¿Las texturas se apreciaron claramente?

Rendimiento

¿El recorrido cargo rápidamente?

¿No hubo interrupciones durante el uso?

¿El recorrido funciono correctamente en el dispositivo?

Cobertura espacial

¿El recorrido mostro correctamente las áreas importantes?

¿Sintió que faltaban vistas importantes?

Entrevista breve o preguntas abiertas

Propuesta de preguntas:

¿Qué sensación le genero el recorrido?

¿Qué parte le pareció más inmersiva?

¿Qué elementos le confundieron?

¿Qué mejoraría del recorrido?

Métricas técnicas

Estas métricas, son el resultado de una evaluación más objetiva, considerando puntos como:

- Tiempo promedio de carga.
- Resolución de los renders.

- Peso total del recorrido.
- Compatibilidad entre dispositivos.
- Tiempo de respuesta entre renders panorámicos

Análisis, corrección y validación del recorrido.

Una vez que se realice la evaluación técnica y cuando las condiciones del proyecto lo permitan, la evaluación con usuarios, los resultados obtenidos permitirán identificar si el recorrido virtual 360° cumple con los criterios establecidos y en caso de ser detectados aspectos que requieran corrección, se identificara la fase del proceso en la que se presenta dicho problema, y es a partir de este donde se realizaran los ajustes necesarios, continuando posteriormente con las fases que resulten afectadas hasta llegar nuevamente a la fase 8. De esta manera este proceso podrá verse repetido hasta alcanzar los criterios establecidos y proceder con la validación del recorrido virtual 360°.

CAPÍTULO 6

Aplicación de la Propuesta Metodológica

Caso de estudio:

Digitalización de los espacios físicos para recorridos virtuales 360 para mejorar la accesibilidad y promoción del Instituto Tecnológico de Chetumal.

a) Descripción del Proyecto Arquitectónico Seleccionado

El caso de estudio “Digitalización de los espacios físicos para recorridos virtuales 360 para mejorar la accesibilidad y promoción del Instituto Tecnológico de Chetumal” se trata de un proyecto que busca la promoción del instituto tecnológico a través de un recorrido virtual 360°, esto para ofrecer tanto a estudiantes como a visitantes una forma de visualizar el instituto de manera más sencilla, y con ello guiar a los usuarios a sus puntos de interés, es decir, que este recorrido se vuelva un mapa interactivo en 360° que permita a los usuarios el desplazarse de un punto a otro según sus necesidades.

b) Aplicación Paso a Paso de la Metodología

Fase 0: Entendimiento y Planeación de la Propuesta.

- Tipo de proyecto.

El caso de estudio “Digitalización de los espacios físicos para recorridos virtuales 360 para mejorar la accesibilidad y promoción del Instituto Tecnológico de Chetumal” se trata de un proyecto de tipo técnico, es decir, se trata de un proyecto existente que cuenta con planos e instalaciones a los cuales se les puede generar referencias a través de fotografías y videos.

- Objetivos de comunicación.

El proyecto es meramente representativo, es decir, busca solo mostrar las instalaciones desde las fachadas (solo mostrando el exterior) y algunos espacios internos, estos espacios internos buscan representar desde dentro como estos espacios se podrán apreciar (en planta baja) y las oficinas a las que uno puede acceder.

El nivel de detalle considerado

- Nivel de detalle.

El nivel de detalle que se optó para el proyecto es de tipo “complejo”, es decir, si bien solo es necesario la representación exterior del Instituto, este constara de cierto nivel de detalle, por ejemplo:

Muros: representación básica de modelado tridimensional (lowpoly/bajo polígono), el detalle se presentará por otros medios como son las texturas PBR.

Mobiliario: Mobiliario de Bajo o Media nivel de polígonos, es decir, solo con la cantidad mínima necesaria para representar el mobiliario y con el mismo criterio anterior, el uso de materiales PBR para ofrecer una mejor calidad visual.

Ambientación vegetal: El nivel de detalle de la vegetación se basará principalmente en lo proxys que el motor de renderizado posteriormente seleccionado ofrezca.

Esto con el fin de otorgar la mejor calidad poligonal y de materiales que ofrezcan los proxys, esto con el fin de no aumentar la carga de memoria gráfica del modelado y el entorno general.

Ambientación general (autos, personas, animales, etc.): Este tipo de ambientación se presentará de igual forma con el apartado de vegetación, es decir, haciendo uso de proxys, esto para evitar el aumento de carga gráfica y de igual manera poder ofrecer la mejor calidad de detalles y por ende de calidad visual posible.

De esta manera, en este apartado de nivel de detalle se puede considerar que será complejo, principalmente porque el modelado no será meramente volumétrico, sino porque el modelado estará apoyado por otras técnicas y recursos de modelado y renderizado.

- Entorno a modelar.

El entorno a modelar es el Instituto Tecnológico de Chetumal, con esto, se necesita modelar lo siguiente (estos modelos están bajo lo mínimo necesario que el cliente desea).

Instituto Tecnológico de Chetumal

El trabajo de modelado tridimensional solo se centrará en el instituto ubicado en Chetumal, Quintana Roo, entre las vialidades, Av. Insurgentes, Av. Emiliano Zapata, Av. Andrés Quintana Roo y C. Juan José Siordia.

- Modelado tridimensional de todos los edificios existentes del Instituto, incluso casetas, quisco y domo (cancha de basquetbol). Dentro de esto se incluyen los muros, estructura y cimentación observable, dentro del caso del domo se contempla le modelado de la estructura de acero del propio domo (según las referencias fotográficas).

- Modelado tridimensional de áreas verdes, como son macetas, jardineras, áreas verdes y senderos (según las referencias fotográficas).

- Modelado tridimensional de mobiliario “básico” es decir, solo mobiliario que, si sean visualmente común en el instituto, como son los basureros curvos, las áreas de comedores, banquetas, postes, etc.

- Modelado tridimensional de herrerías y carpinterías, es decir, rejas de entradas, protección de ventanas, además de modelado de ventanas, puertas, manijas, etc. Dentro de este apartado anexo el modelado tridimensional de las techumbres de acero/aluminio que se ubican en las mesas de comedor.

- Modelado tridimensional de textos, es decir, títulos de edificios, frases o textos de placas y letras de nomenclaturas de edificios.

Existen ciertos elementos como carros, escala humana, arboles, etc., sin embargo, estos se abordarán según se mencionó anteriormente, será a través de proxys que ofrezca el motor de renderizado posteriormente seleccionado.

- Fidelidad / Coherencia.

Geometría, visual y contextual:

El nivel de fidelidad (similitud con la realidad, medidas, formas) y coherencia (Que sea real, que tenga lógica con la realidad), se puede considerar como de “nivel” básico/técnico, es decir, la fidelidad y coherencia deben ser reales según los archivos (planos y modelos 3D básicos iniciales) proporcionados y referencias fotográficas o videográficas.

Por otro lado, también se basará según en imágenes de plantas de conjunto o referencia que ya existen del Instituto Tecnológico (subidas o compartidas en sus redes sociales oficiales

como es Facebook), gracias a estas otras referencias serán consideradas para el modelado 3D del espacio, esto con motivos de ayudar al usuario en caso de que este, use estos “croquis” como guía y con ello evitar confusiones.

Con apoyo de estas referencias fotográficas se basarán las condiciones de texturizado e iluminación de los renders panorámicos.

Espacial:

En este proyecto se busca que el usuario se sienta dentro del Instituto Tecnológico de Chetumal, es decir, que el usuario tenga la sensación de estar dentro del espacio. Para ello las tomas panorámicas deberán ser consideradas lo más cercanas unas de otras, o el tener vistas que logren hacer conexiones entre cruces dentro de los caminos, esto para indiciar al usuario que los senderos son la única guía para poder recorrer el instituto.

Otro punto importante para lograr esta sensación de inmersión es la altura de la cámara ya que esta es la que implicara el nivel de escala a la que el usuario observara el entorno, al tratarse de un sitio con un público en su mayoría superior a los 18 años, es mejor considerar la altura común en esta edad.

Funcional:

El recorrido será afectado por la cantidad de senderos con los que cuenta el Tecnológico, por esta razón, la posición de los hotspots será variada y continua, para evitar confusiones y mantener un flujo del recorrido estable.

Por otro lado, tratando la accesibilidad que tendrá el usuario al recorrido, este será básicamente por internet, lo que llevará a que tenga la posibilidad de visualizarlo con mayor versatilidad por móvil, Tablet o laptop, esto indica que serán más que nada pantallas pequeñas, por lo que implica que cada toma “render panorámico” debe mostrar en primer plano un sitio o forma que sea fácil de entender y/o ubicar.

Perceptual:

Debido al nivel de la escala del modelado tridimensional y todo recurso que se cargara en ella para poder tener un resultado satisfactorio, este generara conflictos debido al equipo con el que se trabajara, por ello, en los renders panorámicos se buscara dar una sensación “realista” del entorno, esto aplicando efectos de iluminación, reflejos y materiales PBR, aunque no sea exacto del todo con la realidad. El objetivo es ofrecer al usuario la sensación más real posible que pueda ofrecer el motor gráfico.

- Usuario y clientes.

En los clientes (persona que solicita la creación del VR360°):

- Objetivos:

- El cliente busca promocionar el Instituto Tecnológico de Chetumal, solo la parte exterior de las instalaciones, y todo detalle que proporcione una guía visual para guiar al usuario, caminos, comedores, jardines, nombres de las instalaciones, etc.

- Se busca generar una guía cómoda para captar la atención de alumnos y personas interesadas en visitar el Instituto Tecnológico de Chetumal, con el fin de tengan un primer acercamiento apoyados del recorrido 360°.

- El recorrido 360° en su etapa final y listo para promocionar busca proporcionar información adicional con ayuda de un chat virtual, sin embargo, este proceso no corresponde al trabajo de modelado tridimensional y renderizado, por lo tanto, mi implicación en este proyecto se limita al entorno 3D y su respectivo renderizado panorámico, limitado en las condiciones abordadas de “Entorno a Modelar”.

- Requisitos del proyecto:

- El proyecto busca incluir todas las instalaciones presentes y construidas en su totalidad actualmente, incluyendo jardineras, bancas y algún mobiliario extra que pueda aportar orientación y realismo al usuario final.

- El nivel de detalle que requiere el cliente es el suficiente como para ser comprendido por el usuario final, es decir, el cliente no busca la “perfección” o un modelado High Poly (altos polígonos), solo requiere los polígonos, texturizado e iluminación necesarios para que el usuario final pueda interpretar más fácil el lugar donde se ubica y al que este quiere llegar como destino final.

- El cliente busca un recorrido interactivo, a pesar de esto, mis implicaciones solo llegan para realizar un recorrido 360° sencillo con los saltos necesario entre hotspots para ofrecer un recorrido sencillo pero completo del Tecnológico.

- Identidad visual:

- El cliente no ha proporcionado alguna guía visual, colores o logos necesarios dentro del recorrido 360°, por lo tanto, no existen puntos a abordar en este apartado.

- Alcances y limitaciones:

- El tiempo de entrega para el proyecto es un plazo de entre 4 a 6 meses.

- El cliente no presenta alguna otra limitación, más allá de cumplir con los tiempos de entrega.

- Criterios de éxito:

- El recorrido está siendo solicitado para promocionar el Instituto Tecnológico de Chetumal con el fin de observar las instalaciones previo a una visita real en el sitio.

- La principal atracción que se busca dentro del recorrido se basa en observar las instalaciones y reconocer con facilidad el sitio, es decir, que el usuario pueda orientarse dentro del Tecnológico sin inconvenientes al querer encontrar un sitio especifico en caso de hesitar información. En base a esta función principal de promoción, se busa que el recorrido cumpla con su respectiva función comunicativa de manera visual.

- Base o Bosquejo inicial del recorrido virtual.

El cliente ha proporcionado una idea inicial de los puntos necesarios entre cada hotspot, con esta base se realizará un estudio entre las medidas reales según planos y las tomas necesarias para poder ofrecer un recorrido 360° más amigable e inmersivo.

En los usuarios (persona/usuario final que observara el VR360°):

- Perfil:

- La de edad de los usuarios esperados y de los cuales se considerará la altura de la cámara, rondan los 17años en adelante. Es decir, la altura promedio de las personas de 17 años según el INEGI en varones ronda entre los 165cm a 170cm y en las mujeres de 155cm a 160cm, con esto, se pueden considerar una posición de cámara de 160cm, siendo esta estatura el intermedio entre 170cm y 155cm.

- El nivel tecnológico esperado en los usuarios se basa en dispositivos portátiles, debido a que se espera que sea usado en su mayoría como medio de orientación 360°, con esto, se contempla el uso de celular, tabletas o laptops, sin embargo, el trabajo del recorrido 360° no se limita a solo estas aplicaciones y se puede llevar a otros. Sin embargo, para el nivel que requiere el cliente para sus usuarios, los renders panorámicos son suficientes.

- El usuario más joven (17 años) es más probable que conozca esta tecnología de VR 360°, sin embargo, este recorrido no supone un reto para los usuarios debido a que su uso (desplazamiento en el entorno virtual 360°) es intuitivo a través el uso de hotspots.

- Objetivos:

- El objetivo principal dentro del VR 360° es que el usuario pueda entender el recorrido virtual sin complicaciones, esto entendiéndose desde la orientación del usuario dentro del entorno virtual, haciendo uso de las referencias visuales, como son las instalaciones, senderos y en los desplazamientos propuestos en los hotspots.

- Experiencia de usuario (UX):

  - Facilidad de navegación (desplazamiento intuitivo por medio de los hotspots).
  - Claridad de la información (textuales y visuales como son los materiales, es decir, buena resolución de render 360°).
  - Tiempos de carga (optimización de renders 360° para medios web).

- Accesibilidad:

  - Uso en distintos dispositivos como celular, Tablet, laptop y PC.
  - Facilidad de uso para personas con poca experiencia digital
  - Claridad visual (buena resolución).

- Percepción:

  - En el usuario, el entorno virtual se busca que sea percibido como “real” y claro, que sea coherente con la misma realidad, para lograr esto se propone utilizar, uso de materiales PBR, HDRIs, manipulación de luces, reflejos, etc. Esto con el fin de jugar con la percepción del usuario y con ello ayudarlo con mayor facilidad a orientarse en el entorno.

- Comportamiento:

  - Como navegar entre hotspots.
  - Donde inicia, termina y se detiene en el VR

- Requerimientos y recursos necesarios.

  - Softwares necesarios.

Softwares mínimos necesarios para lograr un recorrido virtual 360°:

- Software de diseño asistido por computadora (CAD): AutoCAD.
- Software de modelado 3D: SketchUp 2024.
- Software de renderizado 360°: Lumion 12.5.
- Software de postproducción digital: Photoshop.
- Software de interactividad: 3DVista Virtual Tour.

- Elementos gráficos necesarios.

Base o concepto del recorrido propuesto por el cliente. (trabajado previamente y con replanteo de las vistas de cámara). Posteriormente pasado a limpio de manera digital, esto para que sirva de guía al momento de realizar el montado en el software de Vista Virtual Tour.

“Mas allá de esto, el cliente no necesita algún otro medio visual”

- Modelos externos necesarios.

Consideraciones del uso de modelos tridimensionales externos, ya sean por petición del cliente o como medio rápido para poder ambientar (contextualizar) el recorrido virtual.

Estos modelos 3D externos serán tomados de la página web oficial de SketchUp, es decir, 3D Warehouse.

Como punto a mencionar, estos modelos 3D deben pasar a revisión para evitar conflictos de compatibilidad como son errores de topología o texturizado, esto para no presentar mayores errores al llevarlos al motor grafico de Lumion.

- Recursos extras.

En este recorrido virtual, se piensan implementar recursos extras más allá de los modelos 3D de 3D Warehouse, como son texturas PBR y HDRIs esto con el fin de dotar de mayor realismo e inmersión al recorrido virtual 360°.

Es necesario mencionar que estos recursos mencionados con anterioridad serán tomados del propio motor grafico “Lumion”, así como otros modelos para ambientar el entorno en formato Proxy, presentándose en vegetación, escala humana, autos, etc.

- Dimensionamiento del proyecto.
  - El tamaño o m2 del proyecto.

Es necesario recordar que un “recorrido virtual en proyectos arquitectónicos no se definen solo como modelos por objeto o productos, se trata más de una unión de estos mismos”.

Es decir, en este proyecto, la unión de varios edificios o instalaciones concluirá con el recorrido virtual del sitio. Sin olvidar la unión, de modelos externos, modelos de mobiliarios, vegetación, etc.

Ahora bien, el proyecto, visto desde los puntos anteriormente abordados con ayuda del cliente y lo que busca para los usuarios finales, se pueden concluir que el “tamaño” del proyecto es “mediano” si es visto desde el punto de partida del modelado tridimensional, ya que al poseer una vista previa por fotografías y planos de las instalaciones a modelar se tratan de instalaciones con volúmenes básicos, es decir, cubos, y en la mayoría de estos casos la retopología y el texturizado no supone un reto en este tipo de modelos 3D. Aun con esto, es necesario reconocer que a nivel de m2, el proyecto cuenta según en los planos aportados con: 78,468.00 M2, a nivel de m2 es un proyecto extenso, donde se abarcaran instalaciones y vegetación, así con vehículos

y mobiliario adicional, a pesar de esto, los modelos 3D serán de bajos o medios polígonos, además de que el cliente no requiere un fondo hiperrealista del sitio, es decir, se puede omitir o generar un fondo sencillo del entorno, esto siendo visto desde la parte de modelado tridimensional, en el caso de ambientación en el motor de renderizado, se emplearan uso de proxys, debido a la escala del proyecto, es mejor hacer uso de proxys para evitar aumentar el aumento de carga grafica en el recorrido virtual, así como hacer uso de los filtros integrados en Lumion para poder dar un acabado visual más satisfactorio, ahora bien, en la parte de renderizado, el cliente busca buena calidad de imagen, en Lumion la máxima calidad de render panorámico es en 8K, por lo tanto se requiere una tarjeta gráfica medianamente decente para poder conseguir correr gráficamente el recorrido virtual y también generar los renders 360°. Como ultimo parte del proceso es la integración al entorno de interactividad, este se llevará a cabo en otro software, este paso se puede considerar más que pesado, tedioso, debido a la alta cantidad de tomas a realizar (renders 360°) y por cada toma se consideran las conexiones o hotspots necesarios para poder ofrecer un buen recorrido y por lo tanto una buena experiencia de usuaria.

- Según el nivel de detalle.

En este proyecto, a nivel de detalle, se puede entender como “fácil” ya que el cliente solicito que se respetaran los planos, por lo tanto los detalles vararían según las referencias fotográficas, además es útil recordar que las instalaciones son muy similares unas a otras, por lo tanto si en las referencias se llegarán a observar detalles sutiles pero útiles para ambientar el entorno virtual y ayudar a los usuarios a entender el entorno, entonces, se puede considerar dicho detalle al modelo 3D de las instalaciones, más allá de esto, los “detalles” realistas como materiales, vegetación y luces, son características que se pueden anexar dentro del motor de

renderizado y por ende ser menos complejo su realización en el modelo, sin embargo esto supone mayor carga grafica a la tarjeta de video que correrá el VR.

- Según la experiencia en el uso de softwares.

Para este proyecto, el cliente no considero algún motor de renderizado o software de modelado tridimensional, o de creación de tours 360°, por lo tanto, eh recomendado y seleccionado los softwares con los que poseo mayor conocimiento y práctica.

- Software de diseño asistido por computadora (CAD): AutoCAD.
- Software de modelado 3D: SketchUp 2024.
- Software de renderizado 360°: Lumion 12.5.
- Software de postproducción digital: Photoshop.
- Software de interactividad: 3DVista Virtual Tour.

- Según las formas volumétricas del proyecto.

Tabla 36

Tabla de Softwares y experiencia en Modelado 3D

Objeto	**Tipo de Modelado**	**Dificultad**	
		SketchUp + Plugins Software 1	Blender Software 2
Banqueta de Concreto.	Ortogonal	Fácil	Fácil
Mobiliario sencillo: Banca, basurero, jardineras, registros.	Ortogonal	Medio Fácil	Medio difícil
Edificio/Instalaciones.	Ortogonal	Medio difícil	Difícil
Puertas, Ventanas, Barandas.	Ortogonal	Fácil	Medio Fácil

Nota. Elaboración propia. La tabla esta rellena con datos de ejemplo aplicados en el proyecto que se está elaborando.

En esta tabla, sencilla y rápida, se pudo detectar que básicamente la mayoría de los modelos a generar son ortogonales, es decir, rectos, sin curvas, esto se presenta como una oportunidad muy buena para utilizar softwares como SketchUp, software donde el modelado se basa más en objetos ortogonales, además de que el entorno a modelar será más que suficiente de manera “sencilla” en términos de polígonos, ya que la mayor cantidad de detalles visuales vendrá de los materiales PBR y recursos extras posteriormente añadidos en el motor de renderizado.

- Demanda computacional para ejecutar el recorrido virtual (VR).

Es necesario recordar que la demanda computacional variara según el software y la familiaridad que el usuario tiene en él.

Es decir, a pesar de que un software tenga una alta demanda computacional de hardware, si el profesional posee las habilidades para poder gestionar proyectos tridimensionales y de renderizado, es posible cumplir con los objeticos que solicita el cliente gracias a estas habilidades en el uso del software, a pesar de esto, no siempre es recomendable ignorar el consumo de hardware que requiere como mínimo y recomendado un software.

En la siguiente tabla se reflejan los consumos mínimos y recomendados de los softwares de modelado tridimensional. Como se puede observar, el software con una menor demanda es SketchUp, a pesar de usar Plugins, este software logra mantener una baja demanda computacional. De esta manera se selecciona mejor este software, ya que resulta más útil en modelado ortogonal y de baja demanda computacional. Otro punto a su favor es la sencilles del

software, el cual es perfecto para un proyecto a mediana o gran escala y con tiempos reducidos de modelado, agregando que es compatible con múltiples motores de renderizado.

Tabla 23

Tabla de Requisitos Mínimos y Máximos de Softwares de Modelado 3D

Dificultad	Software	Hardware Mínimo	Hardware Recomendado
Sencillo	SketchUp	Procesador de 1+ GHz 4 GB de RAM 1,5 GB de espacio en el disco duro. Una tarjeta gráfica 3D con 512 MB de memoria o más que admita aceleración de hardware. Os Windows 8.1 (64 bits)	Procesador de 2,4+ GHz 8 GB de RAM 2 GB de espacio en el disco duro Una tarjeta gráfica 3D con 1 GB de memoria o más que admita aceleración de hardware. Os Windows 11
Medio	SketchUp + Plugins o Blender	CPU 4 núcleos con soporte SSE4.2 RAM 8GB GPU 2 GB de VRAM con OpenGL 4.3, Vulkan 1.3 (ver más abajo)	CPU 8 núcleos RAM 32 GB GPU 8 GB de VRAM
Difícil	3D Max o Maya	Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. CPU Procesador Intel® o AMD® de 64 bits con conjunto de instrucciones SSE4.2 Con macOS, Apple Silicon arm64 o Intel x86 RAM 8 GB de RAM GPU 4 GB de VRAM	Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. CPU Procesador Intel® o AMD® de 64 bits con conjunto de instrucciones SSE4.2 Con macOS, Apple Silicon arm64 o Intel x86 7 GB de espacio libre en disco para la instalación RAM 8 GB de RAM (se recomiendan 16 GB o más) GPU 8 GB de VRAM

Nota. Adaptada de las páginas web oficiales de SkethUp, Blender y Autodesk 3Ds Max y Maya.

Ahora, en la siguiente tabla se consideran algunos motores de renderizado según la dificultad de uso y la demanda computacional necesaria.

Como se puede apreciar en la tabla se compararon los motores de Enscape, Lumion y Vray, en esta comparación se puede apreciar como el más fácil (Enscape) consume casi lo mismo en recursos de hardware como lo es Lumion, si nos basamos solo en la demanda computacional, el más bajo es Vray, sin embargo, este resulta ser el más difícil y complejo de usar, su proceso para lograr un render satisfactorio tiende a ser más tedioso y con mayor consumo de tiempo, tiempo que es limitado para la cantidad de posibles renders panorámicos que se tendrán que realizar. Por esta razón, el intermedio es el más útil, ya que no es tan complejo de usar y en pocos pasos se logran resultados bastante aceptables, además de que se cuentan con los requisitos recomendados que solicita el software.

Tabla 37

Tabla de Requisitos Mínimos y Máximos de Softwares de Renderizado

Dificultad	Software	Hardware Mínimo	Hardware Recomendado
Sencillo	Enscape	Windows 10 o superior Intel Arc A310, NVIDIA o AMD GPU dedicada con 4GB de VRAM que soporta Vulkan 1.1 NVIDIA GeForce GTX serie 10 / serie Quadro P y versiones posteriores AMD Radeon RX 5000 serie / serie Radeon Pro equivalente y versiones posteriores (en todo caso 4GB de VRAM)	Windows 10 o superior NVIDIA GeForce RTX 3070 Ti o AMD RX 6800 (en todo caso 8GB de VRAM)
Medio	Lumion	Windows 10 de 64 bits actualizado GPU con una puntuación G3DMark de 8.000+ con controladores actualizados. (Como NVIDIA GeForce GTX 1060, Quadro K6000, AMD Radeon RX 580 o mejor) (en todo caso 6GB de VRAM o más)	Windows 10 de 64 bits actualizado Una GPU con un G3DMark de 14.000+ con controladores actualizados. (Como NVIDIA GeForce RTX 3060, NVIDIA Quadro RTX 2000 ADA, AMD Radeon RX 6700 XT o superior) (en todo caso 10GB de VRAM o más)

Dificultad	Software	Hardware Mínimo	Hardware Recomendado
Difícil	Vray	Procesador Intel/AMD con una CPUMark de hilo único de 2.200+. (Como AMD Ryzen 5 1600X, Intel Core i7-4790S o superior) RAM: 16 GB o mas Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. Procesador Intel 64, AMD64 o compatible con soporte AVX2 * GPU de 4GB de VRAM RAM: 8 GB	Procesador Intel/AMD con una CPUMark de hilo único de 2.600+. (Como AMD Ryzen 5 3600, Intel Core i5-8600 o superior) RAM: 32 GB o mas Os Microsoft® Windows® 10, versión 1809 o superior. Procesador Intel 64, AMD64 o compatible con soporte AVX2 * GPU de 4GB de VRAM o mas RAM: 16 GB

Nota. La información de la tabla fue consultada y tomada de las respectivas paginas oficiales de los motores de renderizado previamente mencionados.

Después de analizar los dos softwares más esenciales, el de modelado 3D y renderizado, se puede concluir que estamos en lo correcto al asumir a SketchUp y Lumion como los indicados a usar, además de que su análisis de demanda computacional logra mantener los recursos de hardware suficientes para poder usar los demás softwares necesarios como son los de postproducción e interactividad.

De esta manera, los softwares seleccionados son los siguientes: ahora, conociendo los softwares necesarios es necesario saber el costo de cada uno de los softwares

- Software de diseño asistido por computadora (CAD): AutoCAD: El costo de la licencia mensual de AutoCAD es de MXN 3,250: El costo de la licencia mensual de SketchUp es de: 100 dólares mensuales.

- Software de modelado 3D: SketchUp 2024: El costo de la licencia mensual de SketchUp es de: 100 dólares mensuales.

- Software de renderizado 360°: Lumion 12.5: El costo de la licencia mensual de Lumion es de: 83.25 euros mensuales.

- Software de postproducción digital: Photoshop: El costo de la licencia mensual de Photoshop es de: 53 dólares mensuales.

- Software de interactividad: 3DVista Virtual Tour: El costo de la licencia única de un solo pago de 3DVista Virtual Tour: es de 499 euros mensuales.

Una vez considerado los softwares a utilizar, se elaborará un cronograma sencillo que aborde el tiempo estimado para modelar en 3D todo el entorno y objetos necesarios para lograr la inmersión y detalles necesarios del recorrido virtual 360°. Este cronograma se volverá una pieza que dictaminará el tiempo total estimado de modelado y con ello considerar al menos el costo total de la licencia de software de modelado 3D y claro, dará el primer acercamiento a tener una fecha de entrega del proyecto.

La siguiente tabla es una propuesta de tabla rellenable que considera cada objeto a modelar con texturizado base, en él, se considera el tipo de modelado con sus respectivos detalles solicitados y el tiempo estimado por el artista 3D.

Tabla 38

Tabla de Estimación de Tiempo Para Modelado Tridimensional y Texturizado

Referencia del objeto a modelar (Fotografía, plano o dibujo**)**	**Objeto**	**Tipo de Modelado**	**Detalles necesarios**	**Tiempo estimado (**Hrs**)**
Fotografía	Puerta 1 (Puerta de Madera)	Ortogonal	• Manija y cerradura (Modelado).	3hrs.

Fotografía	Puerta 2 (Puerta de Cristal)	Ortogonal	• Detalles de Acero en cerradura. • Detalles en madera (Textura). • Textura básica	3-5hrs.
Plano	Ventana de 2 o más hojas	Ortogonal	• Manija y cerradura (Modelado). • Manija • Solo los marcos y cristal	1-2hrs.
Fotografías	Kiosco	Ortogonal	• Detalles en el acero. • Mantener la mejor forma posible según • Modelado Ext. No requiere interior.	8-10hrs
Fotografías	Maceta/Jardinera	Ortogonal	• Solo geometría general de la maceta. • Textura básica.	1hrs.
Planos / Fotografías	Muros de Instalaciones / salones	Ortogonal	• Detalles visibles en fotografías, de no ser visibles, no modelar. • No requiere modelado interior (solo aquel visible como algunas columnas o vigas) • Textura básica	5-12hrs.
Planos / Fotografías	Domo / Cancha techada	Ortogonal / Orgánico	• Modelado (visible en fotografías y planos) • Detalles “sencillos” de la cubierta “domo”. • Textura básica	12-18hrs.
Planos / Fotografías	Senderos / Caminos	Ortogonal	• Contar con desniveles ligeros y con rampas • Textura básica	8-16hrs.

Nota. Elaboración propia. La tabla esta rellena con datos de ejemplo.

Bien, la anterior tabla fue rellenada según las estimaciones que puedo considerar al modelar una puerta, un salón, un detalle de acero, etc. Ahora bien, estas estimaciones están consideradas por objeto, es decir, el tiempo se estirará en relación de la cantidad de objetos, a pesar de esto, según lo que se visualiza en los planos del instituto tecnológico, las instalaciones son similares, es decir, se tratan de instalaciones ortogonales con variantes entre puertas 1 y 2, las ventanas son prácticamente iguales y varían según los detalles individuales, es decir,

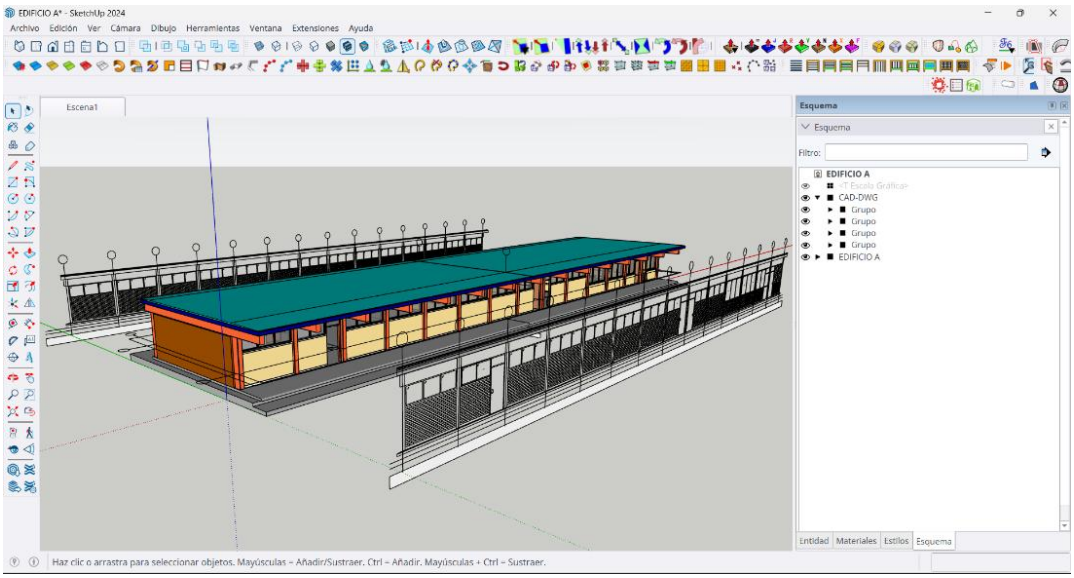
murales, jardineras, letra que lo identifica, etc. Las únicas instalaciones distintitas y de los cuales pueden presentarse mayores complicaciones y tomen posibles tiempos extras son:

- Kiosco
- Domo (cancha techada)
- Edificio N
- Edificio M
- Edificio V y W (estos edificios son iguales, pero varían en la forma de los muros exteriores con respecto al resto de las instalaciones).

Como se puede apreciar, de 30 edificios en total (según los planos), solo 6 son distintos al resto y 2 son prácticamente distintos, el kiosco es de baja escala (pocos m2) pero sus detalles en el acero y su forma hexagonal es un reto, también el domo, es sencilla la parte inferior, es decir, las columnas cilíndricas y la plataforma de madera son formas regulares, su complejidad viene del domo de acero y los detalles que este presenta. Teniendo en cuanta la información anterior, se tomará como ejemplo, el edificio A.

Figura 32

Imagen del Modelo 3D del Edificio A, del Instituto Tecnológico de Chetumal



Nota. Elaboración propia.

En la imagen se puede observar la forma regular que presentan la mayoría de los edificios del Tecnológico de Chetumal, como se puede apreciar, consta de al menos 6 puertas externas y al menos 38 ventanas. Ahora bien, el tiempo de modelado se puede ver reducida al uso repetitivo de objetos, es decir, con modelar una sola puerta deber ser suficiente para cumplir con la cantidad de objetos a utilizar, **a no ser**, que el plano indique otras dimensiones de ventanas y puertas comunes a utilizar.

Suponiendo un tiempo estimado de modelado de muros, losas, suelo, etc. De al menos 7hrs, más el tiempo de modelado de puerta 1 de al menos 3 hrs. y ventanas de 2 hrs. donde en este caso son 3 modelos distintos, se puede considerar unas 4hrs en ventanas. Teniendo así un tiempo total entre 10 a 14hrs para modelar el edificio A y mantener un texturizado básico con sus respectivos detalles.

Con esta base sencilla de un edificio de una sola planta, se puede hacer una base de tiempo multiplicando las 10 hrs mínimo (suponiendo mejorías de tiempo debido a la repetitividad de las instalaciones) por la cantidad de edificios, ósea, 24 x 10 hrs, dando un total de 240 hrs, suponiendo un trabajo de 8 hrs diarias, serian 30 días para terminar de modelar solo edificios de esta nivel básico, en todo caso, suponiendo el tiempo de 14hrs, nos da, 336hrs, ósea, 42 días para poder acabar con los modelos “repetitivos”. Ahora bien, observando las estimaciones del modelado de kiosco y domo son hasta de 12hrs o más, se puede considerar entonces como 16hrs o 2 días para modelar cada uno de estos edificios distintos, es decir, serian 80 hrs. Extras o 10 días adicionales de modelado 3D, es decir, 52 días de solo modelar las instalaciones del tecnológico.

Recalco, que estas estimaciones son generadas basadas en mi experiencia y la forma de trabajar dentro de los softwares individuales, además, las hrs que se logren “salvar” o recuperar debido a la facilidad o que el modelo resulte más sencillo, estas horas deberán ser utilizadas

para terminar otros modelados más complejos. Si bien la cantidad de horas puede seguir creciendo, es decir, falta el modelado de andadores, senderos, luminarias, etc, se tiene que tener presente en todo el momento del desarrollo del modelo 3D el software de modelado 3D seleccionado, básicamente, es una herramienta tan fundamental como AutoCAD para la visualización de los planos. Al menos las estimaciones en días, nos menciona 52 días o 2 meses, dos meses de uso del software SketchUp.

Ahora bien, la estimación de los tiempos de uso de los otros softwares dependerá en gran medida de la experiencia que se posea en ellos, es decir, yo estimo que un tiempo de 1 a 2 meses de uso de Lumion, es suficiente para poder obtener los renders necesarios para generar el recorrido virtual. Otros softwares como Photoshop o 3DVista Virtual Tour tal vez sean necesarios por 15 días, sin embargo, las licencias se pagan por mes, además de considerar solo necesario el uso de AutoCAD solo en las primeras etapas del desarrollo del modelado, a partir de allí, serán utilizables en el propio software de SketchUp.

En base a los costos de licencia según en las páginas oficiales de cada software, y el hecho de presentarse la entrega en un tiempo estimado de 4 a 6 meses (suponiendo los 6 meses solo a SketchUp para corrección de modelos 3D), el costo total de estas licencias asciende aún más, por lo tanto. El costo en uso de licencias se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 39

Tabla de Estimación de Costo de Licencias

Software	**Costo de Licencia mensual (MXN)**	**Total (Meses necesarios)**	**Costo MXN (Total de licencia)**
AutoCAD	3,250	2	6,500.00
Lumion	1,669.19	2	3,388.38
SketchUp	1,752.80	6	10,516.80
Photoshop	928.98	1	928.98
3DVista Virtual Tour	10,005.10	1	10,005.10
		Total:	$ 31, 339.26

Nota. Elaboración propia.

Según las estimaciones se tendrá un costo solo de licencias de al menos $ 31, 339.26 pesos mexicanos.

- Esfuerzo necesario para ejecutar el recorrido.

Para este punto usara la tabla X de *Tabla de Relación entre Capacidad de Hardware y Calidad de Render.*

En base a esta tabla, como punto principal que se busca, es la alta calidad de renderizado, la máxima calidad que ofrece Lumion es de 4k, además, en base a los requisitos que necesita Lumion, según la tabla, debería ser suficiente el nivel de ***Profesional***, sin embargo, Lumion debería ser ejecutado con un nivel de desempeño ***Avanzado*** , es recomendable entonces, hacer test de rendimiento y de proyectos anteriores para confirmar si esta capacidad de hardware es suficientes para cumplir con las características del recorrido virtual.

Por lo tanto, la demanda de hardware esta entre:

Avanzado (alto rendimiento)	Gama alta (i7 / Ryzen 7)	GPU alta (8-12 GB, RTX)	16-32 GB	2k (2560x1440)	Medio-alto (minutos-decenas)	Alta	Escenas complejas, iluminación global, materiales PBR.	Hibrido (GPU + CPU)	Presentación profesional.
Profesional (optimo)	Alto rendimiento (i9 / Ryzen 9)	GPU muy alta (12-24 GB, RTX)	32-64 GB	4k (3840x2160)	Alto (decenas-horas)	Muy alta / Fotorrealista	Alta densidad geométrica, iluminación avanzada, vegetación detallada.	Ray tracing / Path tracing	Marketing, renders finales.

También, en estos casos, es recomendable jugar con los valores o ajustes internos que ofrece el motor de renderizado, para aprovechar lo mejor posible el hardware presente.

- Presupuesto / Costo de la elaboración del recorrido virtual 360°.

Para este apartado, hare uso de las tablas x *Cálculo de Costo Operativo y la tabla x Niveles de Complejidad.* Además de sustentar mi tarifa por hora según la tabla de tarifas sugeridas. Usando la tarifa de nivel Junior, es decir, tarifa de $90 pesos mexicanos por hora.

Para considerar el costo de licencias, dividiré el costo total de las licencias entre el tiempo total que propuso y fijo el cliente, es decir, 6 meses como máximo, por lo tanto, el costo por mes es de: $ 5,223.21

Tabla 40

Cálculo de Costo Operativo

Concepto	Mensual
Software	$ 5,223.21
Energía Eléctrica	$600
Internet	$500
Desgaste de equipo	$1,000
Total:	$7,323.21

Nota. Elaboración propia.

Ahora, en base de este costo operativo mensual, se debe dividir entre la cantidad de renders mensuales. Suponiendo una cantidad de 50 renders mensuales, obtendremos: $7,323.21 / 50 = **$147 por render.**

(Su puse una cantidad de 50 renders mensuales, debido a la estimación de cantidad de tomas o renders panorámicos totales del recorrido virtual y el uso de la licencia mensual de Lumion, es decir, 2 meses para lograr obtener la cantidad total estimada de tomas panorámicas).

Tabla 32

Niveles de Complejidad

Nivel	Características	FC
Baja	Escena simple, con pocos materiales e iluminación sencilla sin recursos extras.	x1.0
Media	Escena con Interiores estándar, con iluminación y texturizado básico y baja cantidad de recursos extras.	x1.2
Alta	Escena con más detalles en modelo general y modelos extras, además mayor complejidad de Vegetación e iluminación.	x1.5
Muy alta	Escena con altos detalles en modelos 3D y uso de recursos extras de alta calidad para ofrecer resultados fotorrealistas.	x2
Ultra	Proyectos donde se necesiten animaciones y o se traten de entornos masivos.	X3+

Nota. Elaboración propia.

Ahora, en base al costo por render, el costo por hora y el factor de complejidad, se presenta el siguiente costo por render:

CR = [(HT x TH) + CO] x FC

Ejemplo:

Variable	Valor
HT (Horas trabajadas)	8 horas
TH (Tarifa por hora)	$90.00 MXN/hr.
CO (Costo operativo)	$147 MXN
FC (Complejidad del proyecto)	1.5

CR = [(8 x 90.00) + 147] x 1.5 = $1,300.00 MXN

Por lo tanto, la creación de un render de estas características costaría $1,300.00 MXN

Ahora, cuánto costaría el recorrido completo, esta estimación, es resultado de la multiplicación de costo por render y la cantidad total de tomas, es decir, en base al bosquejo del cliente y un análisis calmado y minucioso del recorrido con el fin de otorgar la mejor calidad posible a nivel visual y de experiencia de usuario, la cantidad de renders finales varia, por lo tanto, al hacer este análisis, se obtuvo que serán necesarios alrededor de 100 renders para lograr el recorrido virtual, por lo tanto, el costo total por generar todo los renders es de: 100 renders panorámicos X $1,300.00, es un total de: $130,000.00 MXN.

Este costo es una estimación del costo total, además es necesario mencionar que el costo, no considera algún impuesto, además, solo se está considerando los costos para elaborar los renders, es en este punto donde se puede negociar con el cliente el producto final, debido a que falta el costo por montar todas las tomas en 3DVista Virtual Tour, por lo tanto, este costo final es flexible según lo que se tenga que cubrir durante la elaboración del proyecto y las posibles negociaciones con el cliente o m}posibles modificaciones visuales a los renders para poder costear el proyecto.

Fase 1: Recolección de información técnica y visual para el desarrollo de la propuesta

Este proyecto, al tratarse de algo más técnicos, donde ya se presentan planos elaborados es necesario contar como mínimo con lo siguiente.

- Recolección de planos proporcionados.

Opción A. cuando el proyecto cuenta con planos arquitectónicos previos.

- Mínimos necesarios para trabajar:
- Plantas de conjunto.
- Plantas arquitectónicas.

- Cortes.
- Fachadas.
- Planos de topología.
- Cortes por fachada.
- Planos de áreas verdes y de jardinería.
- Planos de acabados.
- Corroboración en sitio.
- Referencias fotográficas.
- Referencias videográficas.

La información proporcionada se corroboro mediante visita en sitio y levantamiento fotográfico. Además, debido a las limitaciones en los planos solo se cuenta con los siguientes:

- Plantas de conjunto.
- Plantas arquitectónicas.
- Cortes.
- Fachadas.

La falta de los demás planos se compensó con el análisis de la evidencia fotográfica del sitio, así como el análisis y visualización de un modelo 3D anterior entregado por el cliente, de esta manera se completa el análisis y elección de medidas para la elaboración del modelado tridimensional.

Es necesario aclarar que esta decisión esta fundamenta por el hecho de que el cliente quiere un modelado 3D que respecto los planos que se presentan y en caso de no existir alguna referencia técnica, no encuentra inconvenientes de reinterpretar medidas o formas, mientras estos no afecten la coherencia del espacio y por ende no termine creando confusiones a los usuarios finales.

Como nota, los planos al ser documentos oficiales proporcionados por parte del Instituto Tecnológico de Chetumal no se podrán acceder de alguna manera en el apartado de “Anexos”.

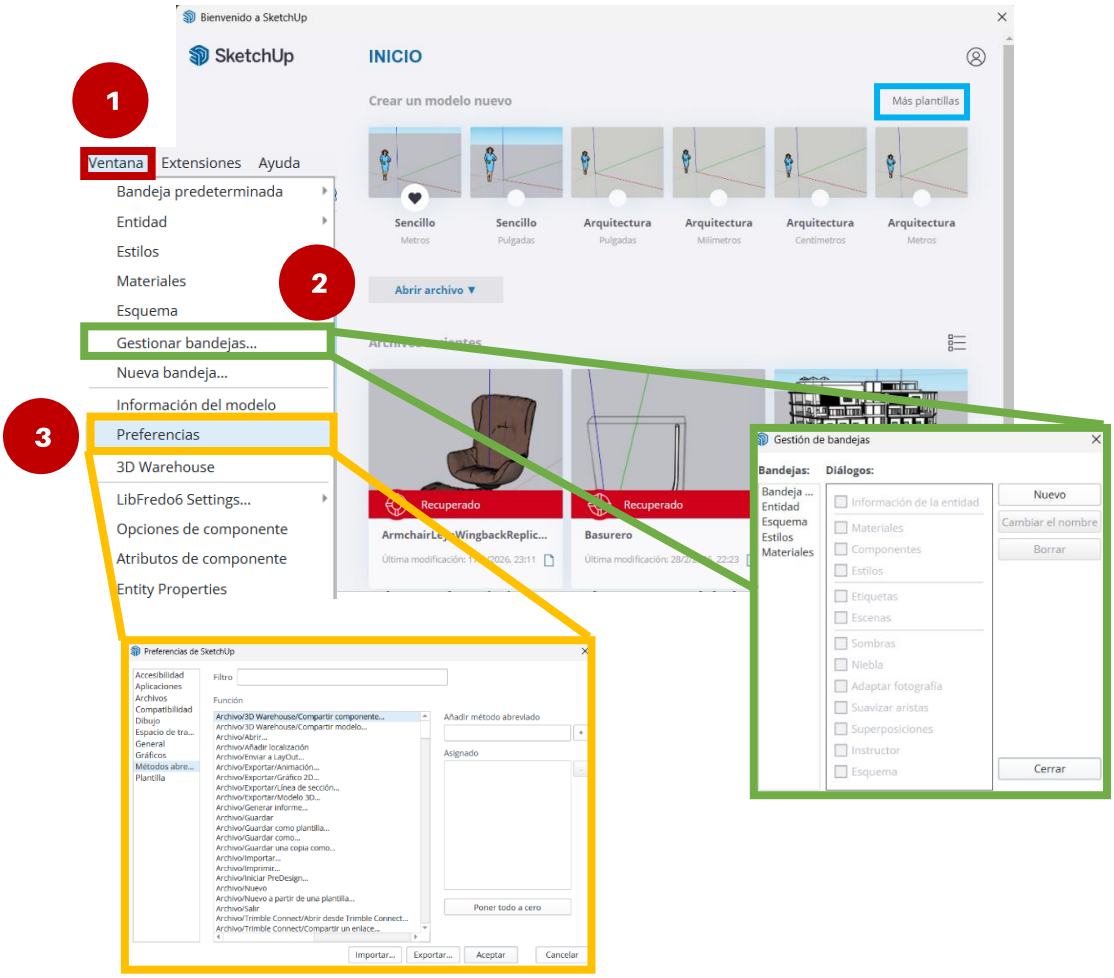
Fase 2: Modelado arquitectónico 3D

- Preparación del entorno de trabajo.
  - Bandejas

En esta fase se mostrarán los cambios en los ajustes del software de SketchUp a través de imágenes con la finalidad de abordar estos cambios con mayor facilidad.

Figura 33

Preparación del Entorno de Trabajo, Bandejas Y Preferencias de SketchUp

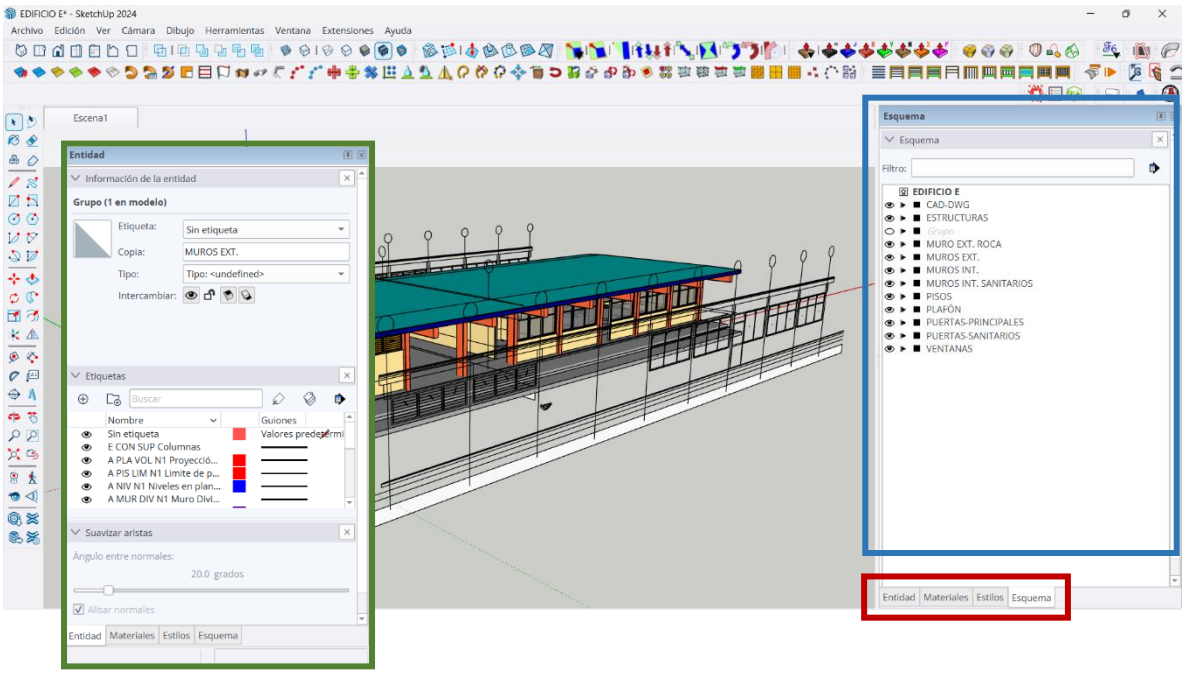


Nota. Elaboración propia.

En la imagen se señala mediante rectángulos de colores, 2 ajustes que considero principales a la hora de configurar un archivo de SketchUp. Los ajustes de preferencias del área de trabajo y las bandejas. El primero (el color amarillo) es esencial para configurar varios apartados del entorno de modelado 3D y el segundo (el color verde) es útil para organizar de mejor manera las herramientas necesarias para poder trabajar sin complicaciones, es decir, las bandejas permiten mantener u entorno de trabajo más limpio y controlad, facilitando observar datos como de organización de esquema, materiales, estilos, etc.

Figura 34

Ejemplo de uso de Bandejas Dentro del Entorno de Trabajo de SketchUp



Nota. Elaboración propia.

En la imagen anterior, se puede apreciar del lado derecho un recuadro, el recuadro rojo marca los 4 apartados que considero más útiles, ordenándolos de izquierda a derecha, siendo, los siguientes:

- Entidad
- Materiales / texturas
- Estilos
- Esquema (marcado en recuadro verde)

El uso de las bandejas permite una mejora significativa a la hora del modelado tridimensional, es decir, se puedo trabajar en el modelado, la texturización y la corrección de polígonos, de esta manera, el observar cada modelo se vuelve más fácil y permite ahorrar tiempos entre modelados tridimensionales.

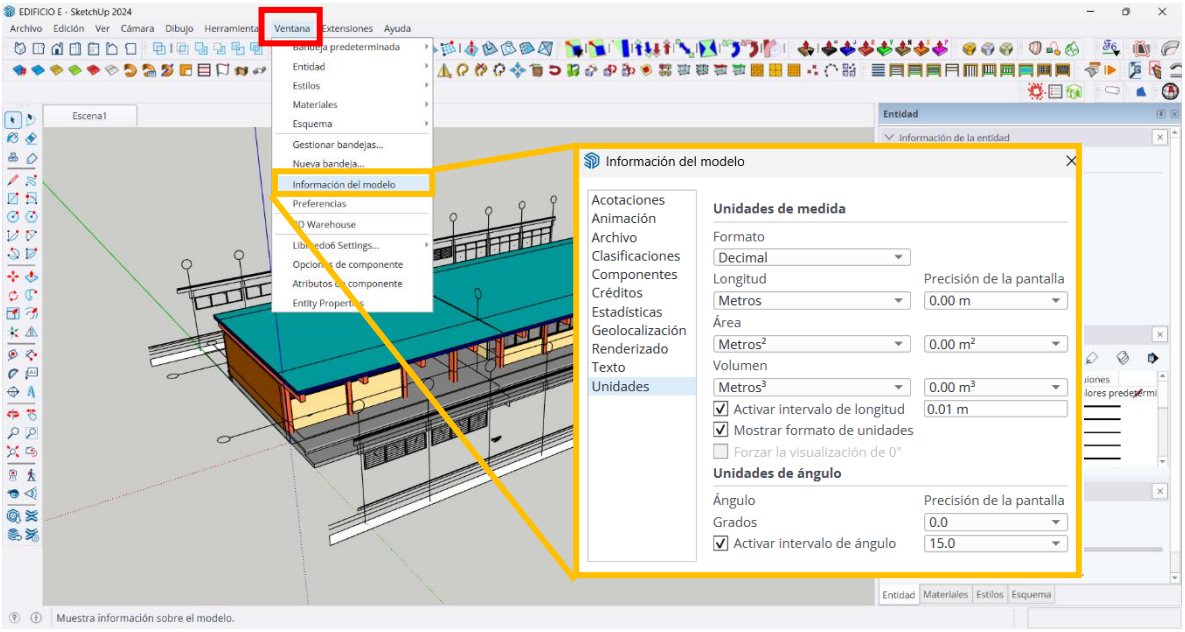
- Unidades de medida.

Esta configuración se hace recordando el uso común que se les presta a las unidades, siendo las siguientes un ejemplo de su empleo:

- *Los metros (m) son usados para modelado arquitectónico*.
- *Los centímetros (cm) son comúnmente usados en el modelado de diseño de interiores y productos*.
- *Los milímetros (mm) el uso de milímetros es más usado para precisión ya sea para el diseño de productos o impresión 3D, incluso o en trabajos de precisión en puertas y ventanas de aluminio.*

Figura 35

Ejemplo de Entrada a la Configuración de Unidades



Nota. Elaboración propia.

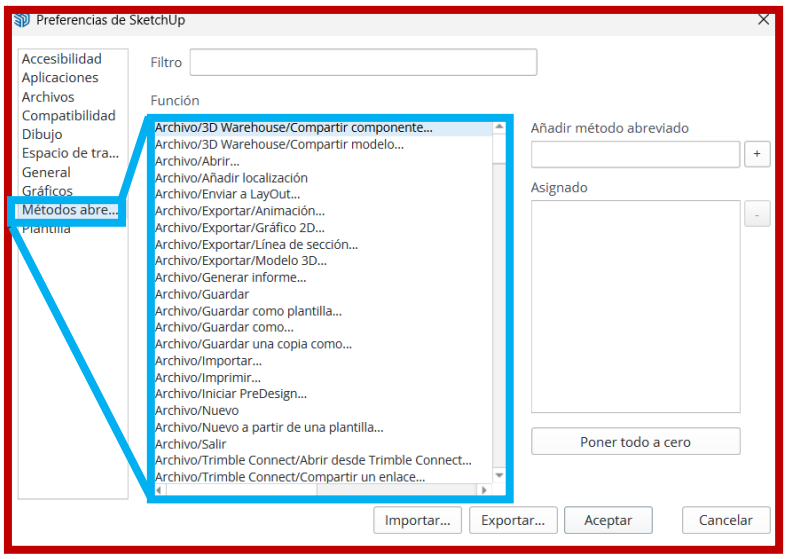
En la imagen anterior se puede observar cómo entrar al apartado de “información del modelo” este apartado permite mayores cambios, a pesar de esto, el más común y útil son las unidades, de este modo, como se puede observar en la imagen, las unidades las eh dejado en longitudes de metros y áreas en m2, si bien estas unidades son usadas principalmente para el modelado arquitectónico, también fueron seleccionadas debido al tiempo que se llevan usando en proyectos anteriores, por lo tanto se facilita su uso.

- Hotkeys.

Es necesario recordar que no es obligatorio la configuración de estas Hotkeys en el software de modelado 3D, sin embargo, la mayoría de estos programas son pensados para trabajar con este flujo de trabajo con teclado y mouse.

Figura 36

Preparación de Métodos Abreviados Para Configurar Hotkeys en Sketchup 2024



Nota. Elaboración propia.

En la figura X, se puede observar cómo entrar al apartado de “Preferencias de SketchUp”, de esta manera, al entrar se desplegará una ventana en el cual se accede al apartado de “Métodos Abreviados”, estos métodos abreviados o Hotkeys dependerán según las preferencias del profesional, en este proyecto, así como en otros, se tienen configurados algunos Hotkeys sencillos pero muy útiles para trabajo de modelado tridimensional continuo.

Los siguientes Hotkeys que se tienen configurados en SketchUp 2024 son aplicados y utilizados no solo en la creación de este proyecto, si no en muchos otros.

- Ocultar el resto del modelo – Asignado a “Alt+Q”
- Crear grupo – Asignado a “Ctrl+Alt+G”

Solo se anexo el hotkey “Ocultar el resto del modelo” de manera nativa en el software de SketchUp, el hotkey de “Crear grupo” se creó con el fin de usarse como “macro” desde el software

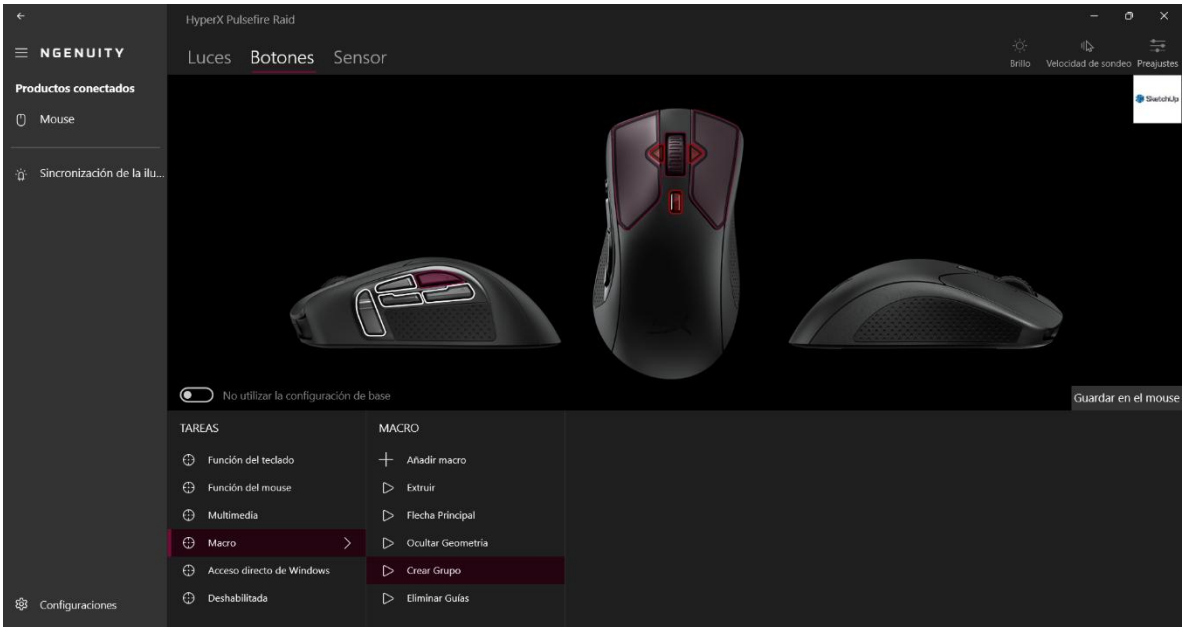
nativo del mouse que se utilizó para la elaboración del proyecto, así como este macro, se aplicaron otros como:

- Ocultar Geometría
- Extruir
- Flecha Principal
- Eliminar guías

Como se mencionó al inicio de este punto, los Hotkeys son a preferencia del profesional, para este proyecto se configuraron estas Hotkeys para ser utilizados de manera más fluida entre teclado y mouse, de esta manera, el proceso de modelado se vuelve aún más fluido y se reducen lapsos de tiempo entre modelados.

Figura 37

Software del Mouse Utilizado Para la Configuración de Macros



Nota. Elaboración propia.

- Extensiones: Plugins.

Para este punto de la fase de modelado 3D, se consideró necesario herramientas externas que ayuden y faciliten no solo el modelado 3D sino también la optimización de los modelos 3D, estas herramientas esenciales se observan en Plugins como:

Plugins para modelado tridimensional:

- 1001bit Pro
- TrueBend
- Shape Bender
- Make Face
- Clothworks
- Skatter

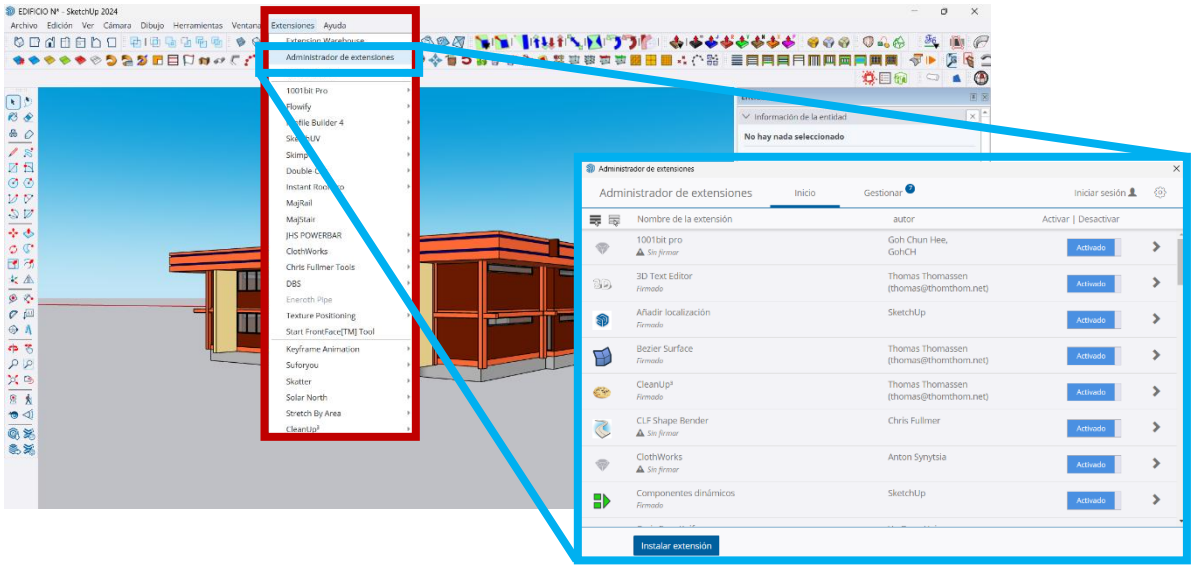
Plugins para optimización de modelado tridimensional:

- Solid Inspector
- CleanUp
- Skimp

La utilización de estos Plugins es por motivos de la falta de herramientas que proporciona de manera nativa el software de SketchUp, esto incentiva a la utilización de complementos que permitan una mayor maniobrabilidad de modelado tridimensional.

Figura 38

Ejemplificación de Como Entrar y Gestionar los Plugins Dentro de SketchUp



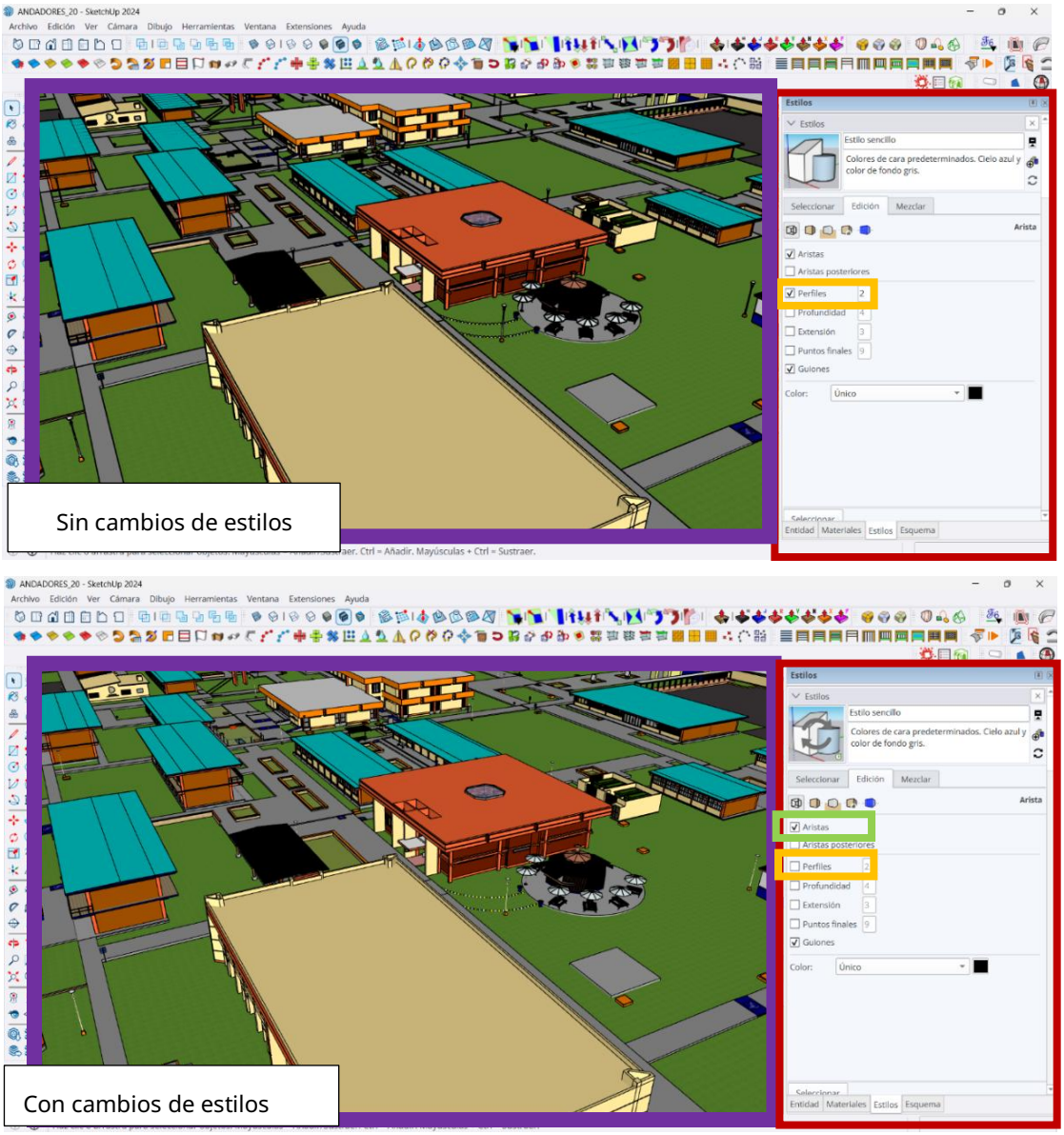
Nota. Elaboración propia.

- Estilos: Aristas y Perfiles.

En este punto de la metodología, para la elaboración del proyecto, tan solo se manipulo un apartado de la bandeja de estilos, esto con el fin de bajar la demanda computacional de la gráfica, es decir, no se optimiza el modelo tridimensional en sí, en realidad, las escenas se vuelven más “ligeras” al demandar un poco menos de la tarjeta gráfica dedicada.

Figura 39

Aplicación de Estilos Para la Elaboración y Ejecución del Proyecto



Nota. Elaboración propia.

Como nota, el valor determinado en SketchUp, es de 2, un valor estable y útil, sin embargo, al tratarse de proyecto con varios polígonos o de gran escala, este valor es suficiente para presentar problemas al ejecutar y trabajar dentro de un modelo tridimensional.

Como se puede observar en la figura anterior, el único ajuste afectado en la bandeja de “Estilos” es el apartado de “Perfiles”, este ajuste modifica el grosor de los perfiles o aristas que se observan en el entorno de modelado tridimensional de SketchUp, este grosor tiene un mínimo de 1 y un máximo de 20, claro está que entre menos sea este valor, la demanda grafica será menor, por lo tanto para proyectos grandes es conveniente reducir o desmarcar este valor para evitar “tirones” o “retrocesos” de la imagen al moverse o desplazarse entre el modelado y las escenas. Otro ajuste que se puede aplicar en los estilos, es el aparatado de “Aristas” (marcado en el recuadro verde), este permite no visualizar las aristas de los modelos tridimensionales, de esta manera la demanda grafica es aún menor, este ajuste es perfecto para visualizar escenarios muy complejos, con alto nivel de detalles en aristas o de gran cantidad poligonal.

- Modelado en el origen de los ejes X, Y, Z. (0,0,0)

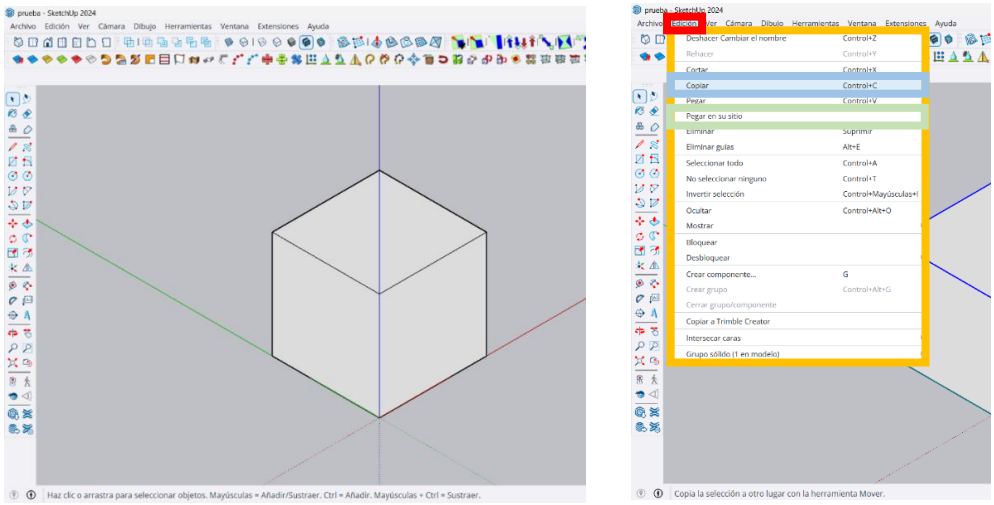
Este punto del modelado en el origen es más una recomendación del cómo se trabaja con varios objetos, es decir, todo modelo que se realice para el proyecto se deberá cuidar la posición de las coordenadas. El cuidado de las coordenadas facilita la colocación de modelos 3D en lugares específicos en casos de modelado preciso.

De esta manera, por ejemplo, se puede modelar los senderos sin complicaciones y con ayuda de los planos identificar la posición correcta de las instalaciones, de esta manera desde un archivo distinto de SketchUp se puede modelar las instalaciones sin complicaciones de peso, cantidad de polígonos, texturas, etc., cuando estos modelos estén listos, solo es necesario copiar y pegar según la posición correcta, claro, es necesario recordar que será fácil debido a que el proyecto se estará guiando de los planos para determinar las posiciones de las instalaciones existentes.

Es útil tener en cuenta que SketchUp no muestra coordenadas en sí, es decir, no presenta algún panel que muestre coordenadas (x=0, y= 0, Z=0), sin embargo, la información que se guarda dentro de cada grupo o componente también considera las coordenadas o posición del objeto dentro del entorno de modelado, esto es útil para modelar objetos que posteriormente se añadirán a un conjunto de modelos como se presentara en el proyecto del Tecnológico de Chetumal.

Figura 40

Muestra de Utilización de las Coordenadas Como Guía de Modelado Complejo



Nota. Elaboración propia.

El cubo de la izquierda se muestra modelado en la intersección de las coordenadas (0,0,0), la parte derecha de la figura muestra un panel que se despliega al entrar en “Edición”, este panel permite ver 2 apartados esenciales para el modelado con coordenadas, el aparatado de “copiar” y “pegar en su sitio”, este último, que está marcado por un rectángulo verde, es muy versátil, permite crear copias y pegarlas respetando su posición del origen que fueron copiadas, una herramienta útil para el modelado de múltiples piezas o de gran escala como es el caso del proyecto del Tecnológico de Chetumal.

Figura 41

Ejemplificación del uso de Coordenadas en el Proyecto



Nota. Elaboración propia.

La base general del modelo se trata del “césped”, este ayuda a saber dónde está colocado realmente el edificio N, a pesar de esto, se puede notar como el edificio N está alejado de las coordenadas de origen, a pesar de ello, termina siendo conveniente a la hora de llevar dicho modelo al modelo general de todo el Tecnológico de Chetumal.

- Nomenclatura en el modelado tridimensional.

Para este punto, la parte de la nomenclatura para la organización exterior se fue abordando según el desarrollo del proyecto con el tiempo, sin embargo, la nomenclatura interior, es decir, dentro del software de modelado tridimensional, es esencial para no perder de vista los modelos más comunes o repetibles como son puertas, osas, ventanas, etc.

Se empleo el uso de una nomenclatura más extensa, es decir, se tomó la propuesta compleja arquitectónica, que considera varios aspectos, siendo este el siguiente:

Propuesta compleja arquitectónica:

- CAD
  - Referencias de planos CAD
- IMG. – REF.
  - Referencias de imágenes o sketches.
- CIM (cimentación)
  - Suelo / Losa de desplante
- Muros
  - Muros principales / Muros portantes
  - Muros Secundarios / Muros divisorios
- EST (estructura)
  - Columnas
  - Trabes
- VTAs
  - Ventana 00
  - Ventana 01
  - Ventana 02
- PTAs
  - Puerta 00
  - Puerta 01
  - Puerta 02
- Losas
  - Losa de entrepiso
  - Techo
- Mobiliario

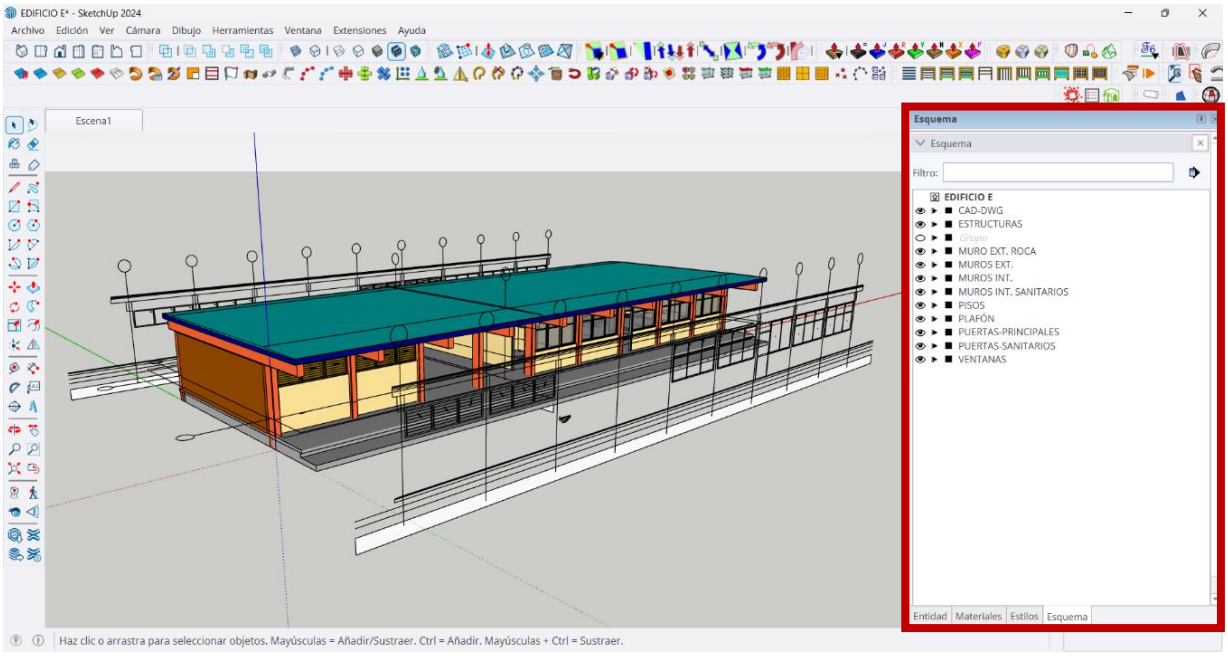
- VEG., (Vegetación / Áreas verdes)
- CAM. – (Caminos / Senderos)
- VIAs. – (Vialidades)

- Puerta 02
- Banquetas
- Guarniciones
- Calles

Se redujeron algunos puntos de la nomenclatura propuesta en la metodología, sin embargo, es lo suficiente para entender el conjunto del modelo 3D.

Figura 42

Aplicación de Nomenclatura, Vista Desde la Bandeja de "Esquema"



Nota. Elaboración propia.

- Selección de forma de modelado (en SketchUp).

De manera general, para este proyecto se realizó en su gran mayoría bajo operaciones booleanas, además de hacer uso de la bandeja de “Esquema”, esta bandeja permite visualizar, organizar y manipular de mejor manera los modelos 3D, así mismo, como se ha venido comentando, se utilizaron Hotkeys para modificar y ahorrar tiempo en el proceso de modelado tridimensional. Como dato a mencionar, SketchUp solo trabaja mediante polígonos extruidos o “modelado digital poligonal”, es decir, no se puede modelar mediante técnicas distintas como el esculpido o mediante modificadores ya sean sencillos como Mirror, Subdivision Surface o complejos como los Geometry Nodes.

- Modelado con uso de operaciones booleanas.

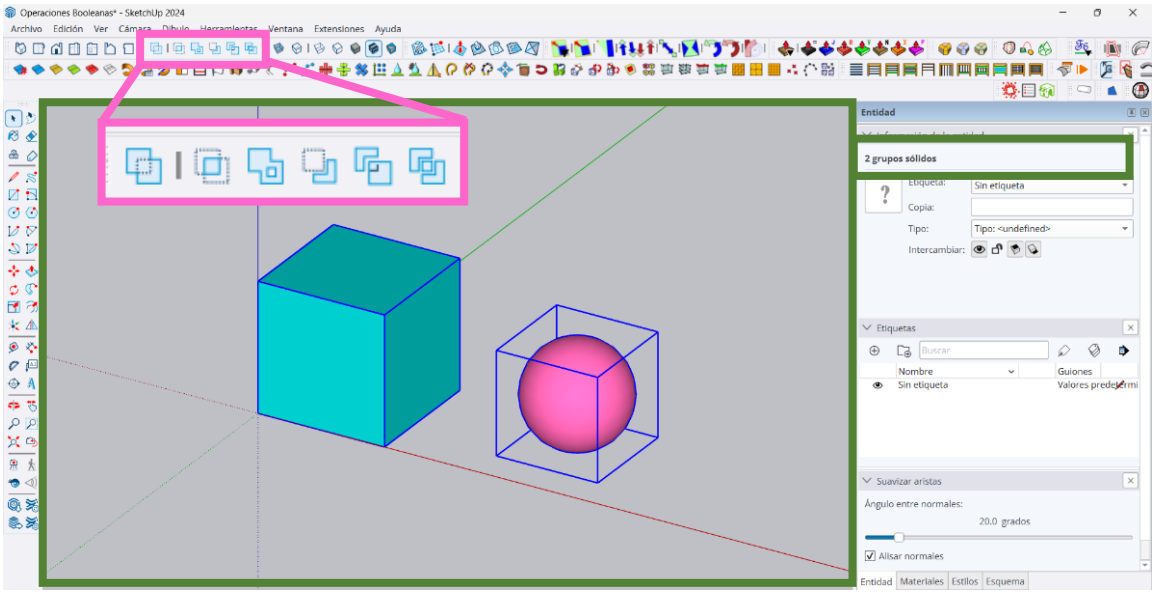
Para el modelado tridimensional en SketchUp, es necesario tener en cuenta que dentro del software, existen 3 “grupos” o “identificadores” de los modelos 3D, existen los “polígonos”, “Grupos” y “Componentes”, el primero está compuesto por una cara, vértices y aristas, los últimos 2 son básicamente volúmenes que presentan información como la cantidad de caras, aristas y vértices, además, dentro de SketchUp, se manejan los “Solidos”, estos son volúmenes que pueden ser afectados por las operaciones booleanas, en caso de no ser un sólido, el software lo marcara como “Grupo”, otra manera que se puede presentar, es sin nombre, es decir, el software no marcara la existencia de una cara o una arista como un grupo o componente, por lo tanto siempre es mejor hacer grupos, al menos como manera de observar el modelo en todo momento y así ubicar la geometría de alguna manera.

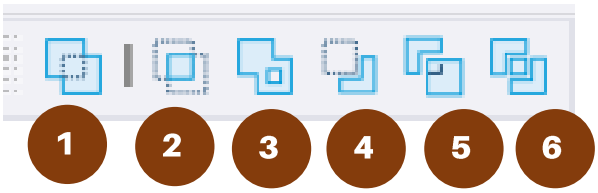
Ahora bien, se consideró en gran medida el modelado a través de operaciones booleanas, esto debido a ser una de las mayores herramientas o “modificadores” que ofrece SketchUp, es útil mencionar que este modificador es altamente destructivo, es decir, al aplicarse una operación booleana, rompe con la geometría que se presenta en el modelo, esto puede considerarse

negativo si se busca manipular la geometría a posteriori, sin embargo, para poder avanzar en el proyecto, es recomendable realizar copias de seguridad de cada modelo, de este modo, de ser necesario remodelar, ya se tendría una copia del modelo que se está realizando, otra manera, es realizar copias dentro del propio archivo original, esta manera es más “rápida” ya que no se sale del archivo original del modelo, sin embargo de no ser ordenado y nombrar cada modelo, en la bandeja de “Esquema” se podrá observar cómo cada modelo se presentan en desorden y eso puede terminar llevando a presentar un modelo 3D totalmente complejo, desordenado y en casos extremos se puede presentar geometría innecesaria, aumentando el peso y las probabilidades de que el software falle, ya que SketchUp no presenta una buena optimización.

Figura 43

Ejemplos de Aplicación de Operaciones Booleanas





1.- Revestimiento: Combina varios solidos en uno y elimina la geometría interior.

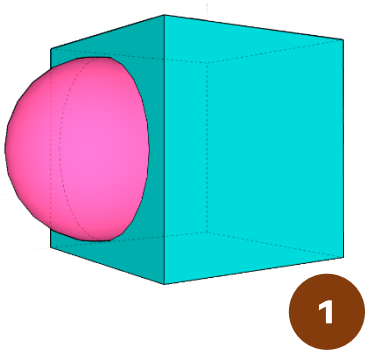
2.- Intersecar: Combina varios solidos de intersección y solo conserva la geometría superpuesta.

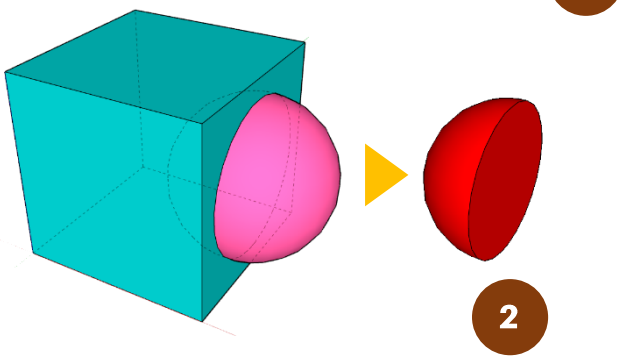
3.- Unir: Combina varios solidos en uno conservando la geometría interior.

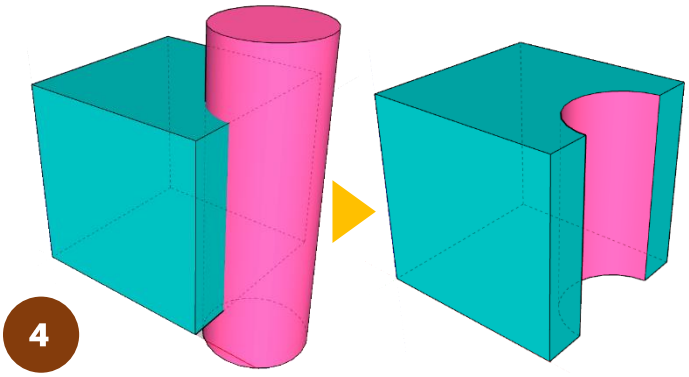
4.- Sustraer: Resta un sólido de otro sólido seleccionado; conservando solo el resultado final.

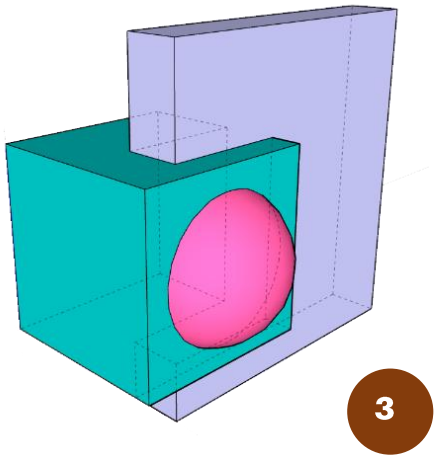
5.- Recortar: Resta un sólido de otro sólido seleccionado; manteniendo el primer sólido y el resultado de la operación.

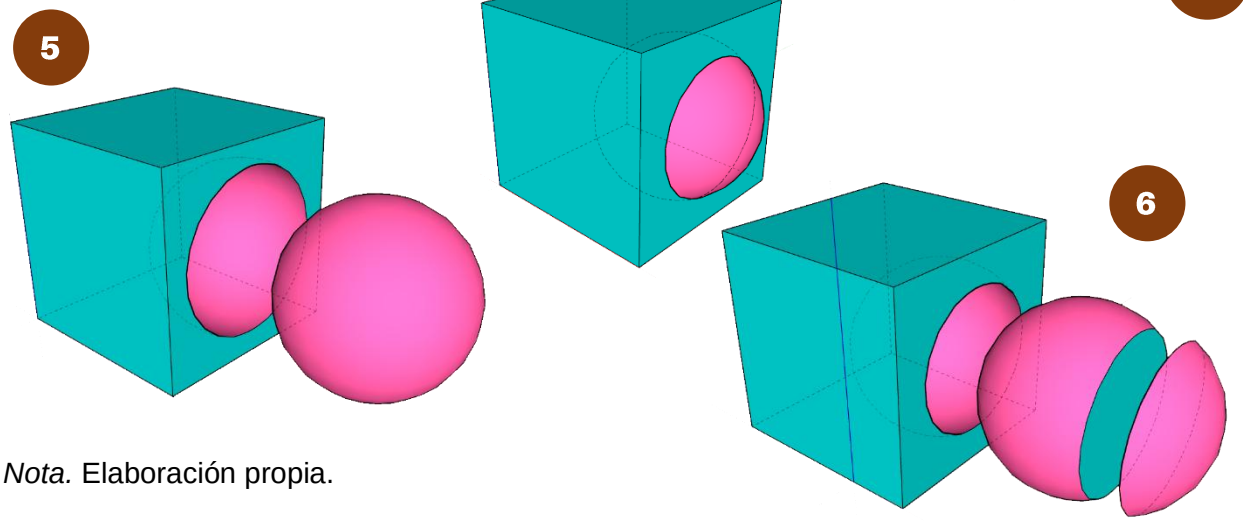
6.- Dividir: Divide dos solidos de intersección, conservando la geometría de intersección/solapamiento/superposición de grupos.











Nota. Elaboración propia.

- Uso y consideraciones del modelado por grupo y componente.

Para este apartado, dentro del software de SketchUp no existen reglas marcadas o alguna metodología oficial para la creación de grupos o componentes, sin embargo, para este proyecto se tuvieron algunas consideraciones para poder modelar de la manera más optima y rápida en el modelado tridimensional.

Como se mencionó anteriormente, los grupos o componentes son “solidos”, claro está que pueden presentar errores que hagan que el software no los reconozca como un sólido, por lo tanto, Plugins como “Solid Inspector” ayudan a inspeccionar los modelos que se realicen, en todo caso, siempre es bueno observar los grupos o componentes creados, esto para optimizarlos desde la fase de creación, evitando así múltiples errores en conjunto con muchos grupos o componentes que se creen en la marcha, ahora bien, otra característica que diferencia a los grupos de los componentes son su comportamiento interno, ambos se pueden modificar de ser necesario, pero al crear copias de “Grupos” estos serán independientes unos de otros, siendo efectivos para detalles únicos o modelos que no se busquen modificar, como edificios, tuberías, mobiliarios únicos, etc. Los componentes son totalmente lo opuesto, toda copia que provenga de un componente se verá afectado al modificar dicho componente de origen, los componentes se vuelven útiles al ser usados en modelos repetitivos, como son puertas, ventanas, columnas, vigas, algunos detalles o muebles repetitivos.

- Modelado con uso de Hotkeys.

Para este punto, básicamente se emplearon los Hotkeys, es decir, utilizar el teclado y el mouse de manera conjunta para modelar de la manera más optima y eficiente para poder ahorrar tiempos entre modelos tridimensionales.

- Consideraciones previstas en el nivel de detalle.
  - Consideraciones del modelo 3D para evitar detalles excesivos.

A nivel de detalle de modelado, entendiéndose en esta fase de “Modelado Tridimensional” como, más detalle es igual a más geometría, es necesario observar y tener presentes las consideraciones del cliente, para este proyecto se consideraron las fotografías tomadas en el sitio para poder observar que detalles son útiles para guiar al usuario, eh de decir que el ser estudiante del Tecnológico de Chetumal me facilito el detectar que detalles son más visibles al andar por los caminos del Tecnológico, esto ayuda a saber que detalle es necesario, los detalles pueden ser letreros, rampas para discapacitados, jardineras, senderos de tierra en el césped, algún tipo de vegetación, murales o materiales reconocibles en el sitio.

- Considerar las ventajas y desventajas de ciertas formas de modelar 3D en SketchUp.

- Texturización base

- Criterios de texturización previo a exportar al software de renderizado.

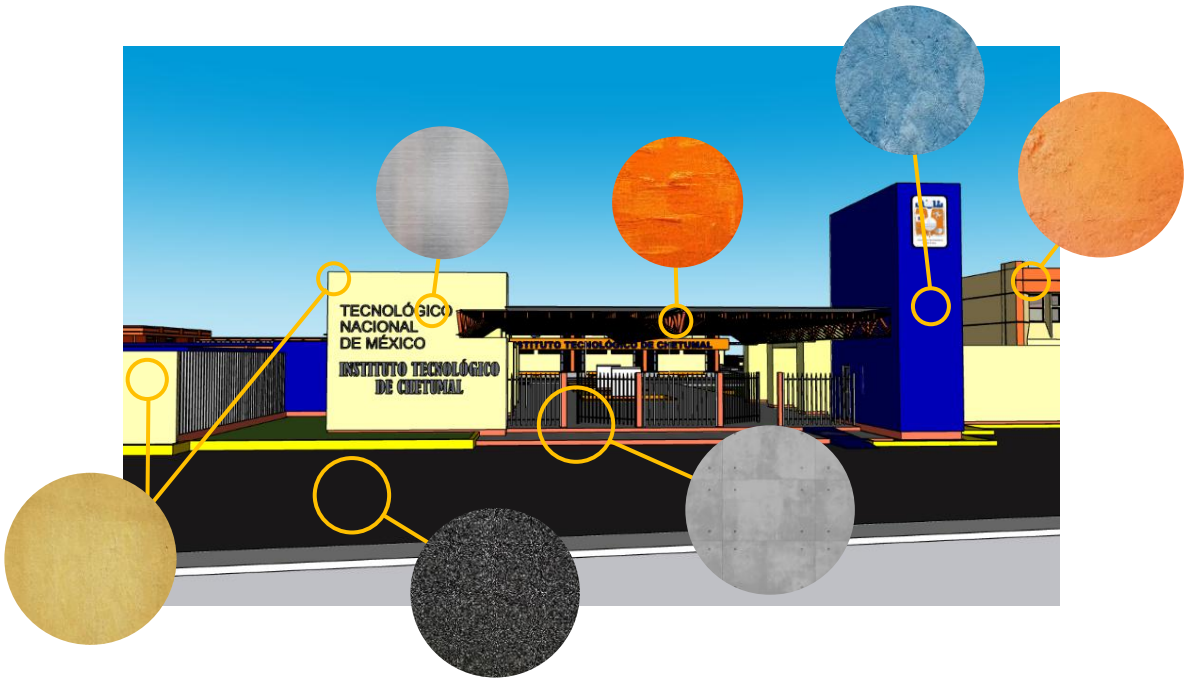
Para este proyecto, se decidió usar el criterio del color y el uso de texturas predeterminas de SketchUp como medio para aplicar las texturas finales en Lumion. Es decir:

- Textura de cristal predeterminada: Cristal
- Café: madera
- Gris claro: aluminio
- Gris medio: acero o cromo
- Gris oscuro: pavimentos
- Textura de concreto liso: Placas de concreto
- Negro: metal pintado de negro
- Verde claro/Textura de césped: césped
- Azul claro: plásticos azules
- Azul cielo: Concreto pintado de azul cielo
- Naranja claro: plásticos naranjas

- Textura de metal corrugado: Acero pintado de blanco
- Naranja alfanumérico “B04”: Acero pintado de naranja
- Azul oscuro: Muros de concreto “pintado de azul”
- Naranja: Muros de concreto “pintado de naranja”
- Amarillo pálido: Muros de concreto “pintado de Amarillo”
- Amarillo fuerte/vibrante: Guarnición pintado de amarillo

Figura 44

Aplicación del Criterio del Color Como Medio de Textura



Nota. Elaboración propia.

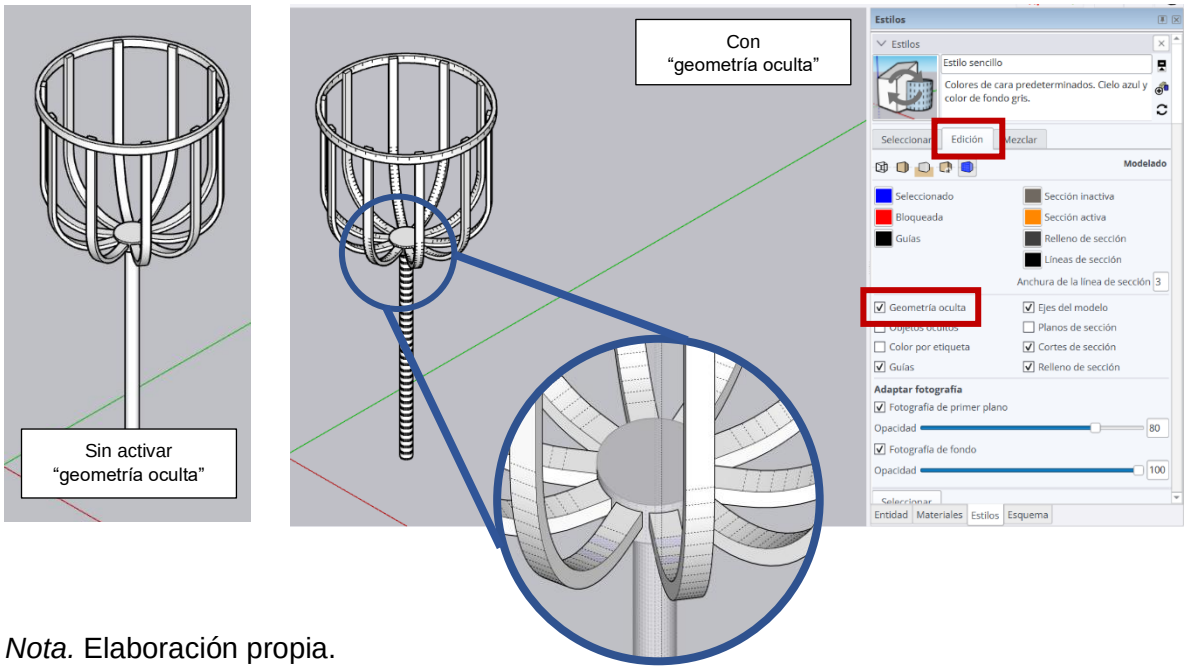
- Optimización del modelo
  - Retopología.

Realizar una retopología en modelos tridimensional dentro de SketchUp es difícil, esto principalmente a que el software no parece estar pensado para esto, es decir, es complicado observar cómo está conformado los volúmenes y remodelarlos de ser necesario, sin embargo,

esto es algo posible a través de aplicar algunos ajustes en la bandeja de “Estilos” y algunas consideraciones extras.

Figura 45

Activación de Geometría Oculta en la Bandeja de Estilos



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar del lado izquierdo el cómo se observa un modelo 3D sin activar la geometría oculta, útil si no hace falta, sin embargo, de ser posible o necesario, se puede activar y se visualizará como en el lado derecho, de esta forma se podrá ver toda la “malla” que conforma el modelo, con este se pueden hacer modificaciones “retopología” de ser necesario o suavizado de aristas, siendo una forma de no cargar con aristas de más. En todo caso, en el proyecto casi no se presentaron situaciones de este tipo, más allá de solo suavizar o ajustar ciertos modelos, las situaciones que si se presentaron responden más al peso en si de modelos 3D externos, así como la verificación de errores en su modelado, siguiendo este mismo tipo de pasos para la retopología de ser necesario.

- Consideraciones para aplicar modelos 3D externos.

Estas consideraciones se abordan en la metodología con mayor claridad, para este punto del proyecto, estas consideraciones fueron analizadas en su debida etapa y según la información que proporciona el modelado tridimensional, es decir, según la cantidad de polígonos, el peso y la calidad de las texturas, esto según la calidad deseada por el cliente.

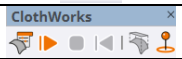
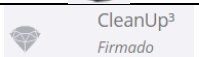
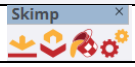
Existen modelos 3D externos que fueron considerados y descargados principalmente por el modelado 3D sencillo pero útil, después de su elección se les realizo una limpieza dentro del modelo 3D y correcciones en su malla, además estos modelos si bien no se texturizaron al 100%, si se les aplico texturas base como ejemplo del criterio anterior, de esta manera se conservó de la mejor manera el modelado 3D y su posterior texturizado en el motor de renderizado.

- Uso de extensiones para aligerar el modelo 3D.

Como se pudo observar en el apartado de los complementos / Plugins, existen algunos Plugins de optimización de modelos 3D esenciales para SketchUp debido a la falta de herramientas nativas que realicen este tipo de trabajos, para la optimización de modelos 3D, de formato .skp, existe el plugin “Skimp”, es un plugin muy sencillo pero cuenta con características sencillas de entender para optimizar un modelo tridimensional, a pesar de ser una herramienta espectacular, se tiene que ser precavido, ya que un exceso de eliminación de polígonos o geometría innecesaria, puede terminar generando un modelo “roto” o inutilizable.

Tabla 41

Ejemplificación de Plugins más Usados en el Proyecto con Imágenes de Referencia

Plugins para modelado tridimensional	1001 bit Pro	Imagen representativa del plugin	
	TrueBend		
	Shape Bender		
	Make Face		
	Clothworks		
	Skatter		
Plugins para optimización de modelado tridimensional	Solid Inspector		
	CleanUp		
	Skimp		

Nota. Elaboración propia.

- Exportación al software de renderizado 360°

Para esta fase, no existe mayor complejidad, esto debido a que el motor de renderizado “Lumion” es completamente compatible con el formato nativo de SketchUp, el “. skp”, por lo tanto, no es necesario realizar algún tipo de exportación o configuración adicional, al contrario, existe una herramienta útil dentro de Lumion que permite actualizar el modelo 3D en casos de haber realizado cambios desde el mismo archivo. skp.

Fase 3: Ambientación y acabado visual

- Importación del modelado 3D al motor de renderizado 360°.

Como se mencionó en el punto “Exportación al software de renderizado 360°” de la fase 2, el software de renderizado “Lumion” acepta el formato. skp de SketchUp, por lo tanto, el proceso de importación a Lumion es sencillo, mostrándose a continuación:

Figura 46

Importación de Modelado SketchUp a Lumion



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, el proceso de importación empieza en los recuadros marcados en rojo, es decir, estando en el icono de inicio y “objetos/assets” y con el botón de “colocar” se puede hacer clic en el botón del recuadro amarillo se importa el archivo. skp desde la ventana emergente de archivos, de este modo como se carga el modelo de SketchUp en Lumion.

- Preparación del entorno de trabajo.
  - Ajustar el modelo 3D importado en los ejes X, Y, Z para evitar solapamientos innecesarios.

Al importar el modelo general del tecnológico elaborado en SketchUp este se coloca en las mismas coordenadas donde fue modelado en SketchUp, por esta razón es necesario acomodar el modelo para evitar solapamientos entre modelos o texturas.

Figura 47

Ajuste de Modelado Tridimensional a Través de los Ejes en Lumion



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura anterior, para ajustar el modelo es necesario tener seleccionado el icono de flecha y presionar el botón de decimales “marcado en recuadro rojo”, se abre un panel donde se puede ajustar el modelo según las distancias que el usuario coloque, para el proyecto se colocó en x=0, z=0 y y=0.1 / 10 cm, esto para evitar solapamientos entre el césped y el modelado como son las banquetas o el suelo.

- Creación de las capas necesarias para trabajar de manera óptima. (Modelo, Fondo, vegetación, Etc).

Dentro de los primeros pasos al empezar a generar un proyecto en Lumion, es necesario configurar las capas necesarias para el proyecto, las capas se crearon según el nivel de importancia, como son, el modelo general, la vegetación, el transporte, la vegetación, la escala humana, el fondo verde o “background”.

Figura 48

Ejemplificación de Creación de Capas en Lumion



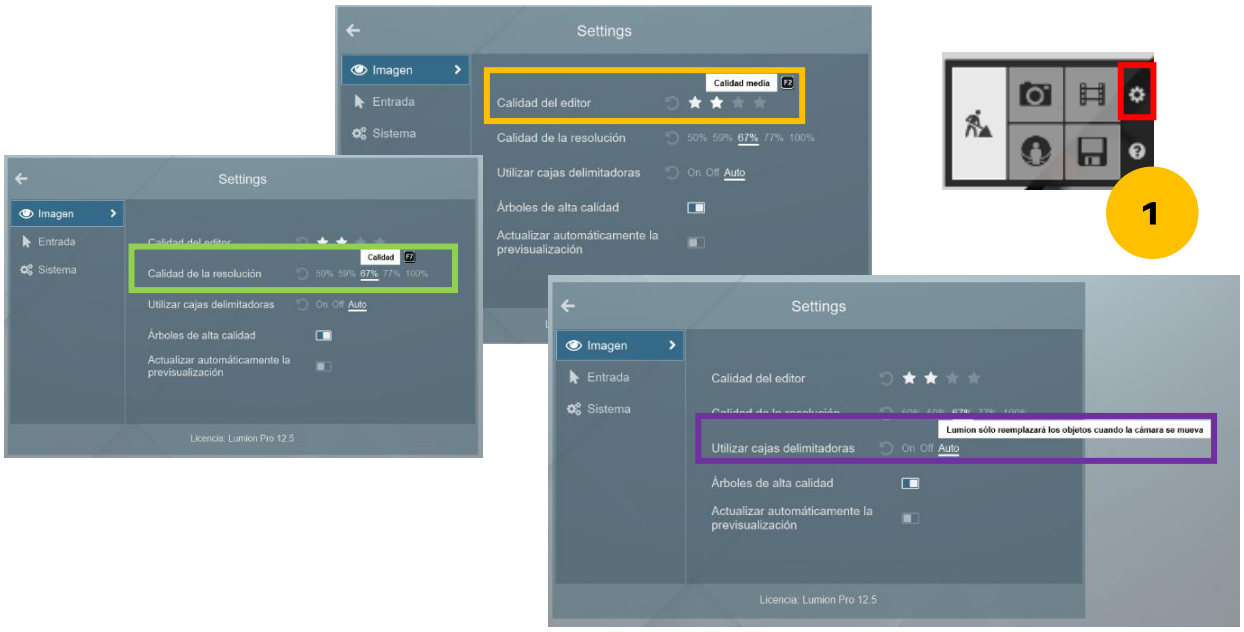
Nota. Elaboración propia.

Como se pudo observar en la figura anterior, la parte de “Capas” se encuentra remarcada en rojo, en este apartado existe el símbolo de “+”, al presionarlo se pueden colocar capas y nombrarlas, sin embargo, tiene un límite de 10 capas, por lo que cada capa creada fue pensada previamente con un criterio de orden.

- Ajustar parámetros de calidad visual del “Layout” dentro del motor gráfico.

Figura 49

Ajuste de Parámetros de Calidad Visual en Lumion



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar en un círculo amarillo el número 1, indicando que para entrar al panel de parámetros visuales en Lumion se debe entrar a través del engranaje del panel que se observa en un recuadro rojo. Una vez presionado, se observa un panel que permite ajustar la imagen, en este panel se encuentra “calidad del editor”, “calidad de resolución”, “utilizar cajas delimitadoras”.

En el recuadro de color amarillo, “Calidad del editor”, se observan 4 puntos de calidad, siendo los siguientes:

1 estrella: sombras desactivadas, algunos efectos de video desactivados.

2 estrellas: Sombras suaves desactivadas.

3 estrellas: Sombras de terreno desactivadas.

4 estrellas: Nivel más alto de calidad.

Por otro lado, el apartado marcado en recuadro verde, “Calidad de resolución”, este apartado cambia la resolución del editor, donde menor resolución hace que el editor sea más rápido. El último apartado marcado en recuadro morado, “Utilizar cajas delimitadoras” es una función que permite realizar movimientos más rápidos en la ventana de editor, esto gracias a que los proxys se vuelven “cajas delimitadoras”, es decir, una caja o prisma rectangular que tiene marcado las aristas, esto permite observar el tamaño del proxy y saber cuántos existen en el entorno del editor, sin embargo al ser un modelo sencillo como solo un prisma rectangular, permite desplazarse de mejor manera dentro del editor y manejar el entorno sin tanta dificultad.

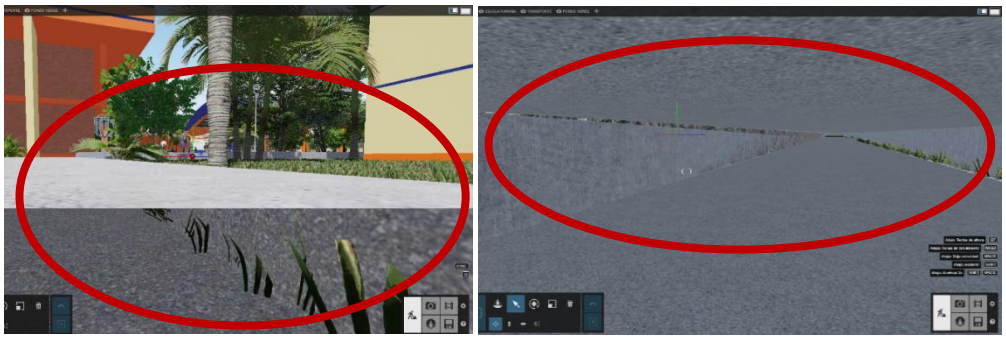
En cuanto a determinar el nivel de “calidad del editor” y “calidad de resolución”, se realizó mediante testeo en tiempo real y observando cual punto era la mejor opción, recordando que estos ajustes solo afectan a la ventana del editor, por lo tanto, no importa cual bajo sea el parámetro, el resultado final de los renders siempre saldrán a la mejor calidad, o según como se ajuste en otros parámetros. Además, el apartado de “utilizar cajas delimitadoras” se activó por temas de fluides y mejores resultados al momento de editar el entorno.

- Corroboración del modelo 3D y las texturas originales.

Examinación del modelo 3D importado y de las texturas base buscando errores y solapamientos.

Figura 50

Ejemplos de Solapamientos del Proyecto en Lumion



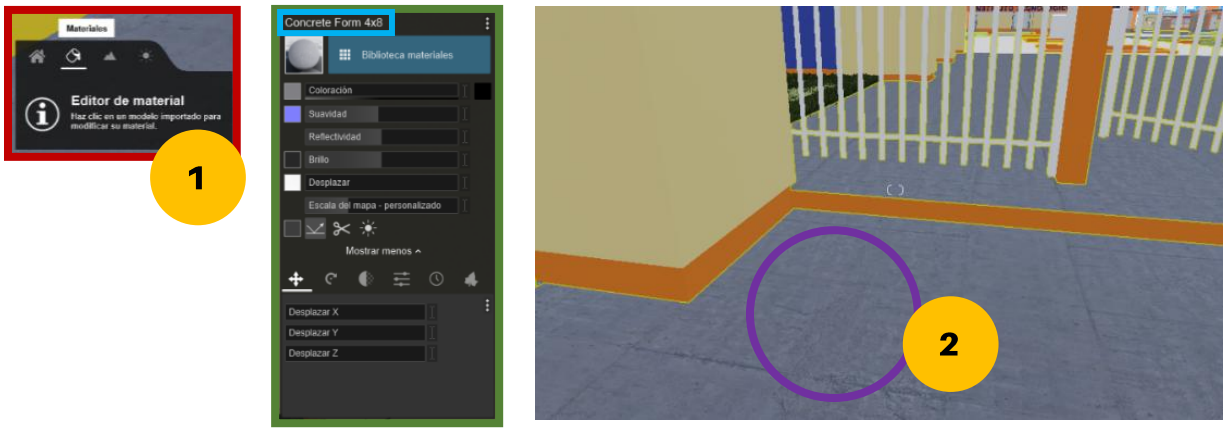
Nota. Elaboración propia.

Como se pudo observar es la figura anterior, se encentran marcados en un círculo rojo los errores o solapamientos que se observaron en Lumion, en ambos casos se observan como la textura de “césped” atraviesa los modelos 3D, sin embargo debido a la altura o ancho de la banqueta, este césped no atraviesa por completo el modelado, por lo tanto, se observa limpio, por otro lado se puede apreciar como 2 texturas, una de concreto y otra de roca se solapan, sin embargo este solapamiento no afecta al resultado final, por lo que este defecto se puede dejar sin tener que destinar más tiempo en solucionar cualquiera de los dos errores visibles en las figuras.

- Texturización con materiales PBR.
  - Uso de materiales PBR proporcionados dentro del motor gráfico.

Figura 51

Aplicación de Texturas PBR de Lumion



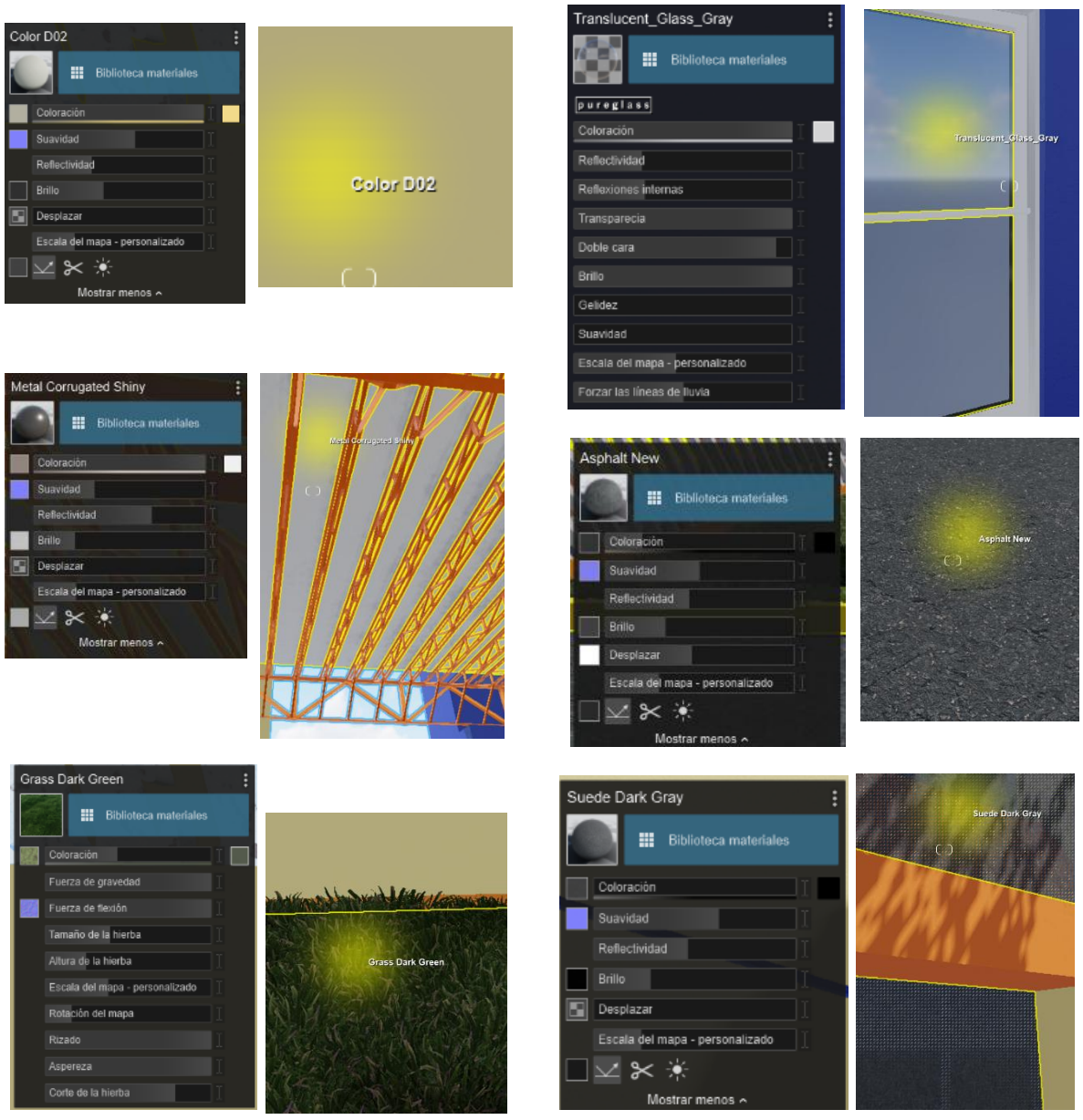
Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede apreciar los pasos para poder modificar las texturas, entrando en primer lugar en el “editor de materiales”, luego seleccionando la textura y como se muestra en el recuadro verde, se observan las características de la textura PBR, además, el

recuadro azul marca el nombre de la textura original que se colocó en el modelado, es decir, es la textura base de SketchUp.

Figura 52

Ejemplos de Otros Materiales PBR



Nota. Elaboración propia.

- Ambientación.
  - Ambientación de escala humana, autos y vegetación similar al sitio proporcionados dentro del motor gráfico.

Figura 53

Muestra de uso de las Capas con Respecto a la Ambientación



Capa de Modelado General y Fondo



Capa de Modelado General, Fondo y Transporte



Capa de Modelado General, Fondo, Transporte y Escala Humana



Capa de Modelado General, Fondo, Transporte, Escala Humana y Vegetación

Nota. Elaboración propia.

- Iluminación
    - Ajustes de iluminación globales y de iluminación artificial dentro del motor gráfico.
    - Aplicación de HDRIs. (cielos en FX)

Figura 54

Panel De Parámetros De Iluminación Que Proporciona Lumion



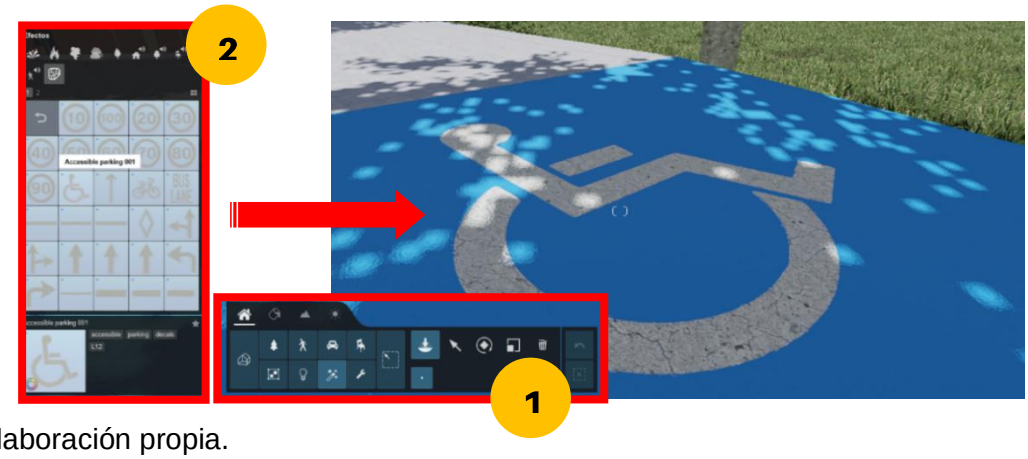
Nota. Elaboración propia.

- Mejoras visuales
    - Colocación de estampas “decals”.
    - Alteración de los materiales:

Paso del tiempo

Figura 55

Muestra de Colocación de Estampas “Decals” en Lumion



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los pasos a seguir para colocar una calcomanía o decal, en primer lugar, se debe entrar en modo “colocar” y en la biblioteca de “utilidades” se podrá acceder a múltiples assets, accediendo al apartado de “calcomanías”, Lumion nos ofrece una variedad de calcomanías de parking, en esta biblioteca se seleccionó la calcomanía más cercana a la imagen real que se utiliza en el tecnológico.

Figura 56

Muestra de “Decals” y Murales en el Modelo 3D de SketchUp

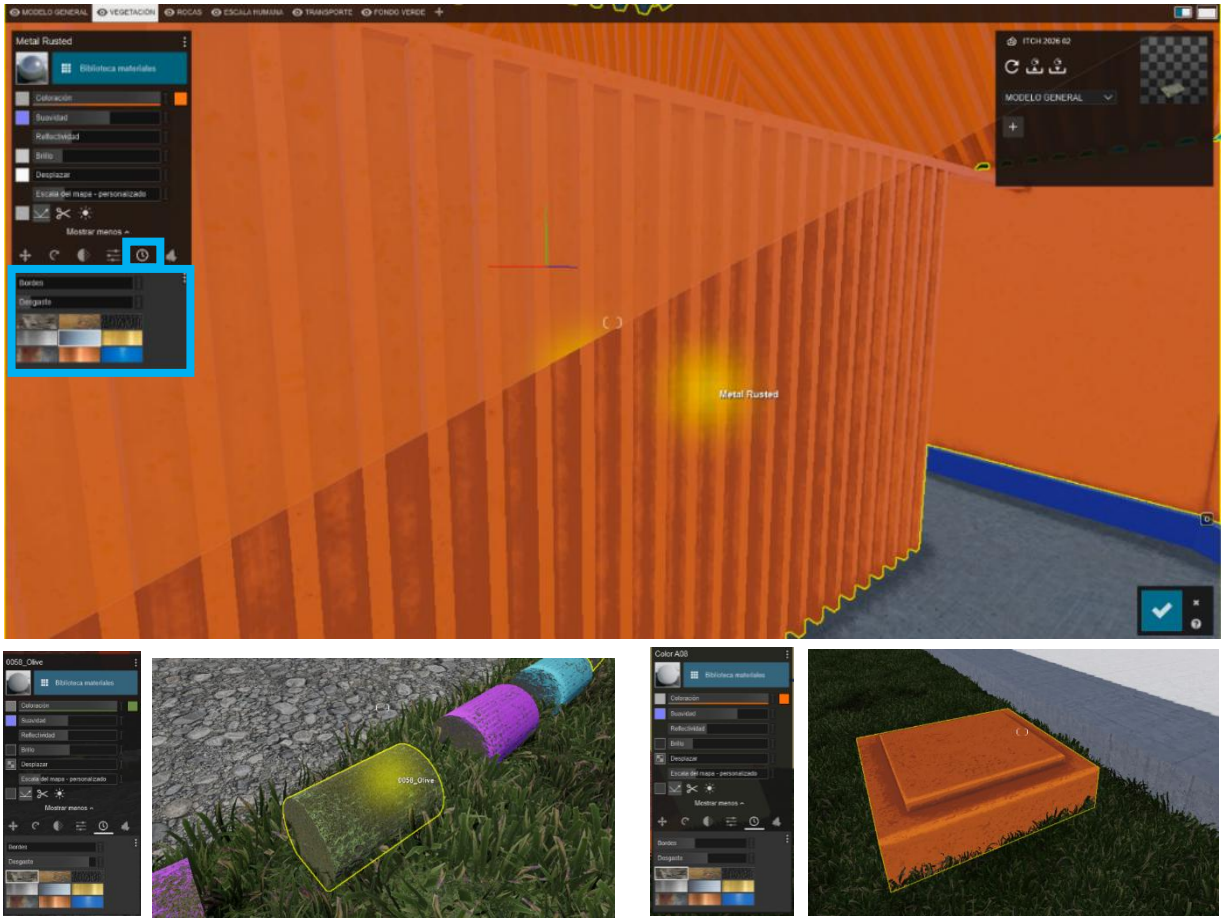


Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede apreciar que dentro del proyecto existen murales o calcomanías adicionales como señales, cabe recalcar que estos murales fueron añadidos durante la creación del modelado tridimensional del tecnológico de Chetumal, estas calcomanías o murales fueron imágenes que se agregaron como textura desde el software de SketchUp y desde esa etapa fueron exportados las texturas en el motor de renderizado de Lumion.

Figura 57

Ejemplo de Alteraciones de los Materiales PBR en Lumion



Nota. Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura anterior las modificaciones que se realizaron a los materiales PBR dentro del motor de renderizado es similar al colocar un material PBR, con el ligero cambio

de entrar a un apartado extra que se encuentra marcado por un rectángulo azul, en este apartado se puede agregar desgaste por el tiempo y otras modificaciones, a pesar de esto, solo se utilizó dicho apartado para los materiales en este proyecto, este desgaste se agregó a materiales de objetos que presenten dichos desgastes en la vida real, así como a materiales que se encuentren más cerca al suelo o a la intemperie, como registros o aceros.

Fase 4: Diseño final del recorrido virtual

- Seguimiento de la base o bosquejo inicial del recorrido. (Fase 0)
  - Creación del recorrido inicial.

En este punto de la fase 4 se retoma el bosquejo del recorrido inicial propuesto por el cliente, de esta manera, se debe realizar un estudio más minucioso del recorrido y que este análisis este basado en los objetivos que presenta el cliente, de esta manera se asegura que el recorrido cumpla con lo que se solicita desde el inicio, es decir, esta fase 4 se relaciona con la fase 0, para este proyecto, el cliente propuso un bosquejo básico que proporciona una idea básica del recorrido, ahora bien, una vez entendido y visualizado, con apoyo del modelado tridimensional realizado y previamente importado en el motor de renderizado, este es más útil de visualizar sin perder calidad de iluminación, materiales y lo importante, la escala y como se observa en cada escena (render panorámico), de esta manera se facilita su visualización con tiempo y mayor meditación, de esta manera se puede asegurar que se presenten escenas importantes y útiles en cada escenas, de esta manera, cada escena (render panorámico) se realizara bajo análisis y sin perder tiempo con vistas innecesarias.

En este punto de la fase 4 se concluyó con una planta de conjunto de referencia un tanto más pulida, dentro de los principales cambios que se notaron, se encuentra el notable aumento de tomas panorámicas, este incremento en las tomas se debe a la sensación que se busca provocar en el usuario final, siendo esta la sensación de desplazamiento en casi cualquier sitio

de las instalaciones del Tecnológico, es por esta razón que al buscar este efecto, las tomas no cuentan con criterios de distancia, composiciones de cámara especificas o algunas otras especificaciones.

El único criterio considerable en la decisión de las tomas, fue la búsqueda de observar bien el entorno y contar con una toma en cada cruce o cruces de caminos, esto para poder ofrecer al usuario final una mejor forma de ver las instalaciones y que cruces pueden ayudar a llegar de un punto a otro.

Este bosquejo de planta de conjunto de referencias se vuelve útil como imagen de representación y presentación para el avance del recorrido para el cliente y como medio de guía al llegar a la fase 7 de integración e interactividad en 3DVista Virtual Tour.

Refinamiento visual del recorrido

- Mejores ángulos de cámara.
- Encuadres más representativos.
- Eliminación de vistas innecesarios.

- Definición final de los puntos de vista

Este punto busca pulir la cantidad de puntos de vista previamente abordados en el bosquejo que se haya realizado en la fase 0, o la propuesta dada por el cliente, de esta manera se logra comprender mejor la cantidad de vistas o tomas a realizar, sin embargo, esta cantidad de tomas no surgen solo como una cantidad, sino por motivos más allá de estas, es decir, se busca que las tomas sean significativas para el proyecto, o dicho de otra manera, cada vista esta para ayudar al usuario que lo recorra.

Es necesario recordar que la cantidad final de puntos de vista dependen de 2 puntos esenciales en primera instancia, la cobertura espacial del sitio y la claridad visual, esta claridad visual será una variante de los objetivos del cliente, pero son abordados en conjunto para determinar la cantidad necesaria para presentar un recorrido satisfactorio, no solo para el cliente, sino también para el usuario, sin embargo, no es suficiente. Ya que estas vistas dependen de un último punto.

- Optimización del recorrido o flujo de navegación

Este punto de la fase 4, se abordó desde el primer punto de esta fase, es decir, el modelado tridimensional y su exportación a Lumion, ya que esta exportación permitió su visualización en tiempo real, esto, más a las referencias fotográficas del sitio ayudo a considerar el comportamiento del usuario en el recorrido virtual.

Para este proyecto el cliente buscaba mostrar un recorrido más “compacto” o “reducido”, esto empujaba a tratarse de un recorrido más que nada guiado, sin embargo, al tratarse de un recorrido que busca ayudar al usuario a ubicar instalaciones de los cuales tenga interés, empuja a la idea de implementar un estilo de recorrido más “libre”, esto no solo resulta en tratarse de un recorrido más “abierto”, este tipo de recorrido conlleva la consideración de varias vistas, esto por motivos de comunicación visual, es decir, que exista una continuidad visual entre un render y otro, de esta manera se asegura que el usuario pueda sentirse seguro de que un camino es posible de atravesar gracias a que existe un camino o sendero, impulsando así a la curiosidad e investigación de las instalaciones, reteniendo más tiempo a los usuarios.

Este punto de la fase 4 aborda los siguientes subpuntos:

- Flujo o movimiento del usuario entre los puntos de vista.

- Orden lógico del recorrido.
- Considerar si el recorrido es libre, guiado o mixto.

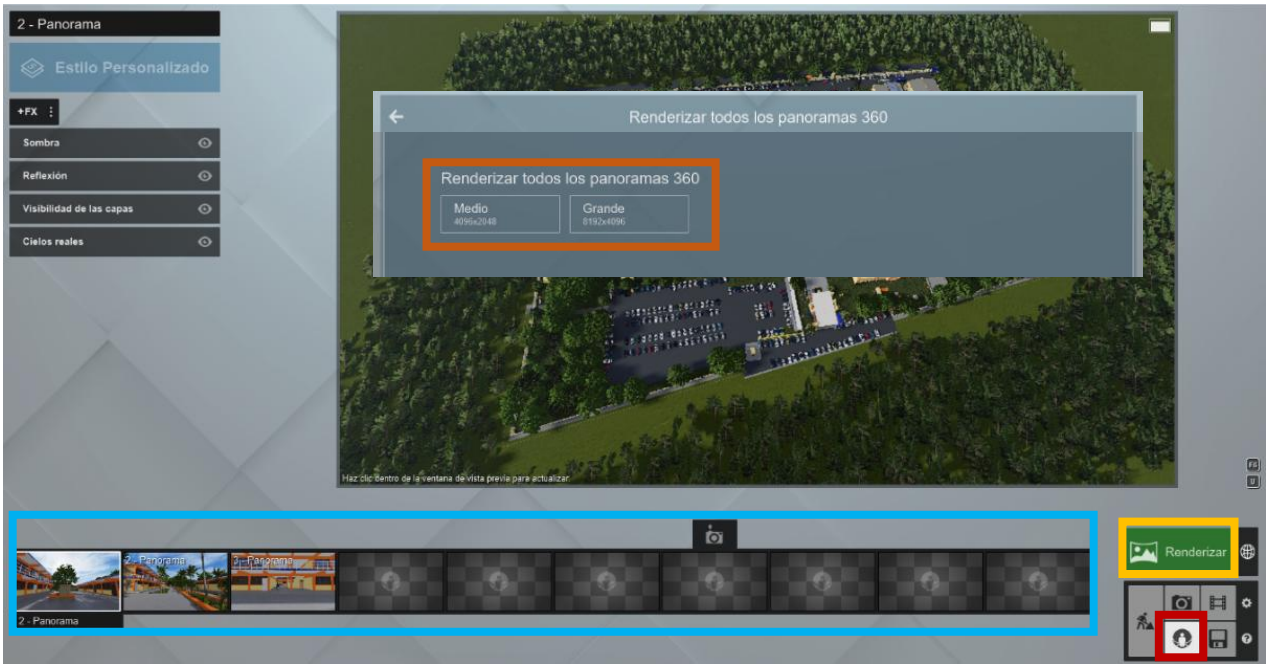
Estos subpuntos aportan dinamismo al proyecto, debido a que ayudan a visualizar el recorrido no solo con ojos de arquitecto, sino también como usuario en primer plano, es decir, permite que se busque un recorrido virtual no solo más completo e intuitivo, sino también que sea inmersivo para el ojo común, jugando con las vistas y las escalas en la altura que se presentara la cámara de los renders 360°.

Fase 5: Renderizado y producción 360°

- Configuración del render
  - Resolución de salida.

Figura 58

Panel de Resolución de Renders Panorámicos en Lumion



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar el proceso para poder seleccionar la calidad de render, la manera de seleccionar dicha calidad se realiza entrando al modo “render panorámico” marcado en recuadro rojo, una vez entrando allí, se selecciona el botón de “Renderizar”, una vez dentro Lumion muestra un panel de renderizado, en este panel como se muestra en la figura, el recuadro naranja remarca los 2 tipos de resolución que ofrece Lumion.

La resolución de salida del render fue empleada al máximo, esto quiere decir que se utilizó la máxima calidad posible que podía ofrecer el motor de renderizado. Obteniendo renders finales con calidad de resolución de 8192 x 4096 pixeles.

- Parámetros de calidad visual:

Antialiasing

El único parámetro de calidad visual posible que se aplicó a los renders finales es de “antialiasing”, observable en la siguiente figura remarcado en un recuadro rojo.

Figura 59

Panel de Parámetro de Calidad Visual en Lumion



Nota. Elaboración propia.

Nota. El Antialiasing básicamente reduce el efecto duro o afilado de los bordes pixelados de una imagen, de esta manera el antialiasing suaviza la transición de pixeles entre colores contratantes.

- Ajustes de perfiles FX:

Los ajustes de mejoras visuales previas al renderizado, en el motor de Lumion permiten una mejora visual en los renders, estos parámetros cambian según el tipo de render, debido a la demanda grafica que conllevaría en un render panorámico, el motor de renderizado tiene limitaciones en los efectos visuales para este tipo de renders, estos ajustes se pueden apreciar en la siguiente figura.

Figura 60

Panel de Efectos Visuales (FX) en Lumion



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar un panel de efectos visuales que ofrece Lumion, cada efecto que se selecciona se ve reflejado en un panel (remarcado en un recuadro rojo), además estos efectos se ven reflejados en tiempo real en el panel de renderizado (recuadro de azul), estos efectos visuales como sombras y reflejos, pueden ser ajustados según como se vea conveniente, además estos efectos ayudan a obtener mejores resultados en los renders finales.

Como nota, se debe mencionar que en este panel se debe activar el efecto de “Capas”, esto para ser más organizado y llevar el proceso de ambientación y toma escenas de manera más organizada.

- Pruebas de renderizado.

  - Generación de renders panorámicos de baja calidad para la corroboración de las pruebas de texturización e iluminación.

  - Generación de renders panorámicos de baja calidad para corroborar la calidad final con todos los parámetros de calidad visual aplicados.

Este punto de la fase 5 no fue cubierta debido a experimentaciones con el motor de renderizado y la calidad de render final, considerando de esta manera que el motor de renderizado ya estaba entregando la mejor calidad posible sin presentar complicaciones con la demanda computacional, por este motivo, se decidió dejar la misma calidad a todos los renders y sin realizar testeo de calidades.

- Exportación de archivos

  - Formato de salida.

En este punto para el proyecto de recorrido virtual es necesario tener renders panorámicos o 360°, y para determinar el formato de los renders se investigó los formatos que acepta el software donde se montará, conociendo el software, se necesitan imágenes, .png o .jpg. Ahora bien, el motor de renderizado termina los renders panorámicos en formato .jpg, por ende, es un formato útil y rápido.

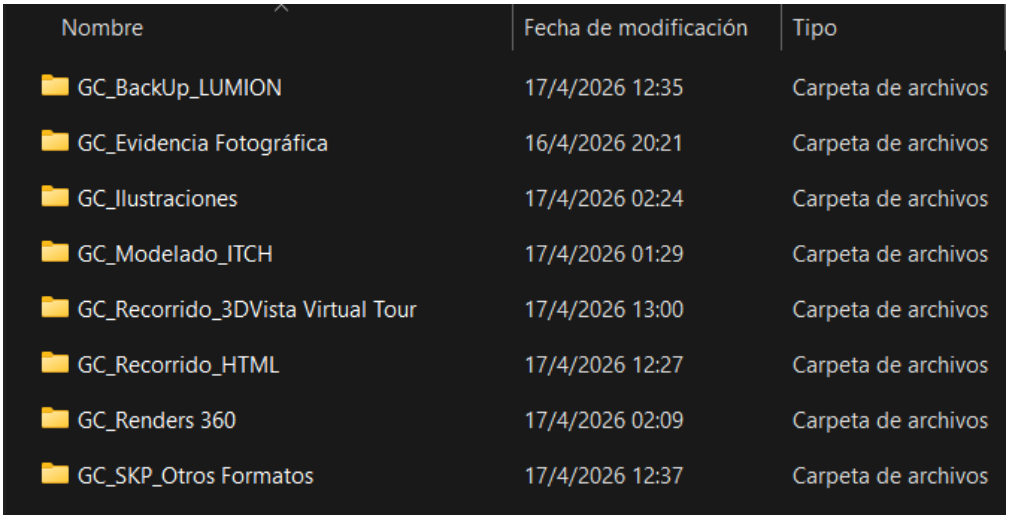
- Organización del contenido

Este punto se relaciona directamente con la fase 2, pero desde la perspectiva exterior, es decir, se clasificaron y ordenaron los archivos finales adicionales y renders buscando mantener un orden lógico para su posterior montaje en 3DVista Virtual Tour.

- Nomenclatura de archivos.

Figura 61

Nomenclatura de Archivos Finales Adicionales



Nota. Elaboración propia.

Nota. Se puede apreciar que la nomenclatura se basa en guiones bajos como espacios, además de iniciar cada carpeta como “GC”, siendo las iniciales del creador de dicho contenido en la carpeta, además, se continua la nomenclatura con una palabra que identifique el contenido de esta y como añadido extra se le coloca otra palabra que indique de que software proviene, es decir, si esta es de 3DVista Virtual Tour, Lumion, o si se requiere indicar el formato de los archivos que se están almacenando.

Dentro de la nomenclatura usada para la clasificación de renders panorámicos fue un poco distinto, si bien la carpeta inicial es “GC_Renders 360”, esta se subdivide en originales y optimizados, como se presenta a continuación.

GC_Renders 360

GC_RENDERS_OPTIMIZADOS

Renders Estáticos_Fachadas_Opt

Renders Panorámicos_Opt

Iniciales

Derecha

Izquierda

GC_RENDERS_ORIGINALES

Fachadas

Iniciales

Derecha

Izquierda

Además, como nomenclatura alfanumérica de cada toma panorámica se tomaron 3 consideraciones, la primera es la ubicación, es decir, el número que le corresponde según la verificación y replanteo del recorrido virtual, el segundo es la posición, es decir si es derecha (R) o izquierda(L), y por último es la versión, esto en caso de existir más de una misma toma. Por ejemplo:

- 30R o 30R_v2
- 10L o 10L_v2
- …

- Verificación de resultados

En este punto de la fase 5 se realizó una revisión a los renders panorámicos, este análisis incluyo lo siguiente:

- Revisión de costuras en los renders 360.

- Continuidad visual

Como nota solo se les hizo revisión de costuras a un render por cada lote de 10 renders panorámicos. Sin embargo, a todos los renders sin excepción se les realizo una revisión de la continuidad visual y que tan claro era el render, una vez cumplida estos 2 puntos se consideraban renders listos para pasar a la siguiente fase.

Como punto adicional, al tratarse de renders panorámicos basados en un software dedicado a este tipo de renders, es muy difícil encontrar errores de costura o continuidad visual, más que nada porque se trata de una imagen obtenida de manera “nativa” o regional de un propio entorno modelado en 3D, es decir, se logra obtener el render panorámico a través de una sola toma y no se trata de la unión de varias fotografías estáticas a través de software, esto es u punto a favor a los tiempos de revisión, ya que básicamente se vuelve muy difícil encontrar errores de este tipo en renders panorámicos.

Figura 62

Muestra de Render Final “46R”



Nota. Elaboración propia.

- Referencia o guía de renders 360°.
  - Elaboración de una planta de referencia de renders 360°.

Este punto se realizó en una pequeña escala al reorganizar las vistas en la fase 4, en esta fase 4 no solo se consideraron las vistas, también se le dio un nombre alfa numérico según la vista, ahora bien, esta imagen ahora servirá como guía de renders 360°, esto no solo sirve como guía para entender el recorrido en planta, también es útil a la hora de montar el recorrido virtual en 3DVista Virtual Tour.

Imagen de Referencia o Guía de Renders 360°

(En Anexos, carpeta cinco "ELEMENTOS GRAFICOS ADICIONALES")

Fase 6: Postproducción de renders 360°

- Dentro de los primeros puntos de la fase 6, "Corrección de iluminación y color" y "Mejora de nitidez y calidad" se obtuvieron resultados muy distintos.

Para el punto de "Corrección de iluminación y color" se realizaron pruebas de:

- Ajustes de brillo y contraste, Balance de blancos y Niveles y curvas.

Cada prueba contenía ligeros cambios entre imágenes, a pesar de esto, no se mantuvieron los cambios debido al brusco cambio de imagen, lo que provocaría falta de uniformidad visual entre vistas "renders panorámicos" del VR 360°.

Para el punto de "Mejora de nitidez y calidad" se realizaron las siguientes pruebas en el filtro de cámara Raw:

- Enfoque de imagen, Reducción de ruido y Claridad de detalles.

En este punto, la mejora de nitidez y calidad del render termino resultando negativo, es decir, la imagen terminaba estropeándose, dejando inutilizable el render, a pesar de haber

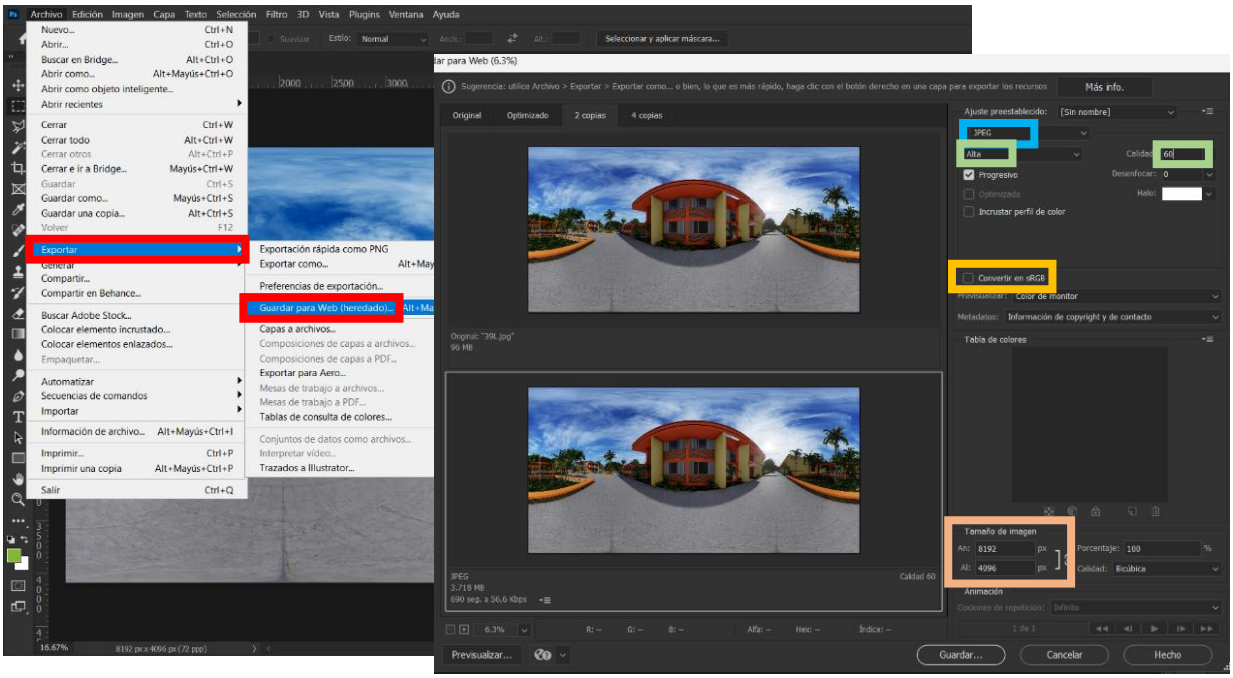
realizado múltiples pruebas en el filtro de cámara raw, los resultados terminaron evidenciando lo difícil que es editar una toma panorámica sin afectar la uniformidad visual, principalmente debido a los múltiples cambios que existen entre tomas, como son las texturas, las sombras y luces.

- Optimización para mejora de rendimiento.

Para este punto de la fase 6, se utilizó el software de Photoshop, en este software se siguió el siguiente proceso para optimizar / reducir el peso de las tomas panorámicas sin perder la calidad de las mismas.

Figura 63

Ejemplo de Proceso de Optimización en Photoshop



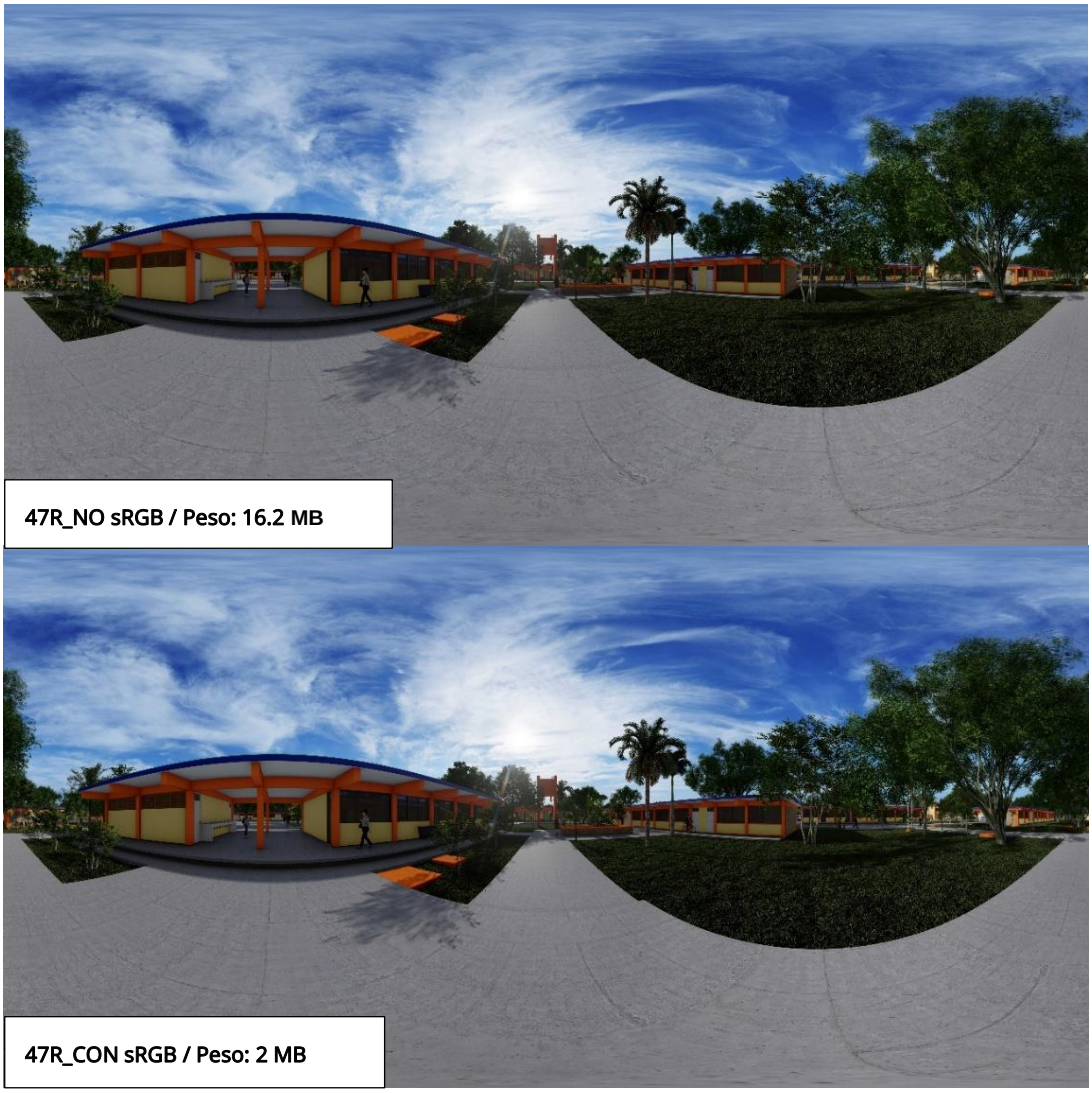
Nota. Elaboración propia.

Como se pudo apreciar en la figura anterior, el proceso empezó como señalan los recuadros rojos, una vez presionados se abre un panel, en este panel se dejó en todos los

renders en formato “JPEG” (recuadro azul), además, se ajustó en calidad “Alta” entre valores de 40 a 60 (recuadros verdes), además de activar “Convertir en sRGB” (recuadro amarillo), el ultimo parámetro que se mantuvo igual en todas las tomas es “Tamaño de imagen” (recuadro naranja), estos parámetros ayudaron a reducir el peso a todas las tomas panorámicas, así como volver los renders en formato sRGB, es decir, compatible para pantallas digitales.

Figura 64

Ejemplo de Render Panorámico con y sin sRGB



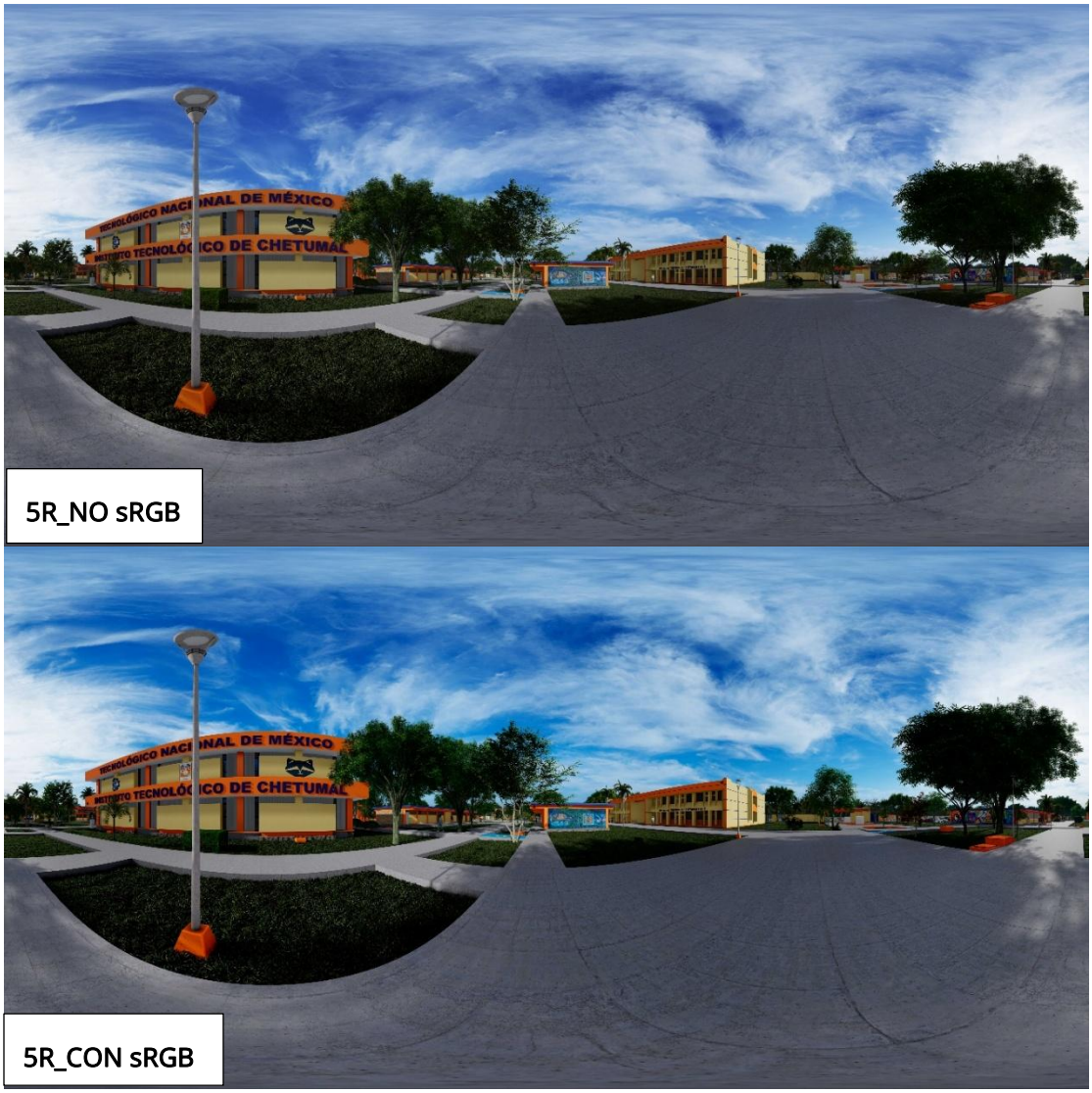
Nota. Elaboración propia.

La figura anterior muestra la poca o nula diferencia de calidad de imagen a pesar de la optimización de imagen, siendo una parte fundamental para operar con varias tomas sin provocar una alta demanda a los dispositivos que lo ejecuten.

- Preparación de imagen para web y dispositivos móviles (sRGB).

Figura 65

Ejemplo de Render Panorámico con y sin sRGB



Nota. Elaboración propia.

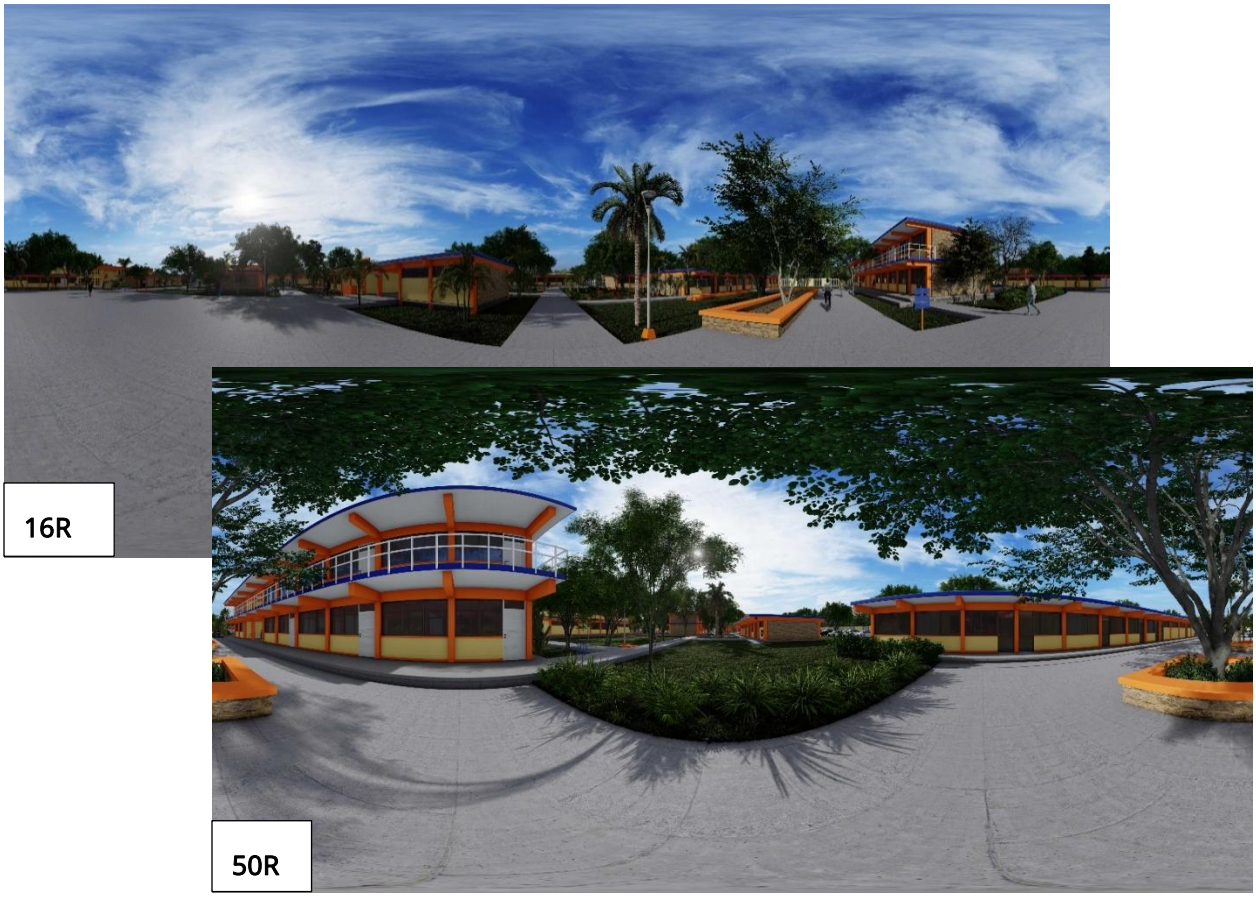
Nota: en la figura se puede apreciar 2 tipos en las tomas panorámicas generadas, con y sin sRGB, esto se aplicó debido al tipo de dispositivos donde se visualizará el VR 360°, como son PC, laptop, dispositivos móviles, etc.

- Uniformidad visual.

En la siguiente figura se puede apreciar la comparación entre 2 tomas panorámicas de distintos puntos en las instalaciones del Tecnológico de Chetumal, se puede apreciar que a pesar de tratarse de 2 puntos distintos se logró mantener la coherencia visual entre las vistas viéndose desde el empleo de materiales PBR y proxys hasta en el estilo de iluminación y color.

Figura 66

Muestras de 2 Renders Panorámicos Originales



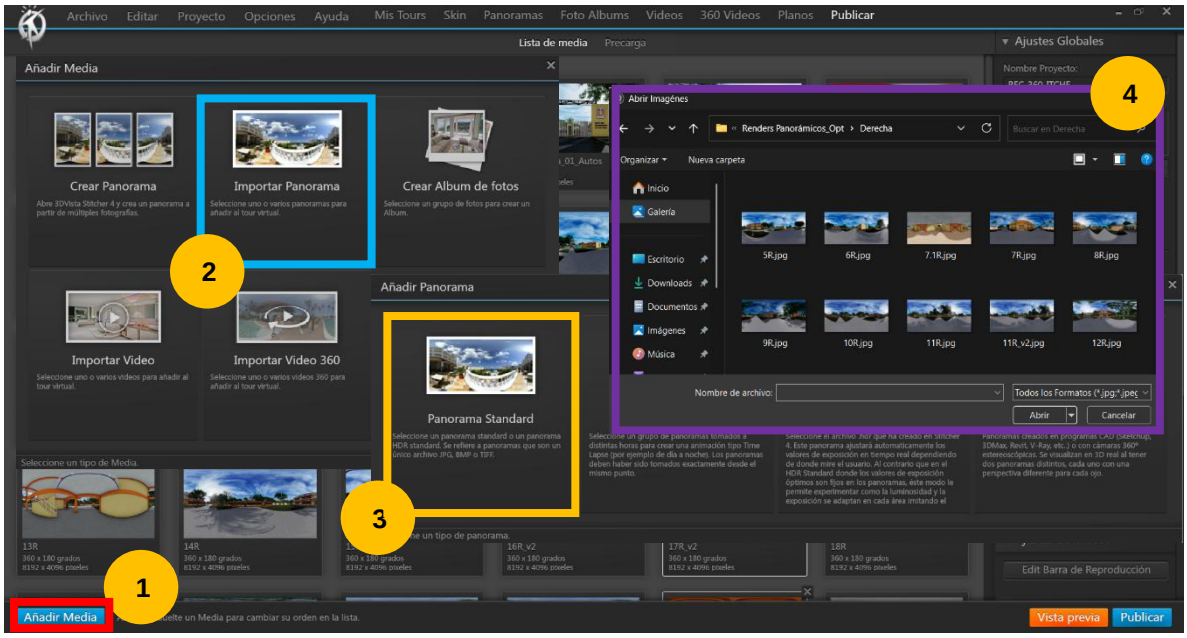
Nota. Elaboración propia.

Fase 7: Integración e interactividad

- Integración del recorrido a la plataforma de visualización 360.

Figura 67

Ejemplificación de Importación de Renders Panorámicos a 3DVista Virtual Tour



Nota. Elaboración propia.

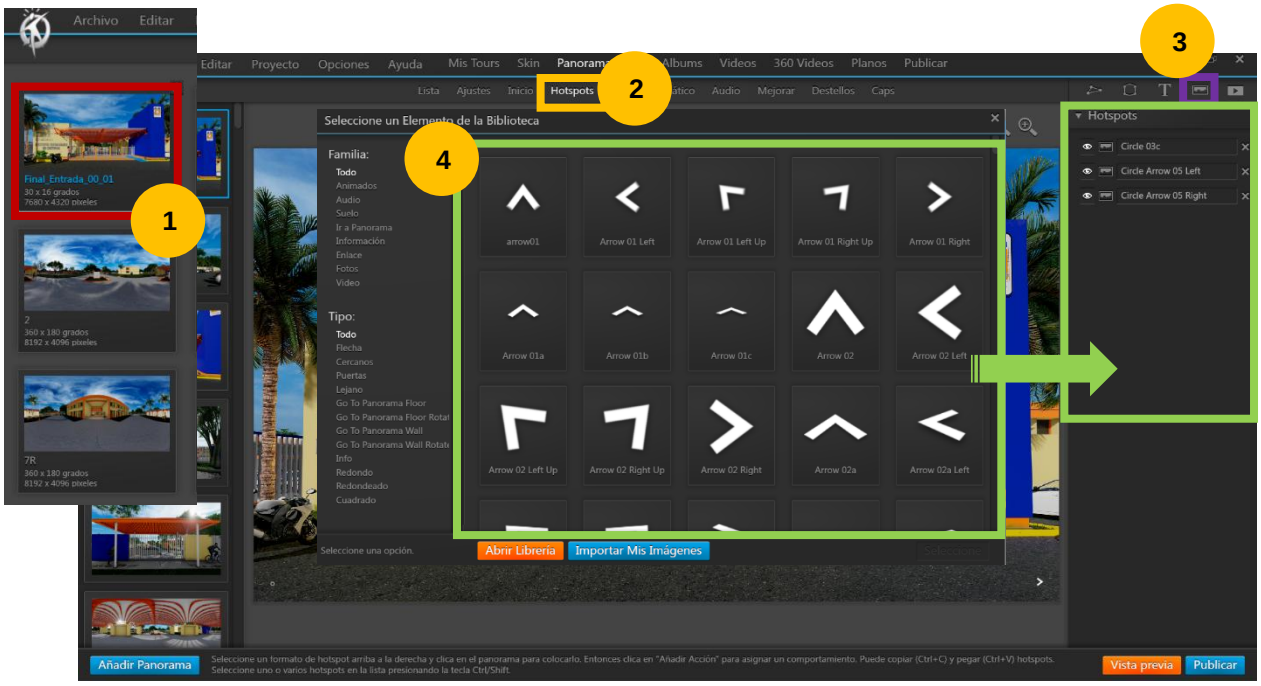
La figura anterior señala el proceso o paso a paso que se necesita para poder importar los renders panorámicos al software de interactividad.

Como se puede apreciar, se comienza haciendo clic en “Añadir Media”, el cual desplegara una variedad de selección, el cual al presionar “Importar Panorama” nos pedirá especificar el tipo de panorama, el cual ante el tipo de panoramas que proporciona Lumion, se trata de “Panorama Standard”, por último, al especificar el tipo, se despliega una ventana emergente que solicitara la carpeta y renders que se piensen importar a 3DVista Virtual Tour.

- Configuración de la navegación interactiva.
    - Creación de hotspots.

Figura 68

Ejemplificación de Creación de Hotspots en 3DVista Virtual Tour



Nota. Elaboración propia.

En la anterior figura se aprecia el proceso para la creación de “Hotspots” en el software de interactividad, para esto, se dio doble clic a uno de los panoramas importados al software, una vez cargado, se seleccionó “Hotspots” (remarcado en amarillo), esto, despliega una interfaz que proporciona herramientas adicionales, como añadir textos, imágenes, clips o puntos calientes “hotspots”, seleccionado hotspots (remarcado en morado), se despliega un panel que proporciona una variedad de hotspots, para el proyecto se decidió tomar el hotspot de tipo “Circle” y “Circle Arrow 05”, una vez seleccionado el tipo de hotspot se termina colocando en el entorno VR 360° y poco a poco se ajustó según el tamaño y posición en el recorrido virtual.

- Tipo de navegación. (libre, guiado o mixto)

Debido a la magnitud del proyecto y el objetivo inicial de ser un recorrido virtual utilizado como medio de publicidad, y medio de apoyo como guía para los usuarios finales se consideró el realizar el montaje del recorrido virtual como del tipo “Exploratorio”.

Es decir, recordando que este tipo está pensando para permitir el desplazamiento en un entorno virtual para explorarlo, siendo el estado habitual de los paseos arquitectónicos y de las obras de arte virtuales.

Añadido a esto, se consideró el empleo de la navegación de tipo mixto, es decir, no se contemplará la unión de los hotspots con una ruta o camino establecido, más allá de los renders de fachada, una vez entrando al Tecnológico de Chetumal, el recorrido pasa a ser mixto, por lo tanto, el recorrido se puede tomar en varias direcciones según como lo necesite el usuario.

- Información complementaria.

- Elementos interactivos:

En este punto de la fase 7, la información complementaria como son “botones o iconos”, “información emergente” o “indicadores visuales” no fue necesaria, ya que esta información adicional será agregada por otro profesional, este punto de la fase 7 solo afecta al proyecto en la unión o montaje de los renders panorámicos.

- Diseño de la experiencia de interacción (UX).

Este punto se resolvió rápidamente después del montaje de los renders panorámicos, esto se verifico ejecutando el recorrido virtual en el software de 3DVista Virtual Tour, en el momento de recorrer el VR, se observaba el tamaño de los Hotspots y si estos eran visibles rápidamente, es útil mencionar que esta verificación de hotspots y tamaños se realizó en un

laptop con una pantalla de 15”, por lo que esto tuvo efecto a la hora de modificar la ubicación, forma y tamaño de los hotspots.

- Pruebas de funcionamiento

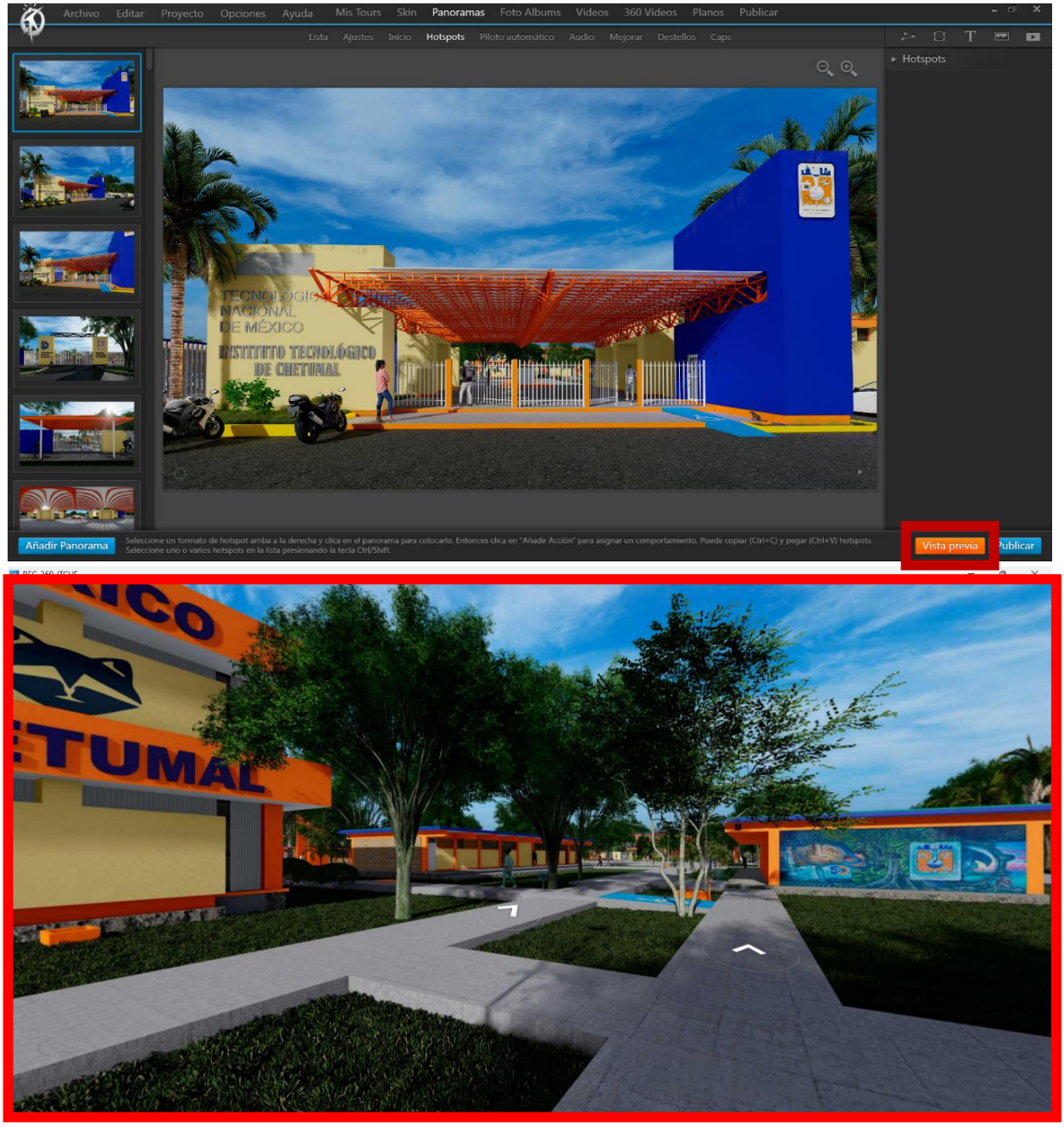
Para este punto de la fase 7, una vez realizado todos los pasos anteriores se realizaron más pruebas de funcionamiento, en estas pruebas de funcionamiento se observaron los siguientes puntos:

- Verificar que los renders y hotspots estén funcionando correctamente.
- Validar enlaces.
- Detectar errores.

Una vez realizado la verificación de estos puntos y realizado las correcciones pertinentes, se guardó y exporto el VR con renders 360° a los formatos solicitados por el profesional que se encargara de añadir la información faltante, a pesar de esto, mi trabajo en este proyecto ha terminado una vez llegado este punto.

Figura 69

Visualización Previa del VR con Renders 360° en 3DVista Virtual Tour



Nota. Elaboración propia.

La figura anterior representa la previsualización que se realizó al VR para poder detectar otros posibles errores y hacer las correcciones correspondientes para poder dar como finalizado el recorrido virtual 360°.

Fase 8: Evaluación del recorrido

La aplicación de esta fase al caso de estudio, no fue posible aplicar de manera completa la evaluación planteada en la propuesta metodológica, debido a las limitaciones de tiempo durante el desarrollo de la investigación, es por esto que no se realizó una evaluación formal con usuarios finales que permitiera valorar aspectos como la experiencia de navegación, comprensión espacial, sensación de inmersión, facilidad de uso y satisfacción general, criterios contemplados dentro de la evaluación de usuario propuesta en la metodología.

A pesar de esto, durante el proceso de desarrollo del recorrido virtual se realizaron testeos técnicos y previsualizaciones de manera iterativa, principalmente orientados a comprobar su funcionamiento y detectar posibles errores antes de continuar con las fases posteriores, gracias a estas revisiones se identificaron y corrigieron aspectos relacionados con la navegación, funcionamiento de hotspots, enlaces entre escenas, calidad visual y comportamiento general del recorrido.

Es importante señalar que dichos testeos no forman parte formal de la evaluación propuesta en la fase 8, sino que funcionaron como mecanismos de control y corrección durante el desarrollo del recorrido. Por lo tanto, en este caso de estudio, la fase 8 se presenta como parte de la propuesta metodológica, pero su aplicación completa, en particular la evaluación de usuarios queda pendiente para futuras investigaciones con el propósito de evaluar los criterios establecidos.

Conclusiones y Recomendaciones

a) Conclusiones Generales

En la elaboración de este proyecto, se concluyó que la elaboración de recorridos virtuales 360° mediante renders panorámicos aplicados a proyectos arquitectónicos requiere de un proceso estructurado que permita relacionar las diferentes actividades involucradas en su planificación, producción, integración y evaluación. Al realizar el análisis de metodologías existentes, permitió conocer aportes relacionados con la planificación de recursos, modelado y optimización tridimensional, navegación interacción, experiencia del usuario y evaluación, a pesar de todo esto, estos componentes se encuentran distribuidos entre propuestas desarrolladas para diferentes tecnologías y contextos, sin integrarse a un flujo orientado a la producción de recorridos arquitectónicos mediante renders panorámicos es decir 360°. Este punto crítico corresponde con uno de los principales vacíos identificados durante el análisis comparativo.

Abordando la identificación de características de los recorridos virtuales 360° y el análisis de sus procesos de desarrollo permitieron determinar las etapas necesarias para estructurar la propuesta metodológica, a partir de ello se estableció una secuencia que comprende desde le entendimiento, planeación inicial del proyecto hasta la recolección de información, modelado arquitectónico, ambientación y acabado visual, diseño del recorrido, producción de renders panorámicos, postproducción, integración e interactividad y evaluación del resultado.

Asimismo, se determino que la optimización del proceso no depende únicamente de reducir tiempos de renderizado o disminuir la complejidad de un modelo 3D. Las decisiones tomadas desde las etapas iniciales, como establecer los requerimientos del proyecto, aprovechar los recursos disponibles, determinar el nivel de detalle necesario, seleccionar adecuadamente

los puntos de vista y organizar las herramientas y archivos, pueden contribuir a evitar actividades innecesarias durante etapas posteriores. Por esta razón la optimización del tiempo, los recursos y la complejidad se incorpora como un criterio transversal dentro de la propuesta metodológica.

La aplicación de la propuesta mediante un caso de estudio permitió llevar a la practica las secuencias de trabajo establecida y reconocer la relación existente entre sus diferentes fases. Durante el desarrollo se observo que las decisiones realizadas en una etapa pueden repercutir en las posteriores, por lo que el proceso no debe entenderse como una estructura rígida, sino como una secuencia que admite revisiones y ajustes conforme avanza la producción del recorrido.

Finalmente se concluye que la investigación permitió cumplir con el objetivo general de desarrollar una propuesta metodológica para el diseño y elaboración de recorridos virtuales 360° a partir de renders panorámicos, estructurando dentro de un mismo proceso los componentes identificados durante la investigación. De esta manera la propuesta resultante busca proporcionar una guía organizada para el desarrollo de este tipo de recorridos dentro del ámbito arquitectónico, mediante la correcta representación y comunicación del proyecto y considerando los recursos disponibles durante su elaboración.

b) Aportaciones de la Investigación

La principal aportación de esta investigación corresponde al desarrollo de una propuesta metodológica estructurada para el diseño y elaboración de recorridos virtuales 360° mediante renders panorámicos aplicado a proyectos arquitectónicos. La propuesta integra dentro de una misma secuencia diferentes procesos relacionados con la planificación, modelado arquitectónico,

ambientación, definición del recorrido, producción y postproducción de renders, integración de elementos interactivos y evaluación.

Su estructuración responde a los vacíos identificados mediante el análisis de metodologías existentes, en las cuales se reconocieron aportes relacionados con planificación de recursos, generación y optimización de modelos tridimensionales, navegación, interacción, evaluación y aprendizaje, pero abordados desde diferentes tecnologías, objetivos y campos de aplicación. Es a partir de estos antecedentes que la investigación permite integrar y adaptar diferentes criterios al proceso especifico de producción de recorridos virtuales arquitectónicos mediante render panorámicos.

Otra aportación corresponde a la incorporación de la optimización del tiempo, los recursos y la complejidad como criterio transversal del proceso metodológico, considerando que las decisiones realizadas desde las primeras fases pueden influir en las etapas posteriores de producción. De esta manera, la propuesta busca orientar la selección y utilización de los recursos de acuerdo con las necesidades particulares del proyecto, evitando procedimientos innecesarios y manteniendo como finalidad la correcta representación y comunicación del espacio arquitectónico.

Finalmente, la investigación aporta una guía organizada y adaptable que puede servir como referencia para futuros desarrollos de recorridos virtuales 360° aplicados a proyectos arquitectónicos. Su estructura permite comprender la relación entre las distintas fases del proceso y reconocer los puntos en los que pueden realizarse ajustes o correcciones, sin establecer el procedimiento como una secuencia completamente rígida.

c) Limitaciones del Estudio

Limitación en la aplicación del recorrido.

Debido al tiempo disponible para el desarrollo de la investigación, no fue posible aplicar de manera formal la evaluación técnica y la evaluación con usuarios plateadas en la fase 8 de la propuesta metodológica. Durante el desarrollo del caso de estudio se realizaron testeos y previsualizaciones de manera iterativa para poder identificar errores y con ello realizar las correcciones necesarias, a pesar de esto, estas actividades no forman parte formal de los instrumentos de evaluación propuestos. Asimismo, no se realizó una evaluación con usuarios finales, por lo que los criterios relacionados con experiencia de navegación, comprensión espacial, inmersión, facilidad de uso y satisfacción general quedan pendientes de aplicación en futuras investigaciones.

Limitación de interactividad del entorno.

Debido a que la propuesta metodológica se orienta al desarrollo de recorridos virtuales mediante renders panorámicos 360°, la presentación del entorno ya se encuentra previamente renderizada, es decir, fijo, estático y por tanto presenta limitaciones frente a entornos totalmente tridimensionales ejecutados en tiempo real, principalmente en la modificación dinámica de elementos y condiciones del espacio. Aun con esto, esta característica propia de los renders permite el disminuir las exigencias graficas requeridas para su visualización y favorecer su acceso desde diferentes dispositivos.

Limitación de recursos computacionales.

Otra limitación vista desde lo técnico se aprecia en el hardware, este permitió desarrollar las diferentes etapas del caso de estudio, sin embargo, sus capacidades condicionaron determinados aspectos de la producción y calidad visual. El empleo de equipos con mayores prestaciones podría permitir configuraciones de renderizado más exigentes y reducir determinados tiempos de procesamiento.

Limitación de software de renderizado.

Durante la producción de renders panorámicos 360°, se identificaron limitaciones asociadas al motor de renderizado utilizado, esto debido a que el motor en modo panorámico de Lumion restringe determinados filtros disponibles en otros modos de renderizado. Aunque podrían considerarse motores alternativos, su incorporación habría requerido recursos adicionales como son la capacitación, configuración, y tiempo de producción, por lo que se mantuvo el software seleccionado para el desarrollo del caso de estudio.

d) Recomendaciones para Futuras Investigaciones

A partir del desarrollo de la presente investigación y de las limitaciones identificadas, se plantean distintas líneas que pueden ser consideradas en futuros estudios para continuar con la aplicación, evaluación y desarrollo de la propuesta metodológica.

Aplicación formal de la fase de evaluación.

En primer lugar, ser recomienda implementar de manera formal la Fase 8: “Evaluación del Recorrido”, particularmente mediante la participación de usuarios finales. La propuesta

metodológica establece criterios relacionados con la navegación, comprensión espacial, inmersión, facilidad de uso, y satisfacción general, además de aspectos correspondientes a la evaluación técnica. Debido a las limitaciones de tiempo, esta fase no pudo aplicarse formalmente en el caso de estudio, por lo que queda pendiente para futuras investigaciones su implementación, con el propósito de evaluar los criterios establecidos.

Aplicación en diferentes proyectos arquitectónicos.

Asimismo, se recomienda aplicar la propuesta metodológica en proyectos arquitectónicos con dientes características., escalas y niveles de complejidad. Su implementación en distintos casos permitirá observar el comportamiento y adaptabilidad de las fases propuestas ante diferentes necesidades y condiciones de desarrollo, así como identificar posibles ajustes que contribuyan al fortalecimiento de la metodología.

Medición de la optimización del tiempo y recursos.

Otra línea de investigación consiste en profundizar en la medición de la optimización del tiempo y los recursos durante el proceso de elaboración de los recorridos virtuales 360°. Futuras investigaciones podrían registrar y comparar variables como los tiempos empleados en cada fase, tiempos de renderizado, recursos computacionales utilizados, cantidad de modificaciones y características de los archivos generados. Todo esto permitiría complementar los criterios de optimización considerados en la propuesta con información cuantitativa obtenida durante su aplicación.

Comparación de herramientas y motores de renderizado

De igual manera se recomienda explorar y comparar diferentes herramientas y motores de renderizado para la producción de renders panorámicos 360°, considerando factores como tiempos de procesamiento, requerimientos de hardware, calidad visual, compatibilidad y factibilidad de integración. Esta comparación permitiría obtener información sobre las ventajas y limitaciones de diferentes alternativas tecnológicas y orientar su elección de acuerdo con las características, recursos y necesidades de cada proyecto.

Desarrollo de metodologías orientadas a entornos en tiempo real.

Finalmente, se recomienda considerar la presente propuesta metodológica como base de referencia para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de recorridos virtuales arquitectónicos mediante entornos tridimensionales en tiempo real. La metodología desarrollada en esta investigación se centra principalmente en la generación de recorridos mediante renders panorámicos previamente producidos, dando como resultado entornos principalmente estáticos y con comportamientos previamente establecidos. Futuras investigaciones podrían analizar la adaptación o ampliación de las fases propuestas para incorporar procesos de modelado, optimización, presentación e interacción en tiempo real, identificando aquellos procedimientos que puedan conservarse, modificarse o incorporarse de acuerdo con las características de este tipo de entornos.

Bibliografía

¿Qué es el modelado en 3D y para qué se usa? | Adobe. (s.f.). https://www.adobe.com/mx/products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

¿Qué es la realidad virtual (RV)? | Adobe Substance 3D. (2026). https://www.adobe.com/mx/products/substance3d/discover/what-is-vr.html?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

¿Qué es y cómo se abre un archivo HDRI? | Adobe. (n.d.). https://www.adobe.com/es/creativecloud/file-types/image/raster/hdri-file.html?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

¿Qué son los materiales PBR? (2023, marzo 28). Lumion. https://lumion.es/materiales-pbr/

3DVista. (2026, March 10). 3DVista - Software Profesional para Visitas Virtuales, líder desde 1999. https://www.3dvista.com/es/

A23d. (2023, abril 18). PBR Textures in Architectural Visualization. https://www.a23d.co/blog/pbr-textures-in-architectural-visualization

Admin. (2026). GOVirtual Tours 101 – Understanding Navigation Techniques. GO Virtual Tours. https://www.govirtualtours.co.uk/component/content/article/virtual-tours-101---understanding-navigation-techniques?catid=2&Itemid=101

Ai, S. (2026, febrero 12). ¿cómo funciona el modelado 3D para arquitectura? - i3D. i3D. https://www.ihme3d.com/es/como-funciona-el-modelado-3d-para-arquitectura/

Aprendercine.com. (2025, April 22). Postproducción audiovisual: qué es y en qué consiste, con ejemplos. https://aprendercine.com/postproduccion/

Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. (2020). Design methodology for 360° immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour. Personal and Ubiquitous Computing, 24(6), 843–859. https://doi.org/10.1007/s00779-020-01373-8

Argyriou, L., Economou, D., & Bouki, V. (2020). Design methodology for 360° immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour. Personal and Ubiquitous Computing, 24(6), 843–859. https://doi.org/10.1007/s00779-020-01373-8

Ariya, P., Wongwan, N., Worragin, P., Intawong, K., & Puritat, K. (2025). Immersive realities in museums: evaluating the impact of VR, VR360, and MR on visitor presence, engagement and motivation. Virtual Reality, 29, 117. https://doi.org/10.1007/s10055-025-01201-5

Arte & TécnicaArquitectura & Ingenieria. (2024, mayo 21). Arte & Técnica. https://arteytecnica.com/blog/2024/05/24/arquitectura-digital/

AuraProds, T. (2025, abril 7). Addons: Cómo instalarlos en Blender paso a paso. Aura Prods. https://auraprods.com/blender-y-3d/addons-como-instalarlos-en-blender-paso-a-paso/

Azarby, S., & Rice, A. (2022). Estimación de escala para decisiones de diseño en entornos virtuales: comprensión del impacto de las características del usuario en la percepción espacial en sistemas inmersivos de realidad virtual. Edificios, 12(9), 1461. https://doi.org/10.3390/buildings12091461

Barrachina, F. (2025, July 1). Home - Faro. FARO BARCELONA. https://faro.es/en/blog/ies-light-files-guide

Blender Foundation. (s.f.). RenderiNg — Blender. Blender. https://www.blender.org/features/rendering/#real-time

Campus, C. (2025, diciembre 26). ¿Qué es un render? Características y aplicaciones. Universidad Europea Creative Campus. https://creativecampus.universidadeuropea.com/blog/que-es-renderizar/

Chaos Cloud – Present, review, and render — easily perform every step on the cloud | Chaos. (n.d.). https://www.chaos.com/cloud

Cinedidacta. (2026, March 21). ¿Qué es la postproducción? Estas son las 6 etapas clave que debes conocer (con recursos). Cinedidacta. https://cinedidacta.com/postproduccion-audiovisual/

Complementos - Blender 5.1 Manual. (s.f.). https://docs.blender.org/manual/es/latest/editors/preferences/addons.html

Diaz-Colón, Y., & Ereú-Ledezma, E. J. . (2024). El metaverso como entorno inmersivo de aprendizaje contexto de la educación. Revista Multidisciplinaria Voces De América Y El Caribe, 1(1), 359-379. https://doi.org/10.69821/REMUVAC.v1i1.36

Elbert, M. J. P., Mendoza, B. M. Z., Aguirre, K. a. M., & Cárdenas, M. V. (2023). Realidad virtual, realidad aumentada y realidad extendida en la educación. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9006263

Esclapés, J., Tejerina, D., Esquembre, M. A., & Bolufer, J. (2013). Propuesta metodológica para la generación de recorridos virtuales interactivos. Virtual Archaeology Review, 4(9), 212-222.

Game. (2024, May 30). Guía Definitiva para Crear Imágenes HDRI | CityGame. CityGame. https://citygame.com.ar/how-to-create-hdri/

Garden Gnome Software. (2025, December 11). Pano2VR - Virtual Tour Software. Garden Gnome. https://ggnome.com/pano2vr

Garg, D. (2023). Google's top tips for designing virtual reality applications. Medium. https://uxplanet.org/googles-top-tips-for-designing-virtual-reality-applications-368c6b33922a

Giancr. (2025, abril 2). Qué es HDRi? y Qué es LDRI? concepto y diferencias. Giancr. https://giancr.com/que-es-hdri-y-que-es-ldri-concepto-y-diferencias/

Gomez-Tone, H. C., Martin-Gutierrez, J., Bustamante-Escapa, J., Bustamante-Escapa, P., & Valencia-Anci, B. K. (2021). Perceived Sensations in Architectural Spaces through Immersive Virtual Reality. VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability, 6(2), 70–81. https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2021.16253

Gomez-Tone, H. C., Martin-Gutierrez, J., Bustamante-Escapa, J., Bustamante-Escapa, P., & Valencia-Anci, B. K. (2021). Perceived Sensations in Architectural Spaces through

Immersive Virtual Reality. VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability, 6(2), 70–81. https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2021.16253

Grašić, M., Bernik, A., & Cviljušac, V. (2026). A Taxonomy of six Perceptual cues Underlying photorealism in 3D-Rendered Architectural scenes: A Cue-Based Narrative Review. Journal of Imaging, 12(3), 113. https://doi.org/10.3390/jimaging12030113

He, H. (2023, December 26). What are IES Files. Rayzeek. https://www.rayzeek.com/es/glosario/que-son-los-archivos

herramientasdigitales - Kuula. (n.d.). https://sites.google.com/unemi.edu.ec/recursos-recorridos-virtuales/contenido/kuula

Hotspots soportados en Tours Virtuales | Apoyo. (n.d.). https://www.360are.com/support/tour-editor/supported-hotspots.html

Innovae. (2025). Realidad virtual. Innovae. https://www.innovae.com/la-tecnologia-de-realidad-virtual/

Kreutzberg, A. (2018). Visualising Architectural Lighting Concept with 360° Panoramas. Architecture, Design and Conservation - Danish Portal for Artistic and Scientific Research. https://adk.elsevierpure.com/en/publications/visualising-architectural-lighting-concept-with-360-panoramas/

Lee, J., Lee, S., Kim, Y., Kim, S., & Hong, S. (2023). Augmented virtual reality and 360 spatial visualization for supporting user-engaged design. Journal of Computational Design and Engineering, 10(3), 1047–1059. https://doi.org/10.1093/jcde/qwad035

Levis, D. (2006). ¿ Qué es la realidad virtual. *Mateus, S., & Giraldo, JE (2012).“Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual”. Scielo*

Li, C., Xu, M., Zhang, S., & Callet, P. L. (2019, May 1). State-of-the-art in 360{\deg} Video/Image Processing: Perception, Assessment and Compression. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1905.00161

Li, C., Xu, M., Zhang, S., & Callet, P. L. (2019, mayo 1). State-of-the-art in 360{\deg} Video/Image Processing: Perception, Assessment and Compression. arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1905.00161

Li, S., Say, W., & Rao, S. (2024). Desarrollo de visitas virtuales para comprender el entorno construido de un edificio educativo. Edificios, 14(5), 1291. https://doi.org/10.3390/buildings14051291

López, J. (2024). La Importancia del Feedback en el Diseño UX/UI | Experiencia, Tecnología, e innovación. https://www.atura.mx/blog/la-importancia-del-feedback-en-el-diseno-uxui. https://www.atura.mx/blog/la-importancia-del-feedback-en-el-diseno-uxui

MindSight Studios Inc. (2021, septiembre 21). SketchUp Extensions FAQ - Mind.sight.studios. mind.sight.studios. https://mindsightstudios.com/sketchup-plugins-faq/

Mortice, Z. (2023, agosto 8). Proyectar con RV genera modelos (y edificios) más eficientes. https://www.autodesk.com/es/design-make/articles/vr-building-design?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

Nehuén, T. (2025, septiembre 16). Modelado 3D - Qué es, historia, características, herramientas y tipos. Definición.de. https://definicion.de/modelado-3d/

Okoye, B. (2025, mayo 15). Cómo hacer proxy en SketchUp. QueSignificados. https://dcinl.com/como-hacer-proxy-en-sketchup/

Olguin Carbajal, M., Rivera Zárate, I., y Hernández Montañez, E. (2006). Introducción a la Realidad Virtual. Polibits, (33), 11-15.

P, M. (2025, julio 14). Qué es Matterport 3D y cómo funciona: Guía completa. Volantis Creative. https://somosvolantis.com/blog/tour-virtual-3d/que-es-matterport-3d-y-como-funciona-guia-completa/

Paes, D., Irizarry, J., Billinghurst, M., & Pujoni, D. (2023). Investigating the relationship between three-dimensional perception and presence in virtual reality-reconstructed architecture. Applied Ergonomics, 109, 103953. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103953

Paes, D., Irizarry, J., Billinghurst, M., & Pujoni, D. (2023). Investigating the relationship between three-dimensional perception and presence in virtual reality-reconstructed architecture. Applied Ergonomics, 109, 103953. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103953

Qué es PBR: su guía para el renderizado realista. (2025, julio 1). D5 Render. https://www.d5render.com/es/posts/what-is-pbr-in-computer-graphics

Quzada Celi, M. F. & Riofrío, M. V. Creación de una metodología para realizar recorridos virtuales en tres dimensiones.

Rahaman, H., Champion, E., & McMeekin, D. (2023). Outside Inn: Exploring the Heritage of a Historic Hotel through 360-Panoramas. *Heritage*, *6*(5), 4380–4410. https://doi.org/10.3390/heritage6050232

Recorridos virtuales 360 - Perspektiva 360. (2026). Perspektiva 360 | Herramientas De Ventas Y Comunicación. Retrieved abril 21, 2026, from https://perspektiva360.com/es/recorridos-virtuales-360/

Rigueros Bello, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. Tecnología Investigación y Academia, 5(2), 257–261. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/11278

Rigueros Bello, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. Tecnología Investigación y Academia, 5(2), 257–261. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/11278

Rodríguez, J., Lamas, M. I., & Castro-Santos, L. (2025). Scientific advances and applications of 360 Tours in the XXI century. Societies, 15(4), 74. https://doi.org/10.3390/soc15040074

Rowan, A. (2025, agosto 8). Material knowledge when rendering | TurboRender. https://turborender.com/blog/material-knowledge-when-rendering

Shikhri, R., Lanir, J., & Maimon, A. (2025). Do Virtual Visitors Experience Museums the Same Way as Physical Visitors? A Comparative Study. In S. Sorce, P. Elagroudy, & M. Khamis (Eds.), Proceedings of MUM 2025 - The 24th International Conference on Mobile and

Ubiquitous Multimedia (pp. 489-492). (Proceedings of MUM 2025 - The 24th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia). Association for Computing Machinery, Inc. https://doi.org/10.1145/3771882.3773945

SketchUp Rendering Software | Chaos Enscape. (s.f.). https://www.chaos.com/enscape/sketchup-rendering

Spasojevic, A. (2024, September 17). Definición de realidad virtual: ¿qué es la realidad virtual? phoenixNAP IT Glossary. https://phoenixnap.mx/glosario/vr-definici%C3%B3n

Stella. (2025, marzo 27). La guía definitiva sobre la topología de malla para modelos 3D de alto rendimiento. Meshy AI - El Generador De Modelos 3D Con IA Número 1. https://www.meshy.ai/es/blog/mesh-topology

Team, A. E. (2026, March 16). IES File Format explained: How to read & use photometric data. Auvolar. https://www.auvolar.com/blog/ies-file-format-explained

Tomás, & Tomás. (2025, enero 13). ¿Por qué la optimización de juegos está peor que nunca? República Gaming. https://republicagaming.com/por-que-la-optimizacion-de-juegos-esta-peor-que-nunca/

Tours virtuales 360° con Matterport. (2023, December 10). https://arquitecturas3d.com/tours-virtuales-360o-con-matterport/

Twinmotion. (n.d.). TwinMotion Cloud. https://www.twinmotion.com/twinmotion-cloud

Universidad Europea, Universidad presencial (Madrid, Valencia, Alicante, Canarias, Málaga) y Online. (2024, May 24). ¿En qué consiste la postproducción audiovisual? Universidad Europea. https://universidadeuropea.com/blog/postproduccion-audiovisual/

Virtuelle - hotspot navigation. (n.d.). https://www.virtuelle.io/glossary/hotspot-navigation

What is 3D Modeling & How Do You Use It? 3D Modelling Software | Autodesk. (s.f.). https://www.autodesk.com/es/solutions/3d-modeling-software?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

What is PBR (Physically based rendering). (2024, May 29). https://lightbeans.com/en/blog/tutorials/pbr-physically-based-rendering-explained-a-quick-guide

Zhang, Y., Zhang, B., Jang, W., y Pan, Y. (2024). Mejorar la cognición espacial en entornos de museos virtuales en línea: integrando estrategias de navegación basadas en juegos para mejorar la experiencia del usuario. Ciencias Aplicadas, 14(10), 4163. https://doi.org/10.3390/app14104163

Referencias al Software Utilizado:

AutoCAD:

Autodesk AutoCAD 2026 | Obtener precios y comprar el software AutoCAD oficial. (n.d.). https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

SketchUp:

SketchUp: Software de diseño 3D - Da vida a tu visión | SketchUp. (n.d.). Retrieved April 20, 2026, from https://sketchup.trimble.com/es

Lumion:

Lumion - Software de arquitectura y renderizado 3D. (n.d.). Software de arquitectura y renderizado 3D en tiempo real - Lumion. Lumion. https://lumion.es/

Adobe Photoshop:

Adobe Photoshop oficial: prueba gratis y aplicación en línea de fotografía y diseño | Adobe México. (n.d.). https://www.adobe.com/mx/products/photoshop.html?msockid=309ed5754e866bd3271cc30d4f086a32

3DVista virtual tour:

3DVista. (2026, February 4). 3DVista - Professional Virtual Tour Software, leading since 1999. https://www.3dvista.com/en/

Anexos

Enlace Raíz:

TESIS_ANEXOS_PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE RECORRIDOS VIRTUALES CON RENDERS 360°

Nota. El contenido del “Enlace Raíz” solo está disponible para su visualización y no para su descarga.

Orden de carpetas:

0. **TESIS_ANEXOS_PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE RECORRIDOS VIRTUALES CON RENDERS 360°**

1. **LEVANTAMIENTO**
   - Evidencia Fotográfica

2. **MODELOS 3D**
   - Modelo General
   - Modelos Individuales

3. **RENDERS PANORAMICOS**
   - Renders Estáticos
   - Modelos Individuales
     - *Renders Iniciales*
     - *Renders del Sector Derecha (Right)*
     - *Renders del Sector izquierda (Left)*

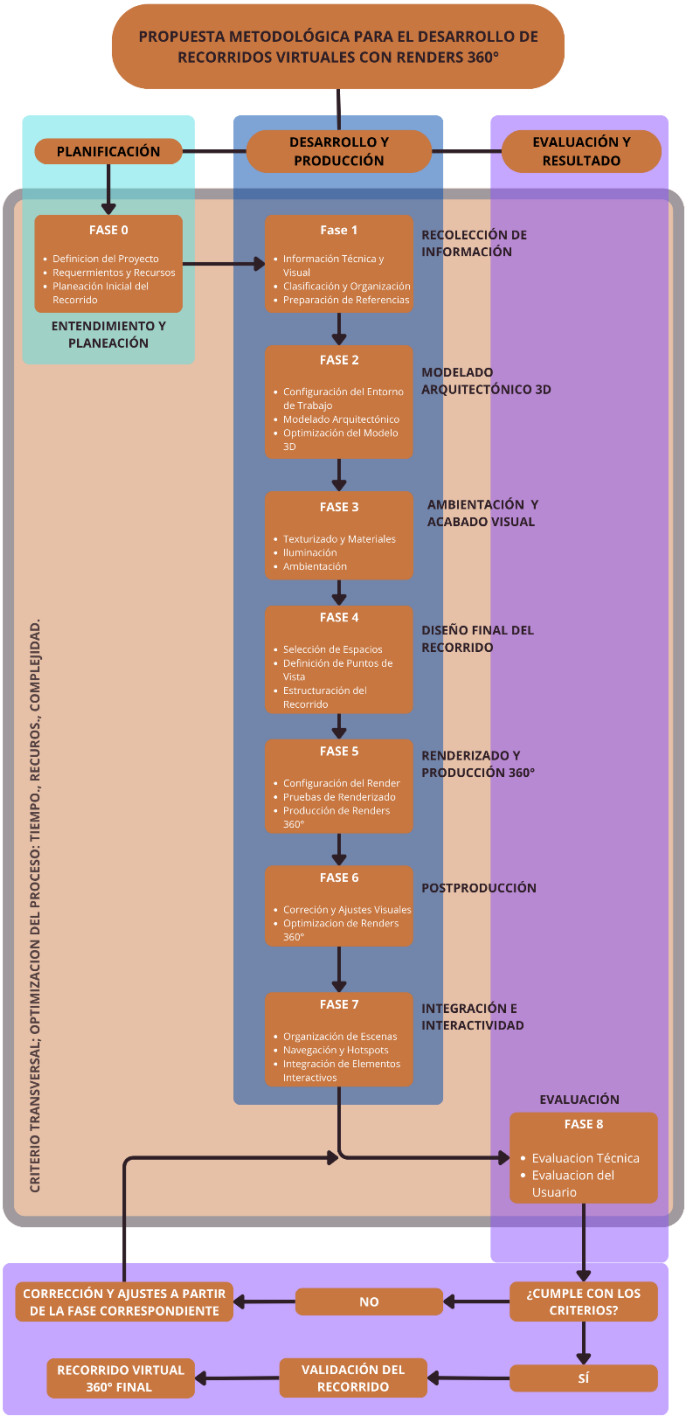
4. **VISUALIZACION DEL VR 360°**

5. **ELEMENTOS GRAFICOS ADICIONALES**
   - *Planta de Conjunto de Referencia de Renders 360°*

Diagrama de la Metodología

Figura 70

Estructura General de la Propuesta Metodológica para el Desarrollo de Recorridos Virtuales con Renders 360°



Nota. Elaboración Propia.

Especificaciones Técnicas

Las especificaciones técnicas que se usaron para la ejecución del caso de estudio: Digitalización de los espacios físicos para recorridos virtuales 360 para mejorar la accesibilidad y promoción del Instituto Tecnológico de Chetumal. Son:

Características Técnicas de OMEN Laptop 15-en0xxx.

- Os Windows Home 11.
- CPU Procesador AMD Ryzen 7 4800H con Radeon Graphics.
- RAM de 20 GB DDR4 a 3200 Mhz.
- GPU NVIDIA GeForce GTX 1650Ti de 4 GB de VRAM.
- Disco SSD NVMe.

Laptop usada para la fase de modelado y texturizado en SketchUp 2024, así como la postproducción digital en Photoshop e integración de los renders en la plataforma de visualización 360° de 3DVista Virtual Tour.

Características Técnicas de PC de Escritorio.

- Os Windows Home 11.
- CPU Procesador Intel (R) Core (TM) i7-14700KF.
- RAM de 32 GB DDR4 a 4800 Mhz.
- GPU NVIDIA GeForce RTX 4070 SUPER de 12 GB de VRAM.
- Disco SSD WD Green SN350 2TB.

PC usada para la fase de retexturizado y renderizado 360° en Lumion 12.5.