

IMMERSION

EN AMÉRICA LATINA

EN LA IMAGEN

FACULTAD
DE ARTES



Adopción y resignificación de las tecnologías 3D interactivas en línea en la arquitectura y el diseño en América Latina

Doctoranda: Jéssica Anahí Roude

Director Dr. Mariano Fressoli

Codirector Dr. Federico Del Giorgio Solfa





Inmersión en la imagen

Adopción y resignificación de las tecnologías 3D interactivas en línea en la arquitectura y el diseño en América Latina

Doctoranda: Jéssica Anahí Roude

Director: Dr. Mariano Fressoli

Codirector: Dr. Federico Del Giorgio Solfa

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Artes

Doctorado en Artes

La Plata, febrero de 2026.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a la ciudad de La Plata y a la Universidad Nacional de La Plata, entornos que alojaron y sostuvieron mi formación académica y profesional, así como un proceso más amplio de aprendizaje y construcción personal.

Esta tesis es el resultado de un recorrido extenso que no podría haberse desarrollado en otros contextos. La ciudad de La Plata y la Universidad Nacional de La Plata no fueron únicamente el marco institucional de mi formación, sino también espacios vivos, complejos y diversos, donde los límites entre lo académico, lo profesional y lo personal se entrelazaron de manera constante.

En estos ámbitos se articularon aprendizajes formales e informales, vínculos, experiencias y prácticas que trascienden lo estrictamente universitario. El contacto cotidiano con una ciudad profundamente atravesada por el arte, la cultura y el pensamiento crítico, así como el sostén brindado por la universidad pública, fueron fundamentales en la construcción de mi trayectoria como profesional y como persona.

Por todo ello, esta dedicatoria es también un reconocimiento a estos espacios que, al llegar desde otra ciudad, me ofrecieron un lugar no solo para formarme, sino también para habitar y construir un recorrido propio.

Agradecimientos

En particular, deseo agradecer a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el apoyo económico brindado durante los primeros años de mi formación doctoral, lo cual hizo posible una dedicación sostenida a este proceso de investigación.

Asimismo, agradezco a la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de La Plata, a la Universidad Nacional de La Plata y a la Universidad Nacional de Lanús, públicas y gratuitas, por haberme proporcionado espacios de excelencia para el aprendizaje, la producción de conocimiento y la reflexión crítica. Desde mi experiencia, considero que las instituciones nacionales de ciencia y tecnología, así como los sistemas de becas de investigación, resultan fundamentales para el avance del conocimiento científico, la formación de investigadores y el desarrollo de una sociedad más justa y equitativa. El apoyo financiero y académico recibido fue clave para llevar a cabo este trabajo y contribuir al campo de estudio abordado en esta tesis.

Este trabajo se ha enriquecido profundamente gracias a mi experiencia como docente, diseñadora e investigadora en el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología. En este marco, agradezco a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Lanús (UNLa), institución a la que pertenece el centro, y especialmente a su directora, Susana Espinosa, por brindarme el espacio, la confianza y el acompañamiento necesarios para desarrollar exploraciones con tecnologías disruptivas en ámbitos interdisciplinarios que articulan ciencia, arte, tecnología, diseño y educación. Su apoyo y orientación resultaron imprescindibles para el desarrollo de este proyecto.

Expreso también un agradecimiento especial a mi director, Dr. Mariano Fressoli, y a mi codirector de tesis, Federico Del Giorgio Solfa, por el acompañamiento, la confianza y las orientaciones brindadas a lo largo de todo el recorrido doctoral. Sus aportes teóricos, metodológicos y críticos fueron fundamentales para la consolidación de este trabajo.

Agradezco a Gabriel Guidi por haber confiado tempranamente en mi enfoque de trabajo y por impulsar espacios de reflexión y producción que resultaron decisivos para la construcción de esta investigación. Agradezco a Franz Fischnaller por invitarme a colaborar y aprender a través de la práctica, generando experiencias que ampliaron y enriquecieron mi mirada sobre las tecnologías digitales y sus cruces con el diseño, el arte y la arquitectura. Asimismo, agradezco a Alejandro Sarmiento, Federico Meyer

Arana y Guillermo Crook por el intercambio profesional, el acompañamiento y las instancias de colaboración que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a la Universidad de Caldas (Colombia), al ISEA Festival, al Politécnico de Milán y a Ars Electronica por los intercambios, aprendizajes, invitaciones y vínculos contruidos a lo largo del camino, así como por abrir espacios de exploración, pensamiento crítico y cruce interdisciplinar. Del mismo modo, agradezco a todas las personas que participaron en las entrevistas y compartieron generosamente sus experiencias, saberes y tiempos, aportando miradas fundamentales para construir una comprensión situada de los procesos analizados en esta investigación.

Deseo destacar, asimismo, que esta tesis se inscribe en un entramado institucional y pedagógico que fue clave para su gestación y desarrollo. Las primeras exploraciones con tecnologías digitales y 4.0 —como la fotogrametría, el escaneo 3D, la realidad virtual, la realidad aumentada y la visualización interactiva— tuvieron lugar en el marco de espacios de experimentación y laboratorios pedagógicos vinculados a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, la Universidad Nacional de Lanús y el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología, particularmente en ámbitos como TecLab y Minga Lab, considerados antecedentes pioneros de los actuales formatos de laboratorios de fabricación y experimentación en América Latina. Estas instancias de prueba, ensayo y aprendizaje colectivo allanaron el camino para la formulación de las preguntas que dieron origen a esta investigación y motivaron la recomendación institucional de postular a una beca de investigación científica, con el objetivo de formalizar, sistematizar y validar académicamente este recorrido.

Finalmente, agradezco al CONICET el acompañamiento brindado a través de la beca de finalización doctoral, que permitió concretar y cerrar este trabajo de tesis.

Asimismo, agradezco a colegas, docentes, amigas, amigos y familiares que acompañaron este recorrido con paciencia, apoyo y confianza, sosteniendo el trabajo cotidiano que conlleva la realización de una tesis doctoral.

Resumen

La presente tesis analiza los procesos de adopción, adaptación y resignificación de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina. El objetivo principal es comprender cómo estas tecnologías se incorporan en contextos profesionales situados y qué transformaciones introducen en los modos de producir, comunicar y validar el conocimiento proyectual, más allá de su uso como herramientas de representación técnica.

La investigación adopta un enfoque cualitativo basado en el estudio de casos y entrevistas en profundidad con profesionales del campo. El abordaje metodológico se estructura en torno a tres núcleos problemáticos: los procesos de traducción tecnológica y de ajuste situado; la mediación del 3D interactivo en la interacción entre actores; y la formalización del conocimiento profesional para la sostenibilidad de las prácticas.

Los resultados evidencian que la adopción de estas tecnologías no responde a un modelo lineal, sino que se configura mediante procesos situados de apropiación, traducción y aprendizaje. A partir del análisis de los casos, se identifican patrones y configuraciones de adopción que permiten comprender distintos modos de incorporación del 3D interactivo en prácticas individuales, profesionales, institucionales y transdisciplinarias. Se concluye que el 3D interactivo en línea no opera únicamente como un recurso de visualización, sino como un dispositivo sociotécnico de mediación que habilita formas compartidas de comunicación, toma de decisiones y validación, contribuyendo a la legitimación de nuevos saberes y prácticas profesionales en entornos digitales, remotos o híbridos.

Tabla de Contenido

Inmersión en la imagen	2
Adopción y resignificación de las tecnologías 3D interactivas en línea en la arquitectura y el diseño en América Latina	2
Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Resumen	6
Tabla de Contenido	7
Nómina de las abreviaturas	9
Parte 1	
Planteamiento del problema	14
Capítulo 1	
Introducción	15
1.1. Contexto	15
1.2. Problema de la investigación	19
1.3. Supuestos de la investigación	20
1.4. Núcleos problemáticos y organización del campo de indagación	22
1.5. Propósito de la tesis	28
1.6. Relevancia	29
Capítulo 2	
Estado de la Cuestión	31
2.1. Introducción	31
2.2. Del objeto a la interfaz digital	34
2.3. De la imagen estática a la experiencia interactiva en entornos 3D	39
2.4. La imagen interactiva como herramienta profesional	43
2.5. Vacancias de investigación	46
2.6. Síntesis del estado de la cuestión	49
Capítulo 3	
Marco Teórico	51
3.1. Introducción	51
3.2. Traducción tecnológica y reconfiguración simbólica de la herramienta	52
3.3. Mediación e interacción en el uso compartido	54
3.4. Formalización y gestión del conocimiento en el sistema de trabajo	55
3.5. Síntesis del Capítulo	58
Capítulo 4	
Diseño Metodológico	60
4.1. Alcance y tipo de estudio	61
4.2. Selección de los casos de estudio	61
4.3. Presentación de los casos seleccionados	62
4.4. Técnicas de recolección y análisis de información	63
4.5. Estrategia de análisis de la información	64
4.6. Alcances, limitaciones y consideraciones éticas	64
Parte 2	
Presentación y análisis de los resultados	66
Capítulo 5	
El 3D interactivo en laboratorios individuales: exploración, necesidad y reconfiguración del oficio	67
5.1. Un laboratorio digital: redescubrir la práctica profesional a través del 3D interactivo online (Colombia)	70
5.1.1. Contexto	70
5.1.2. Adopción del 3D interactivo online	73
5.1.3. Proceso de traducción y mediación	76
5.1.4. Proceso de aprendizaje autodidacta y laboratorio digital	79
5.1.5. Efectos sobre la relación con los clientes	81

5.2. En el borde del mapa, pero en el centro del mundo virtual (Argentina)	83
5.2.1. Contexto	83
5.2.2. Adopción del 3D interactivo en la práctica profesional	85
5.2.3. Proceso de traducción y mediación	88
5.2.4. Proceso de aprendizaje autodidacta y construcción de un laboratorio digital	91
5.2.5. Efectos sobre la relación con los clientes	93
5.3. ¿Es un render interactivo un videojuego? (Perú México)	95
5.3.1. Contexto	95
5.3.2. Adopción de 3D interactivo	97
5.3.3. Proceso de traducción y mediación	100
5.3.4. Efectos sobre la relación con los clientes	105
5.4. Aprender y proyectar con 3D interactivo en laboratorios individuales, síntesis.	107
Capítulo 6	
El 3D interactivo en estructuras proyectuales complejas	113
6.1. La maqueta digital interactiva como herramienta estratégica en estructuras proyectuales consolidadas (México)	116
6.1.1. Contexto profesional	116
6.1.2. Adopción del 3D interactivo como necesidad estructural	117
6.1.3. Traducción espacial y mediación con los clientes	121
6.1.4. Aprendizaje proyectual y formalización del conocimiento	123
6.1.5. Cambio en la relación con los clientes	125
6.2. El 3D interactivo como infraestructura territorial y comunicacional en proyectos urbanos de gran escala (Uruguay)	128
6.2.1. Contexto	128
6.2.2. Adopción del 3D interactivo como estrategia institucional	131
6.2.3. Traducción territorial y mediación a través del gemelo digital	133
6.2.4. Aprendizaje técnico y organizacional en entornos urbanos complejos	136
6.2.5. Cambio en relación con clientes	138
6.3. El 3D interactivo como espacio cognitivo (Argentina)	141
6.3.1. Contexto	142
6.3.2. Adopción del 3D interactivo experimental	144
6.3.3. Traducción: del cuerpo y la materia al entorno digital interactivo	149
6.3.4. Aprendizaje: el 3D interactivo como proceso de investigación situada	152
6.3.5. Efectos: reconfiguración de los vínculos, los roles y la noción de "cliente"	154
6.4. El 3D interactivo en estructuras proyectuales complejas, síntesis.	158
Capítulo 7	
¿Qué patrones de adopción del 3D interactivo emergen en las prácticas proyectuales latinoamericanas?	161
7.1. Introducción	161
7.2. De los casos a los patrones: dimensiones para una lectura transversal	162
7.2.1. ¿De qué manera las interacciones configuran redes de apropiación tecnológica?	163
Redes autodidactas y abiertas: aprender, probar y sostener la práctica	164
Redes profesionales e institucionales: coordinar, comunicar y validar	165
Redes transdisciplinarias y experimentales: abrir preguntas y producir conocimiento situado	166
7.2.2. ¿Cómo se traducen las tecnologías 3D interactivas en cada contexto de práctica?	168
7.2.3. ¿Cómo se formaliza el conocimiento producido en la adopción del 3D interactivo?	172
7.3. De los patrones a los arquetipos: configuraciones de adopción tecnológica	177
Capítulo 8	
Nuevas configuraciones en el ecosistema digital	182
8.1. Inmersión en la imagen: el 3D interactivo en línea como herramienta proyectual en transformación	185
8.2. Inmersión en la imagen: El 3D interactivo como zona de mediación y pensamiento proyectual	192
8.3. Inmersión en la imagen: virtualidad, apropiación tecnológica y formalización del conocimiento proyectual	198

8.4. Modalidades emergentes de uso del 3D interactivo en línea en América Latina	203
Parte 3	
Conclusiones	208
Capítulo 9	
Síntesis del recorrido	209
9.1. Aportes al campo proyectual y académico	212
9.2. Alcances, limitaciones y líneas futuras de investigación	219
Capítulo 10	222
Anexos	222
10.1. Índice de Figuras	222
10.2. Índice de Tablas	222
10.3. Anexos	223
10.3.1. Anexo I	
Matriz comparativa completa de análisis de casos	223
10.3.2. Anexo II	
Esquema conceptual del modelo analítico	226
Referencias	228

Nómina de las abreviaturas

Aclaración

Las siglas en inglés se mantienen en su denominación original por tratarse de términos ya consolidados en la literatura especializada.

En el marco de esta investigación, el término *imagen tridimensional interactiva* se refiere específicamente a imágenes 3D interactivas alojadas en entornos en línea, accesibles a través de plataformas web o sistemas conectados a internet. Esta precisión es necesaria ya que la disponibilidad en línea constituye una condición central para su uso en contextos profesionales reales, caracterizados por el trabajo remoto, la colaboración distribuida y la mediación digital de los procesos proyectuales.

En esta tesis se utiliza preferentemente la expresión “en línea” para referir a modelos, plataformas o visualizaciones accesibles mediante internet. No obstante, en algunos pasajes se conserva el término “online” cuando se alude a denominaciones de uso extendido en la práctica profesional, expresiones habituales del campo o formas empleadas por los actores entrevistados.

Quedan por fuera de este recorte aquellas experiencias tridimensionales cerradas, offline o de uso exclusivamente local que, si bien pueden ofrecer altos niveles de inmersión, no participan de las dinámicas de circulación, intercambio y adopción profesional que interesan a esta tesis.

En este contexto, la condición de estar en línea resulta determinante. La imagen tridimensional interactiva adquiere relevancia profesional en tanto que puede ser compartida, actualizada y utilizada de manera remota, integrándose en flujos de trabajo distribuidos y en modelos de negocio digitales.

2D

Bidimensional.

3D

Tridimensional.

AEC

Architecture, Engineering and Construction (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

AR

Augmented Reality (realidad aumentada).

BIM

Building Information Modeling.

DIU3D

Diseño de interfaz de usuario en tres dimensiones.

Gemelo digital

Modelo digital dinámico que representa un objeto, edificio o sistema físico y permite su simulación y análisis.

HCI

Human–Computer Interaction (interacción humano–computadora).

IA

Inteligencia artificial.

IoT

Internet of Things (Internet de las cosas).

MR

Mixed Reality (realidad mixta).

New Media

Nuevos medios digitales caracterizados por la interactividad, la producción distribuida y la convergencia mediática.

Plataformas 3D

Entornos digitales que permiten la visualización, la interacción y la distribución de imágenes tridimensionales en línea.

Produsage

Modelo de producción distribuida en el que los usuarios participan activamente como productores y consumidores de contenidos.

RT

Real time (tiempo real).

UI

User Interface (interfaz de usuario).

UX

User Experience (experiencia de usuario).

VR

Virtual Reality (realidad virtual).

Web 3D

Tecnologías tridimensionales accesibles y ejecutadas en entornos web.

XR

Extended Reality (realidades extendidas: VR, AR y MR).



PARTE 1

Parte 1

Planteamiento del problema

Nota sobre el estilo narrativo

La redacción de la presente tesis adopta una alternancia deliberada entre la voz impersonal y la primera persona del plural. Esta decisión no es meramente estilística, sino que responde a una postura epistemológica que reconoce la investigación como un proceso situado y relacional.

Mientras que la forma impersonal se utiliza para la descripción de protocolos y marcos metodológicos estandarizados, el plural mayestático ('proponemos', 'analizamos') se emplea para dar cuenta de la implicancia de la autora en la construcción de los significados, las interpretaciones y la reconstrucción crítica de los casos de estudio, asumiendo que el conocimiento producido es fruto de una mediación activa entre teoría y campo. Asimismo, el uso del "nosotros" busca reflejar el carácter dialógico del proceso de investigación, el cual se ha enriquecido mediante el intercambio constante con la dirección y la codirección del trabajo.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

Las tecnologías digitales han transformado de manera dramática la representación, el diseño y la comunicación en la arquitectura y el diseño en todo el mundo en las últimas décadas. La prominencia de las imágenes 3D interactivas en línea, conocidas como renders interactivos, modelos navegables o visualizaciones inmersivas, ha sido particularmente popular en las prácticas de diseño actuales. Estas herramientas permiten visualizar un espacio antes de su construcción y reconfigurar la relación entre el diseñador, el cliente y el objeto proyectado, facilitando la interacción alternativa y la toma de decisiones (Norman, 2002; Manovich, 2001).

Estas condiciones requieren cuestionar cómo se emplean estas herramientas y el impacto que tienen en la práctica del diseño. Además, es importante entender cómo el potencial de estas tecnologías, como herramientas técnicas, altera la interacción entre quienes diseñan y quienes habitan o encargan los espacios proyectados. Bajo este paradigma, surgen algunas cuestiones sobre cómo se aprovechan estas tecnologías en prácticas de diseño concretas, qué transformaciones generan y qué implicaciones tienen para la configuración de la práctica profesional en toda América Latina. Por ello, este problema requiere una mirada situada sobre la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en el ámbito de la arquitectura y el diseño en América Latina.

En América Latina, sin embargo, la adopción de estas tecnologías no es homogénea ni lineal. Condicionada por variables culturales, económicas, institucionales y formativas, la incorporación de herramientas 3D interactivas se ve obstaculizada por procesos de adaptación, traducción tecnológica y de aprendizajes situados (Fressoli & Arza, 2017). Estas condiciones hacen necesario comprender cómo se integran estas herramientas en contextos específicos y qué implicancias tienen en la configuración de la práctica proyectual. Además, es indispensable explorar cómo dichas tecnologías, más allá de su potencial técnico, reconfiguran los vínculos entre quienes diseñan y quienes habitan o encargan los espacios proyectados.

Proponemos analizar la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en el ámbito de la arquitectura y el diseño en América Latina. Partimos de que las tecnologías son sistemas cargados de significados, que se construyen y modifican en

interacción con los actores que las usan (Pinch & Bijker, 1987; Star & Griesemer, 1989). En este sentido, el uso de tecnologías 3D no se limita a su implementación técnica, sino que también involucra procesos de negociación, aprendizaje, resistencia y resignificación por parte de arquitectos, diseñadores, clientes y desarrolladores.

Nos interesa comprender cómo estas tecnologías son apropiadas y adaptadas a distintas prácticas profesionales, qué conflictos y tensiones surgen durante su implementación y cómo se formalizan los conocimientos generados a partir de su uso (Nonaka & Takeuchi, 1995; Lundvall, 1988). La investigación se inscribe en el marco de las tecnologías 4.0, entendidas como una convergencia entre lo físico, lo digital y lo biológico (Schwab, 2016), y en los debates actuales sobre innovación, transformación digital y visualización proyectual en entornos híbridos o remotos. Esta indagación resulta relevante para problematizar no solo lo que las tecnologías prometen, sino también lo que efectivamente transforman en las condiciones concretas en las que se implementan.

Este proyecto se realizó sobre la base de un relevamiento de casos situados en América Latina vinculados a experiencias de adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en entornos online. El mapeo incluyó prácticas concretas provenientes de los campos del arte, la arquitectura y el diseño, en las que estos recursos tecnológicos se implementaron para visualizar, comunicar o comercializar proyectos en formato digital. A partir de este trabajo empírico inicial, surgió una serie de reflexiones en torno a la influencia que estas herramientas ejercen en la transformación de las prácticas proyectuales, así como a la necesidad de comprender cómo se insertan, se traducen y se adaptan en contextos profesionales reales, marcados por tensiones y desafíos propios de la región.

Este recorrido no surge de manera aislada, sino que se articula con una línea previa de trabajo, investigación y experimentación práctica vinculada a tecnologías inmersivas, escaneo tridimensional, realidad aumentada, visualización digital e interacción usuario-dispositivo. La participación en laboratorios, proyectos, eventos y espacios de formación aplicada permitió construir un contacto sostenido con estas tecnologías desde la práctica, antes de su sistematización académica en esta tesis. En ese proceso resultaron significativas las experiencias desarrolladas junto a Gabriel Guidi, en torno al escaneo 3D y la exploración de tecnologías tridimensionales, así como las colaboraciones con Franz Fischnaller, vinculadas al uso de escaneos, tomografías, visualización digital y presentación de experiencias en eventos especializados. Asimismo, producciones académicas previas permitieron abordar preocupaciones iniciales sobre los artefactos inteligentes de realidad aumentada como

posibles prótesis digitales, capaces de extender la percepción, la acción y la toma de decisiones en contextos de práctica profesional. Esta línea aportó un antecedente para pensar cómo ciertos dispositivos interactivos reorganizan los modos de visualizar, interpretar, comunicar y actuar, aspectos que luego se proyectan en esta tesis hacia el análisis de las imágenes 3D interactivas en línea en arquitectura y diseño (Roude & Del Giorgio Solfa, 2022, 2024).

Con el objetivo de comprender cómo se adoptan, resignifican y despliegan estas tecnologías en América Latina, la tesis propone una mirada situada que no parte de la eficacia técnica de las herramientas, sino de los modos en que los actores involucrados las interpretan y utilizan. Nos interesa indagar tanto en las condiciones de posibilidad como en los obstáculos a su adopción, considerando variables técnicas, culturales, simbólicas y económicas.

Desde este lugar, nuestro trabajo propone un recorrido que parte de los fundamentos teóricos y epistemológicos de la problemática, continúa con el análisis de casos empíricos seleccionados y culmina en una reflexión crítica sobre los sentidos que asumen estas tecnologías en el proceso proyectual contemporáneo. La intención no es evaluar su valor intrínseco, sino comprender cómo se convierten en herramientas culturalmente significativas en organizaciones, estudios y proyectos diversos.

Para lograrlo, el estudio se organizó en tres ejes temáticos, extraídos del problema de investigación subyacente. El primero —interacción— examina cómo los actores —profesionales, desarrolladores, clientes e instituciones— se relacionan en torno al uso de estas tecnologías, y cómo esas relaciones de comunicación, poder y validación influyen en los procesos de adopción tecnológica. El segundo eje trata sobre la traducción tecnológica y los ajustes realizados por los actores, examinando adaptaciones, negociaciones y reformulaciones de las herramientas según las necesidades y condiciones particulares de uso. Finalmente, el tercer eje implica la formalización del conocimiento —el proceso mediante el cual el conocimiento emergente se organiza, comparte y reutiliza—, lo que permite que las experiencias se acumulen, los procesos se optimicen y se habiliten nuevas implementaciones en otros contextos.

El fenómeno de la adopción de imágenes 3D interactivas plantea una serie de interrogantes fundamentales para comprender la evolución de las prácticas proyectuales en América Latina. Por un lado, estas herramientas permiten nuevas formas de comunicar ideas, representar proyectos y dialogar con los clientes, lo que abre posibilidades de mayor inmersión, de comprensión espacial y de participación

temprana en el proceso proyectual. Por otro lado, su uso implica la reconfiguración de los flujos de trabajo, la necesidad de nuevos aprendizajes técnicos y comunicacionales y la aparición de desafíos asociados a las condiciones materiales, simbólicas y culturales del entorno.

A lo largo de este trabajo, exploramos, desde una perspectiva cualitativa, cómo distintos actores del diseño —arquitectos, diseñadores industriales, desarrolladores y clientes— incorporan, adaptan y resignifican las imágenes 3D interactivas en sus prácticas profesionales. Para ello, analizamos casos concretos de adopción tecnológica, identificando los procesos de traducción (Callon & Latour, 1986), innovación de usuario (von Hippel, 1986), interacción social (Pinch & Bijker, 1987) y formalización del conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995) que emergen en dichos procesos. Consideramos que estas trayectorias de apropiación varían ampliamente según los contextos organizacionales, la experiencia previa de los actores, los recursos disponibles, los circuitos de producción y comercialización y la naturaleza de los vínculos con los clientes.

La tesis se estructura en varias partes. En primer lugar, desarrollamos un marco teórico que recorre los principales debates sobre visualización interactiva, prácticas proyectuales en transformación, experiencia del usuario, innovación contextual y tecnologías 4.0, articulando aportes de autores nacionales e internacionales (Schwab, 2016). En segundo lugar, presentamos un estado del arte que revisa trabajos académicos previos sobre el uso de imágenes 3D en arquitectura y diseño, detectando vacancias de investigación específicas en el contexto latinoamericano, tanto a partir de la revisión bibliográfica como de los hallazgos del propio relevamiento. Luego, detallamos el diseño metodológico, basado en entrevistas en profundidad y en el análisis cualitativo de casos, explicando los criterios de selección, el enfoque interpretativo adoptado y las estrategias de codificación y análisis.

A partir de allí, abordamos el análisis de casos seleccionados, reconstruyendo las experiencias de adopción tecnológica en diferentes contextos profesionales y examinando tanto los aspectos técnicos como los simbólicos de la apropiación. Finalmente, ofrecemos una reflexión crítica sobre los hallazgos obtenidos, destacando aprendizajes, desafíos y tensiones comunes, y elaborando reflexiones conceptuales y recomendaciones aplicadas que contribuyan a repensar el papel de estas tecnologías en el campo proyectual contemporáneo. En conjunto, la tesis busca aportar una mirada situada, reflexiva y útil sobre los procesos de transformación profesional que acompañan la incorporación de imágenes 3D interactivas en entornos online en América Latina.

1.2. Problema de la investigación

Tal como se señaló en la Introducción, en los últimos años las tecnologías de imagen 3D interactiva en línea han sido presentadas como herramientas capaces de transformar profundamente la práctica proyectual en arquitectura y diseño. Asociadas a promesas de innovación, eficiencia y mejora en la comunicación con los clientes, estas tecnologías comenzaron a incorporarse progresivamente en disciplinas como el diseño interior, el paisajismo, la visualización arquitectónica, el arte digital y otros campos vinculados a la representación proyectual. Sin embargo, lejos de desplegarse de manera homogénea o lineal, su adopción en los contextos profesionales latinoamericanos configura una situación problemática marcada por tensiones, ajustes y discontinuidades.

A partir de este escenario, la presente investigación se interroga sobre cómo estas tecnologías son adoptadas por arquitectos, diseñadores y creativos en la región, así como sobre los efectos que su incorporación produce en las prácticas profesionales. Lejos de asumir la tecnología como un factor automáticamente transformador, el estudio parte de la premisa de que el 3D interactivo en línea opera como un dispositivo sociotécnico, cuyo impacto depende de procesos situados de adopción, mediación y formalización del conocimiento.

La investigación se nutre de un conjunto de entrevistas en profundidad, experiencias profesionales y casos documentados en América Latina, en los que distintos actores incorporaron tecnologías de imagen 3D interactivas a sus prácticas. Los materiales analizados abarcan proyectos de los campos del diseño interior, el paisajismo, la visualización arquitectónica, el arte digital, el escaneo y la impresión tridimensional, así como otras formas de representación proyectual mediadas por herramientas interactivas en línea. Estas fuentes permitieron acceder a narrativas situadas que ponen en evidencia tanto los sentidos que los actores atribuyen a estas tecnologías como los desafíos técnicos, simbólicos y organizacionales que emergen durante su adopción.

De este relevamiento empírico se configura un nudo problemático transversal a todas las experiencias exploradas: la incorporación de tecnologías 3D interactivas en el campo proyectual no se presenta como un proceso estandarizado ni lineal, sino como una práctica fragmentada, incierta y en permanente ajuste. La expectativa de innovación asociada a estas herramientas contrasta con las condiciones concretas de implementación, atravesadas por desigualdades en el acceso a recursos, limitaciones

en la formación específica, dificultades de conectividad y resistencias culturales vinculadas a estructuras de trabajo ya consolidadas.

Si bien la pregunta por el impacto de las tecnologías digitales en la arquitectura y el diseño no es nueva, adquiere una relevancia renovada con la consolidación de las tecnologías 3D interactivas y de las realidades extendidas. Estas herramientas, inicialmente asociadas a campos como el entretenimiento, la ingeniería o los videojuegos, comenzaron a ocupar un lugar creciente en las disciplinas proyectuales, redefiniendo los modos de concebir, representar y comunicar los proyectos. No obstante, su implementación efectiva en los entornos laborales latinoamericanos pone de manifiesto condiciones desiguales de apropiación tecnológica, vinculadas a contextos institucionales, económicos y culturales específicos.

En este marco, el problema central que estructura la presente tesis se define a partir de la tensión entre la promesa de innovación técnica asociada al 3D interactivo en línea y las condiciones reales de apropiación tecnológica que enfrentan los profesionales del diseño en la región. En dicha tensión se expresan no solo brechas técnicas, sino también dilemas vinculados al conocimiento tácito, a la transmisión de saberes, a la comunicación con los clientes y a las dinámicas de trabajo en equipos interdisciplinarios.

A partir de este análisis, la investigación se organiza en torno a tres núcleos problemáticos que orientan el abordaje empírico y analítico. En primer lugar, se examinan los procesos de traducción tecnológica y de adopción, atendiendo a cómo los profesionales ajustan estas herramientas en función de sus trayectorias, saberes previos y contextos de trabajo. En segundo lugar, se analizan las dinámicas de interacción y mediación que el 3D interactivo en línea habilita entre arquitectos, clientes y técnicos, así como las transformaciones que estas producen en la comunicación del proyecto. Finalmente, se exploran los procesos de formalización del conocimiento y de sostenibilidad profesional, indagando en los modos en que estas prácticas se legitiman, se estabilizan y se proyectan a futuro en el campo disciplinar de América Latina.

1.3. Supuestos de la investigación

Partimos del supuesto de que la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina no responde a un modelo lineal ni a una transferencia tecnológica meramente instrumental, sino que se configura a través de procesos situados de adaptación,

ajuste y resignificación por parte de los profesionales que las implementan. Desde esta perspectiva, la incorporación del 3D interactivo excede su condición de herramienta técnica y se inscribe en transformaciones más amplias de carácter cultural y profesional, que inciden en los modos de producir, comunicar y validar el conocimiento proyectual.

Este estudio se inscribe en un enfoque cualitativo de carácter interpretativo. En lugar de plantear hipótesis a verificar, se trabaja con supuestos de investigación que sirven como lentes analíticos para orientar la indagación y organizar la lectura del corpus. En particular, se parte del supuesto de que la incorporación de tecnologías 3D interactivas en línea en las prácticas profesionales de arquitectura y diseño no constituye un proceso lineal ni meramente instrumental, sino una dinámica sociotécnica que implica ajustes, adaptaciones y resignificaciones según las condiciones organizacionales, comerciales y culturales. Desde esta perspectiva, la tesis indaga cómo estas tecnologías se integran al trabajo proyectual y qué transformaciones se observan en la producción, la comunicación y la validación del conocimiento en los casos analizados.

Planteamos que la incorporación del 3D interactivo en línea incide en la emergencia, formalización y circulación de nuevos saberes profesionales, contribuyendo a la sistematización de experiencias, a la consolidación de aprendizajes y a la proyección y sostenibilidad de las prácticas de arquitectura y diseño en contextos cada vez más digitalizados. Estas transformaciones se desarrollan de manera heterogénea, en función de las trayectorias profesionales, los contextos de inserción laboral y las condiciones concretas de uso, lo que da lugar a diversas prácticas de apropiación tecnológica.

A partir de este supuesto general, la investigación busca identificar y comprender los modos en que estas tecnologías son adoptadas, adaptadas y resignificadas en la práctica profesional; las transformaciones que introducen en las relaciones entre actores y en los procesos de trabajo; y los efectos que generan en la producción, formalización y proyección del conocimiento profesional en la arquitectura y el diseño en América Latina.

En función de lo expuesto, nos proponemos responder una serie de interrogantes que orientan esta investigación. En primer lugar, nos interesa comprender cómo los profesionales adoptan y adaptan el 3D interactivo en línea en sus prácticas cotidianas, identificando qué significados atribuyen a estas herramientas y cómo negocian su autoridad profesional. En segundo lugar, indagamos de qué manera estas tecnologías

median en la relación con los clientes y los equipos de trabajo, transformando los procesos de comunicación, de comprensión y de validación del proyecto.

Asimismo, nos preguntamos qué barreras técnicas, culturales o simbólicas enfrentan en ese proceso y qué estrategias despliegan para superarlas. Finalmente, exploramos cómo estas herramientas inciden en la formalización del conocimiento, en la sostenibilidad de las prácticas de arquitectura y diseño en contextos de servicios remotos y en la proyección futura de la disciplina en la región.

A partir de este supuesto general, a continuación se presentan las preguntas, los objetivos y los núcleos problemáticos que estructuran el desarrollo de la investigación y orientan el análisis de los casos.

1.4. Núcleos problemáticos y organización del campo de indagación

Este apartado presenta los núcleos problemáticos y los ejes de estudio que estructuran la investigación, con el objetivo de explicitar la lógica interna que organiza el desarrollo de la tesis. Dicha organización responde de manera homóloga a los interrogantes planteados y a los supuestos que orientan el análisis, lo que permite visualizar la coherencia entre los distintos componentes del diseño de la investigación.

Con este fin, las tablas que siguen sintetizan la articulación entre preguntas, objetivos y supuestos, ofreciendo una representación esquemática que facilita la comprensión de la estructura analítica del trabajo. Esta modalidad de presentación busca otorgar transparencia al proceso de investigación y hacer explícita la arquitectura conceptual que guía la indagación, en consonancia con los criterios de rigor propios de los enfoques cualitativos.

La presente investigación se sitúa en un marco temporal que abarca desde 2010 hasta la actualidad. Este recorte responde a un fenómeno de doble entrada: por un lado, la maduración técnica y la progresiva democratización de los motores de renderizado y de las tecnologías 3D interactivas en línea; por otro, la consolidación de un corpus bibliográfico que comienza a problematizar de manera sistemática los efectos de estas herramientas en el campo de la arquitectura y el diseño. Este período permite observar la transición de formas de visualización predominantemente pasivas a una cultura de interactividad integrada en los flujos de trabajo profesionales.

El campo de indagación se centra en las prácticas profesionales situadas en contextos urbanos de América Latina. Se incluyen no solo estudios de arquitectura tradicionales,

sino también agencias de diseño, marcas de visualización y profesionales independientes que han incorporado estas tecnologías en su labor cotidiana. El foco se coloca en los modos en que estos actores adoptan y resignifican el 3D interactivo, transformándolo de una herramienta de representación en un dispositivo sociotécnico que media la comunicación, la toma de decisiones y la validación del conocimiento proyectual.

En la Tabla 1 se presentan los componentes que delimitan el alcance de la investigación, incluyendo la población, el objeto de estudio, las unidades de análisis y los recortes temporales y espaciales.

Tabla 1
Componentes que delimitan el alcance de la investigación

Componente	Definición
Población	Estudios de arquitectura, agencias de diseño, marcas de visualización y profesionales independientes que desarrollan su actividad en contextos urbanos de América Latina.
Objeto de estudio	Los procesos de adopción, ajuste y resignificación de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional.
Unidades de análisis	Las prácticas de apropiación tecnológica, incluyendo procesos de mediación, traducción y aprendizaje en el flujo de trabajo cotidiano.
Recorte temporal	2010–actualidad. Etapa de maduración y democratización de las tecnologías 3D interactivas en línea y de consolidación de la literatura crítica sobre su impacto en la arquitectura y el diseño.
Recorte espacial	Ámbitos profesionales de América Latina, atendiendo a sus condiciones sociotécnicas y contextos de inserción laboral.

Nota. Elaboración propia a partir de los criterios de inclusión definidos para el estudio del campo profesional.

Una vez delimitadas las coordenadas espacio-temporales y los sujetos de estudio, se explicita la arquitectura lógica de la investigación. En la Tabla 2 se presenta la articulación entre el interrogante central, el objetivo general que orienta la indagación y el supuesto general que funciona como marco interpretativo del trabajo.

Tabla 2
Planteamiento general de la investigación

Pregunta general	Objetivo general
¿De qué manera la adopción y la resignificación de tecnologías 3D interactivas en línea transforman las prácticas proyectuales en el diseño y la arquitectura?	Analizar e interpretar los procesos de adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional, atendiendo a las transformaciones en la producción, la comunicación y la validación del conocimiento proyectual.
Supuesto general	
Se parte del supuesto de que la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina no constituye un proceso meramente técnico, sino que implica una reconfiguración más amplia de las formas de producir, comunicar y validar el conocimiento profesional, excediendo su uso como recurso de representación o presentación visual para dar paso a un instrumento cuyas capacidades intrínsecas y dimensiones operativas aún se encuentran en proceso de definición y descubrimiento dentro del contexto regional.	

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 3 se presenta el primer núcleo problemático de la investigación, centrado en los procesos de adopción y traducción del 3D interactivo en línea en la práctica profesional. La tabla articula las preguntas específicas, los objetivos correspondientes y el supuesto que orienta el análisis de este eje.

Tabla 3

Primer núcleo problemático: adopción y traducción del 3D interactivo en línea en la práctica profesional

Pregunta específica	Objetivo específico
¿Qué motivaciones, condiciones y trayectorias profesionales conducen a la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas por parte de arquitectos y diseñadores en América Latina?	Analizar las motivaciones, las condiciones de acceso y las trayectorias profesionales que influyen en la adopción de tecnologías de imágenes 3D interactivas en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño.

¿Cómo se integran las tecnologías de imágenes 3D interactivas en los procesos de trabajo existentes y qué ajustes y cambios generan en las prácticas profesionales?	Identificar y caracterizar los modos de integración del 3D interactivo en los procesos de trabajo profesionales, atendiendo a las reconfiguraciones que estas tecnologías introducen en las dinámicas proyectuales y productivas.
¿Qué tensiones, resistencias o dificultades emergen durante los procesos de adopción y uso del 3D interactivo en la práctica profesional?	Reconocer y analizar las dificultades que acompañan la transición hacia interfaces interactivas, considerando las jerarquías profesionales tradicionales.

Supuesto del núcleo

Se sostiene que la adopción y la traducción del 3D interactivo en línea no son lineales, sino que dependen de las trayectorias previas y de los contextos de inserción laboral del profesional, del estudio o de la agencia de diseño, lo que genera procesos de traducción tecnológica y de aprendizaje en los que el profesional debe negociar su identidad y autoridad frente a un modelo ahora compartido y abierto.

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 4 se presenta el segundo núcleo problemático de la investigación, centrado en la interacción entre actores y en la mediación del 3D interactivo en línea. La tabla articula las preguntas específicas, los objetivos correspondientes y el supuesto que orienta el análisis de este eje.

Tabla 4

Segundo núcleo problemático: interacción entre actores y mediación del 3D interactivo en línea

Pregunta específica	Objetivo específico
¿Cómo median las tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea la interacción entre arquitectos/diseñadores y otros actores involucrados (clientes, desarrolladores, equipos técnicos)?	Analizar el rol mediador del 3D interactivo en línea en las interacciones entre profesionales y otros actores, considerando los cambios en la comunicación, la toma de decisiones y la validación de propuestas.

¿De qué manera el uso de imágenes 3D interactivas en línea transforma los procesos de comunicación y de comprensión de los proyectos por parte de los distintos actores?	Identificar y caracterizar las transformaciones en los procesos de comunicación y comprensión de los proyectos derivadas del uso de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea.
¿Qué nuevas formas de participación, negociación o codiseño emergen a partir de la incorporación del 3D interactivo en línea en la práctica profesional?	Reconocer y analizar las formas de participación, negociación y codiseño que se habilitan mediante el uso de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en contextos profesionales.

Supuesto del núcleo

Se parte del supuesto de que el 3D interactivo en línea actúa como un dispositivo o instrumento mediador que reconfigura las relaciones entre los distintos actores involucrados en el proceso proyectual. Esta mediación favorece nuevas dinámicas de comunicación, participación y negociación, al tiempo que introduce tensiones respecto de los roles profesionales tradicionales y de la autoridad del arquitecto sobre la imagen.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5

Tercer núcleo problemático: formalización del conocimiento profesional y sostenibilidad de las prácticas

Pregunta específica	Objetivo específico
¿De qué manera las tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea funcionan como dispositivos de formalización y circulación del conocimiento en la red de diseño?	Analizar cómo el uso de tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea incide en los procesos de formalización, documentación y circulación del conocimiento profesional en la práctica de la arquitectura y el diseño.
¿Qué transformaciones se producen en los modos de validación y legitimación del conocimiento profesional a partir del uso de la interactividad 3D en línea?	Identificar y caracterizar las transformaciones en los modos de validación y legitimación del conocimiento profesional asociadas a la incorporación de estas tecnologías.
¿Cómo se vincula el uso de la interactividad 3D en línea con la sostenibilidad y la proyección futura de las prácticas profesionales en contextos latinoamericanos?	Examinar la relación entre el uso de tecnologías y la sostenibilidad de las prácticas, considerando su impacto en la proyección, la continuidad y la adaptación de los estudios y de los profesionales en contextos latinoamericanos.

Supuesto del Núcleo

Se parte del supuesto de que el uso del 3D interactivo en línea contribuye a nuevas formas de formalización y circulación del conocimiento profesional, fortaleciendo la visibilidad, la legitimación y la sostenibilidad de las prácticas de arquitectura y diseño en la región. No obstante, este proceso no es lineal, sino que implica una dinámica sociotécnica de traducción y aprendizaje, en la que el profesional debe negociar su autoridad frente a modelos compartidos, enfrentándose a desafíos en torno a la estandarización, la apropiación y la continuidad de dichas prácticas a lo largo del tiempo.

Nota. Elaboración propia.

En función de los núcleos problemáticos definidos, el interrogante central —¿cómo se adoptan, integran y resignifican las tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina?— constituye el eje de indagación que orienta el desarrollo de la tesis en su conjunto. A partir de esta pregunta general, el análisis se organiza en torno a tres ejes fundamentales: la traducción tecnológica del 3D interactivo en línea y los ajustes situados según las trayectorias de los actores; la mediación del 3D interactivo en línea en la interacción y la comunicación entre los diversos actores del proyecto; y la formalización del conocimiento profesional junto con la sostenibilidad de las prácticas en el tiempo.

Estos ejes estructuran la organización de la tesis en sus distintas secciones —estado del arte, marco conceptual, análisis de los casos y discusión final— y se disponen así porque responden a una lógica progresiva en los procesos de incorporación tecnológica. Dicha lógica permite abordar, en primer lugar, los procesos de traducción y ajuste vinculados a las trayectorias y contextos profesionales; en segundo término, las transformaciones en las dinámicas de interacción y mediación; y, finalmente, los efectos en la formalización del saber y en la proyección y sostenibilidad de las prácticas a futuro.

Este ordenamiento se vincula con la perspectiva procesual adoptada en la investigación, que concibe la incorporación del 3D interactivo en línea no como un evento puntual, sino como un proceso situado y dinámico. En este sentido, la Tabla 6 sintetiza la estructura analítica de la investigación, articulando de manera sistémica los núcleos problemáticos, las dimensiones de análisis, los ejes de transformación profesional y los conceptos clave que guían la lectura e interpretación de los casos de estudio y funciona como un mapa de navegación del presente trabajo.

La estructura analítica presentada puede ser comprendida, en términos de Samaja (1993), como una matriz de datos de carácter cualitativo, en tanto organiza las condiciones de producción e interpretación del dato empírico sin operar como una grilla de variables cerradas. En consonancia con los aportes de Ynoub (2007), esta estructura no funciona como un instrumento de reducción del fenómeno, sino como un dispositivo metodológico que articula el problema de investigación con el análisis empírico de los casos de estudio.

A partir de esta estructura analítica, se explicita a continuación el propósito de la presente tesis doctoral, orientado a comprender cómo la adopción de tecnologías de imagen 3D interactiva en línea opera como un dispositivo de transformación de la práctica profesional en arquitectura y diseño, reconfigurando los modos de producción, interacción y formalización del conocimiento proyectual en contextos latinoamericanos.

Tabla 6

Estructura de la Investigación: dimensiones analíticas de la adopción del 3D interactivo en línea

Núcleo problemático	Dimensión de análisis	Eje de transformación profesional (qué se investiga)	Concepto clave del supuesto
Adopción y Traducción	Subjetiva y técnica (la adopción de la herramienta)	Producción: las trayectorias previas y los ajustes en el método de trabajo del arquitecto.	Traducción tecnológica: negociación de la identidad profesional y de la autoridad proyectual frente a modelos compartidos.
Interacción y mediación	Relacional y social (el uso compartido)	Comunicación: el rol del 3D como puente interactivo entre arquitectos, clientes y técnicos.	Dispositivo mediador: reconfiguración de roles y emergencia de nuevas dinámicas de codiseño.
Formalización y sostenibilidad	Disciplinar y epistémica (la formalización del conocimiento)	Validación: los modos de documentar, legitimar y proyectar la práctica profesional a futuro.	Formalización del saber: el instrumento trasciende la mera imagen y se convierte en un estándar de práctica.

Nota. Elaboración propia.

1.5. Propósito de la tesis

El propósito de esta tesis es analizar los procesos de adopción y transformación profesional implicados en la incorporación de tecnologías de imágenes 3D interactivas en el campo de la arquitectura y el diseño en América Latina. A través del estudio de casos y del diálogo entre teoría y práctica, la investigación busca aportar herramientas conceptuales y metodológicas que permitan comprender estos procesos desde una perspectiva contextualizada, crítica y situada.

En particular, se propone producir un conocimiento situado que dé cuenta de las condiciones concretas en las que se despliegan estas tecnologías, de los sentidos que los distintos actores les asignan y de las tensiones que emergen en su implementación. Este propósito se fundamenta en la necesidad de visibilizar experiencias diversas que suelen quedar relegadas frente a discursos globales sobre innovación tecnológica, que tienden a homogeneizar prácticas y a desatender las desigualdades de acceso, de infraestructura y de formación presentes en la región.

Asimismo, la tesis se orienta a tender un puente entre los debates académicos y las prácticas profesionales, ofreciendo insumos analíticos relevantes tanto para la investigación como para la reflexión sobre estrategias de formación, comercialización e implementación tecnológica en estudios de arquitectura y diseño. Desde este enfoque, se busca contribuir a una comprensión amplia del fenómeno que considere de manera integrada los aspectos técnicos, simbólicos, comunicacionales y económicos que atraviesan la práctica proyectual contemporánea.

Finalmente, esta investigación tiene como propósito contribuir al fortalecimiento de una mirada crítica sobre los procesos de digitalización en el campo proyectual, evitando tanto el rechazo conservador a la tecnología como su idealización acrítica. A partir de la identificación de experiencias, dificultades y aprendizajes, se aspira a construir una base empírica que oriente decisiones profesionales, pedagógicas y, eventualmente, de política pública en torno a la apropiación de tecnologías 3D interactivas en América Latina.

1.6. Relevancia

En términos generales, la presente tesis se inscribe como una investigación sobre la práctica profesional de la arquitectura y el diseño, y no como una investigación proyectual en sí misma, en tanto que se propone analizar, conceptualizar y reflexionar críticamente sobre el uso de tecnologías de imágenes 3D interactivas desde una perspectiva externa y analítica. Este posicionamiento permite teorizar y comunicar los aprendizajes derivados del estudio de prácticas situadas, atendiendo a los modos en

que dichas tecnologías son apropiadas, resignificadas y puestas en uso en contextos profesionales concretos.

El foco de la investigación se centra en las transformaciones que la adopción del 3D interactivo introduce en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina, y su aporte se materializa mediante una reflexión académica de carácter cualitativo e interpretativo. En este sentido, la relevancia del estudio es tanto cognitiva como social y disciplinar.

La relevancia cognitiva de la investigación radica en que aporta conocimiento situado sobre los procesos de adopción y uso de tecnologías de imágenes 3D interactivas, lo que permite comprender cómo estas herramientas reconfiguran las dinámicas de trabajo, las relaciones entre actores y los modos de producción, comunicación y validación del conocimiento proyectual. Asimismo, el análisis de trayectorias profesionales y de prácticas concretas contribuye a visibilizar formas emergentes de ejercicio profesional que suelen quedar fuera de los enfoques centrados exclusivamente en la innovación tecnológica o en la dimensión técnica de las herramientas digitales.

Desde el punto de vista social, la investigación resulta relevante en tanto aporta elementos para comprender cómo las tecnologías de imágenes 3D interactivas inciden en las condiciones de trabajo, en las modalidades de colaboración y en las oportunidades de desarrollo profesional en contextos latinoamericanos. Al abordar estas tecnologías como parte de procesos sociotécnicos complejos, el estudio contribuye a la reflexión crítica sobre la digitalización de las prácticas proyectuales y sus implicancias en el acceso, la participación, la sostenibilidad y la reconfiguración de los vínculos entre profesionales, clientes y otros actores involucrados.

Por último, la relevancia disciplinar de la tesis se vincula con la necesidad de que las transformaciones asociadas a la incorporación de tecnologías digitales en la arquitectura y el diseño sean analizadas y discutidas desde el interior del propio campo profesional. En este sentido, la investigación se inscribe en una preocupación por fortalecer la reflexión teórica y metodológica sobre las prácticas contemporáneas, aportando herramientas conceptuales que permitan a los propios profesionales comprender, problematizar y orientar los cambios que atraviesan su ejercicio profesional en el marco de un proceso de digitalización creciente.

Capítulo 2

Estado de la Cuestión

2.1. Introducción

En este capítulo se analiza el estado de la cuestión sobre la adopción y el uso de tecnologías 3D interactivas en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño. Se revisa cómo estas herramientas transforman la producción proyectual, la interacción con clientes y colegas y la construcción de conocimiento. La revisión de la literatura combina enfoques técnicos, perceptivos, sociales y profesionales, mostrando tanto el potencial de estas tecnologías como las vacancias existentes en los estudios situados. Este marco permite abordar la imagen 3D interactiva no solo como un recurso de representación, sino también como posible mediador entre objetos, usuarios y contextos, ofreciendo una base conceptual para los apartados posteriores del capítulo.

En la era de la Revolución Digital, las prácticas de arquitectura y diseño se encuentran inmersas en un flujo constante de transformación. La expansión acelerada de los ecosistemas digitales, marcada por la aparición continua de nuevas herramientas y aplicaciones, plantea a los profesionales el desafío de adaptarse a un entorno en permanente evolución y de aprovechar sus oportunidades para el desarrollo proyectual y creativo. En este sentido, desde el campo de la arquitectura, Leach (2021) problematiza cómo la transición hacia la digitalización redefine los procesos tradicionales de creación, representación y ejecución de ideas proyectuales.

Esta transformación se expresa en la incorporación de un conjunto diverso de tecnologías que intervienen en distintas etapas del proceso proyectual. La realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR), por ejemplo, permiten visualizaciones inmersivas y superposiciones digitales sobre el mundo físico (Portman et al., 2015), mientras que el modelado de información de construcción (BIM) mejora la coordinación y la precisión de los proyectos mediante modelos digitales tridimensionales detallados (Azhar, 2011). A su vez, la impresión 3D facilita la creación rápida de prototipos y componentes personalizados (Gibson et al., 2015), y la inteligencia artificial (IA) permite optimizar diseños y anticipar comportamientos estructurales, ampliando las posibilidades de análisis y decisión en los procesos proyectuales, aunque también abre debates sobre automatización, autonomía técnica y transformación de las capacidades profesionales (Russell & Norvig, 2016; Bostrom, 2014). Por su parte, drones y sensores amplían la capacidad de captar información del entorno y

contribuyen a la construcción de sistemas inteligentes capaces de regular aspectos como la climatización, la iluminación o la seguridad (Nex & Remondino, 2014; Gubbi et al., 2013).

Más allá de sus diferencias técnicas, estas tecnologías comparten un rasgo común: modifican no solo los instrumentos de producción, sino también las formas de relación, aprendizaje y colaboración profesional. En este sentido, la conectividad global ha ampliado el acceso al conocimiento y habilitado nuevas formas de colaboración, comercio y creatividad, tanto para grandes corporaciones como para profesionales independientes (Schwab, 2016; Wellman, 2001; Tryon, 2013; Castells, 2010). La educación y la formación profesional se han visto profundamente afectadas por las aulas y los recursos virtuales, lo que ha favorecido un aprendizaje más flexible y personalizado (Anderson, 2008). Asimismo, en los cruces entre arte, diseño, tecnología y educación, algunos enfoques contemporáneos permiten pensar el aprendizaje como una práctica experimental, mediada por objetos, dispositivos y procesos de producción digital (Knochel, 2018).

En esta línea, los estudios sobre cultura digital, nuevos medios y participación en red han permitido comprender que las tecnologías digitales no solo distribuyen información, sino que reorganizan los modos de producción, circulación e interpretación de contenidos. Desde esta perspectiva, la producción digital se configura como un proceso cada vez más participativo, distribuido y mediado por interfaces, plataformas y comunidades conectadas (Hayles, 1999, 2006; Jenkins, 2006; Bruns, 2006; Dourish, 2001).

Estas transformaciones se expresan con particular claridad en las modalidades de trabajo. La adopción de herramientas digitales y de espacios colaborativos en línea ha consolidado las prácticas de trabajo remoto, promoviendo la flexibilidad y la eficiencia en la gestión de proyectos (Spreitzer et al., 2017). Asimismo, la creatividad y el diseño se han visto atravesados por la integración de software, plataformas y tecnologías inmersivas que amplían las posibilidades de experimentación, manipulación visual y exploración conceptual en entornos digitales (Manovich, 2001, 2013, 2014). Por otro lado, la naturalización del uso de la tecnología ha allanado el camino para la adopción creciente de tecnologías 3D interactivas, facilitando la participación de un público más amplio en la creación, personalización y visualización de proyectos (Carr, 2010; Birtchnell & Urry, 2013).

Desde el campo del diseño, estas transformaciones pueden vincularse también con nuevos paradigmas proyectuales centrados en la experiencia de usuario, el diseño de

servicios y los procesos de desarrollo orientados a las personas. Estos enfoques permiten situar la incorporación de tecnologías digitales no solo como una ampliación instrumental de las herramientas disponibles, sino como una reconfiguración de los modos de concebir, desarrollar, evaluar y comunicar productos, servicios y experiencias (Del Giorgio Solfa et al., 2018).

Dentro de este ecosistema de transformación, las tecnologías 3D interactivas representan un cambio en la forma en que se conciben y se comunican los proyectos. Permiten la creación de entornos virtuales complejos, desde maquetas digitales hasta gemelos digitales, y habilitan nuevas formas de interacción y de experiencia con los objetos y espacios proyectuales (Gibson et al., 2015; Manovich, 2001). Estas herramientas pueden ampliar el acceso al diseño, favorecer nuevas formas de producción creativa y transformar los modelos de negocio y la colaboración profesional (Campbell et al., 2011; Gibson et al., 2015; Anderson, 2012; Carpo, 2011).

En esta investigación se emplea la expresión “imágenes 3D interactivas en línea” para referir a un conjunto de modelos, visualizaciones, recorridos o entornos tridimensionales que pueden ser explorados, navegados o manipulados digitalmente por distintos usuarios, especialmente cuando circulan mediante plataformas online o dispositivos conectados. Si bien algunos desarrollos pueden funcionar también en entornos locales o cerrados, el interés de esta tesis se concentra en aquellas formas de 3D interactivo que amplían la comunicación, la validación y la circulación del proyecto en contextos digitales, remotos o híbridos.

Plataformas como SketchUp, Blender, Lumion, Matterport o Planner 5D permiten explorar, personalizar y presentar proyectos de manera interactiva, promoviendo la innovación y la diversidad de perspectivas en la práctica profesional. Por ejemplo, plataformas de modelado y visualización 3D accesibles y de bajo costo permiten que profesionales independientes o estudios pequeños produzcan y compartan representaciones interactivas de alta calidad, una práctica que hasta hace pocos años estaba restringida a grandes estudios con infraestructura tecnológica especializada.

Sin embargo, este potencial convive con tensiones importantes. La falta de formación específica, la rápida evolución tecnológica y las brechas digitales condicionan la apropiación efectiva de estas herramientas (Van Dijk, 2020). Además, surgen cuestiones éticas y legales relacionadas con la propiedad intelectual, la privacidad y la seguridad (Berman, 2012).

Estas tensiones justifican el recorte de la presente investigación. Nos centramos en comprender cómo la adopción y el uso de tecnologías 3D interactivas en línea están

transformando la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina. La tesis analiza cómo estas herramientas modifican la colaboración entre profesionales, la comunicación con los clientes, la distribución de recursos y el acceso a oportunidades laborales. Asimismo, examina cómo se producen la traducción y la adaptación de estas tecnologías en entornos locales, considerando su materialidad, sus modos de uso y los sentidos que adquieren en la práctica proyectual (Voordijk & Olde Scholtenhuis, 2024).

El estado de la cuestión se estructura en torno a tres desplazamientos principales: del objeto a la interfaz digital, de la imagen estática a la imagen interactiva, y de la experiencia inmersiva a su uso profesional en el ecosistema digital. Esta organización permite examinar, por un lado, los dispositivos tecnológicos y objetos inteligentes que facilitan el acceso y la interacción con imágenes 3D interactivas (Sterling, 2005; Norman, 2007; Rose, 2014); por otro, el cambio de paradigma de la representación hacia la interacción visual y comunicacional (Bolter & Grusin, 1999; Hansen, 2015); y finalmente, las oportunidades y tensiones que estas tecnologías habilitan en modelos de trabajo, comunicación con clientes y colaboración profesional (Fink, 2020).

De este modo, esta introducción sitúa el capítulo en la intersección entre tecnología, práctica profesional y mediación proyectual, preparando el terreno para explorar cómo la imagen 3D interactiva no solo puede representar, sino también mediar entre objetos, profesionales y contextos de trabajo.

2.2. Del objeto a la interfaz digital

Para pensar el estado de la cuestión en relación con el tema de esta investigación, resulta necesario profundizar en el modo en que ciertos artefactos, objetos de uso cotidiano y dispositivos de uso profesional se transforman en el marco de la cultura digital. En este apartado, el término “objeto” se utiliza en sentido proyectual, material y cultural, para referir a artefactos, productos, dispositivos, interfaces y sistemas concebidos, producidos o mediados por prácticas de diseño y arquitectura. Desde esta perspectiva, este recorte permite observar cómo los objetos diseñados dejan de comprenderse únicamente por su dimensión material, funcional o utilitaria, para ser analizados también como mediadores de experiencias, relaciones, significados e interacciones (Maldonado, 1977; Juez, 2002; Norman, 2007). A esta lectura se suma la preocupación por la aceptación social de la innovación, ya presente en autores como Loewy (1951), que permite pensar hasta qué punto los objetos técnicos y las nuevas interfaces logran ser incorporados, comprendidos y apropiados por sus usuarios.

En este sentido, el recorrido de este apartado parte de una lectura ampliada del objeto diseñado y avanza hacia las interfaces digitales que median el acceso a la información proyectual. Para ello, se revisan aportes que abordan la transformación de los objetos contemporáneos en objetos conectados, inteligentes, tecnodigitales o “encantados”, así como las discusiones sobre interfaces, pantallas, sensores y dispositivos que modifican la relación entre usuario, información y acción. Esta perspectiva permite situar las imágenes 3D interactivas dentro de un ecosistema más amplio de objetos e interfaces digitales, sin desplazar el foco central de la investigación: comprender cómo estas tecnologías se incorporan, se interpretan y se utilizan en prácticas proyectuales concretas.

Esta discusión también permite pensar el diseño tecnológico como un proceso evolutivo, en el que los artefactos se transforman a partir de ajustes sucesivos entre funciones, usos, contextos y decisiones proyectuales (Bre, 2007). Este desplazamiento dialoga, además, con enfoques provenientes del diseño de interacción y de los estudios sobre experiencia, que señalan que los objetos, interfaces y sistemas digitales no solo cumplen funciones operativas, sino que configuran modos de percepción, interpretación y acción en contextos sociales específicos. Desde esta mirada, el diseño no se limita a resolver la forma o la función de un artefacto, sino que organiza relaciones entre personas, tecnologías, prácticas y significados (Moggridge, 2006; Dourish, 2001; DiSalvo, 2012; Rawsthorn, 2018).

En este marco, resulta pertinente recuperar también la noción de interfase propuesta por Bonsiepe (1999), entendida no como una superficie meramente gráfica o técnica, sino como el ámbito en el que se articula la relación entre el usuario, el artefacto y la acción. Desde esta perspectiva, la interfase constituye una instancia de mediación que hace posible la interacción y organiza las condiciones mediante las cuales el usuario accede, interpreta y actúa sobre un objeto o sistema. Esta concepción resulta especialmente relevante para pensar las imágenes 3D interactivas en el campo proyectual, ya que permite comprenderlas no únicamente como representaciones digitales de objetos o espacios, sino como entornos de mediación en los que los actores pueden explorar, interpretar, comunicar y tomar decisiones sobre el proyecto. Así, el pasaje del objeto a la interfaz digital implica también un desplazamiento desde la representación hacia la interacción, en el que la relación entre sujeto, tecnología y proyecto adquiere un carácter activo y operativo.

En esta línea, diversos autores han manifestado una preocupación creciente por la transformación tecnológica de los objetos contemporáneos, señalando que estos atraviesan un proceso profundo de digitalización, conectividad e integración con

sistemas de información. Juez (2002) permite comprender los objetos como portadores de sentido y como mediadores de experiencias; Sterling (2005) introduce la noción de objetos tecnológicos vinculados a redes de información; Rose (2014) propone la idea de “objetos encantados” para referirse a artefactos cotidianos que pueden integrarse casi de forma invisible en la vida cotidiana, ofreciendo información y asistencia sin requerir atención constante; Norman (2007) plantea que ciertos objetos tecnológicos actúan como extensiones del cuerpo y de la cognición; e Ishii (1997, 2008) subraya la relevancia de las interfaces tangibles, capaces de articular sistemas digitales con objetos físicos. En una línea cercana, las discusiones sobre el pasaje del órgano al artefacto permiten comprender cómo ciertos dispositivos técnicos pueden ampliar, desplazar o reorganizar capacidades humanas de acción y percepción (Parente, 2017).

Estos aportes permiten reconocer que muchos objetos de diseño actuales ya no pueden entenderse únicamente por su forma, su función o su materialidad. Objetos cotidianos como teléfonos móviles, relojes inteligentes, electrodomésticos conectados, asistentes de voz, automóviles, mobiliario urbano, sensores ambientales, dispositivos vestibles, tabletas, computadoras o visores incorporan capacidades digitales, interfaces visuales, conectividad y sistemas de interacción que modifican la relación entre usuario, información y acción. En muchos casos, estas tecnologías se integran en la vida cotidiana de manera casi invisible, operando a través de pantallas, comandos, gestos, sensores o interfaces que median la experiencia.

Esta transformación resulta relevante para nuestro trabajo de investigación porque permite comprender las imágenes 3D interactivas dentro de un ecosistema más amplio de objetos, interfaces y tecnologías digitales. Nuestro enfoque no está puesto en analizar los dispositivos como objetos de diseño en sí mismos, sino en comprender cómo estos cambios en la cultura material y tecnológica preparan nuevas formas de relación con la imagen, el proyecto y la información espacial. En este marco, la imagen 3D interactiva puede pensarse como una interfaz digital que permite explorar, manipular, recorrer y comprender objetos o espacios proyectuales antes de su materialización.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente preguntarse cómo arquitectos, diseñadores, clientes y usuarios se adaptan al uso cotidiano de estos objetos conectados, interfaces digitales y entornos interactivos. La incorporación del 3D interactivo en la práctica proyectual no se produce en el vacío, sino en un contexto donde las formas de ver, tocar, navegar, decidir y comunicarse ya se encuentran atravesadas por tecnologías digitales. Por ello, antes de abordar la imagen interactiva como herramienta

profesional, resulta necesario comprender este desplazamiento más amplio: del objeto material a la interfaz digital como mediación de la experiencia proyectual.

Desde el recorte de este trabajo, resultan especialmente relevantes aquellos dispositivos que permiten acceder, visualizar e interactuar con experiencias tridimensionales complejas. Computadoras, tabletas, teléfonos móviles o visores de realidad virtual funcionan como interfaces materiales y visuales entre el usuario y el entorno digital (Manovich, 2001; Bolter & Grusin, 1999). La percepción y comprensión de estos entornos siempre está mediada por soportes físicos, pantallas, sensores o sistemas de navegación que condicionan la interacción, modifican la acción y transforman la interpretación del espacio. Cada gesto sobre un control, cada desplazamiento en una pantalla o cada manipulación de un modelo digital genera un flujo de información que influye directamente en la manera en que los usuarios comprenden, recorren e interpretan los objetos proyectuales.

Esta clave analítica permite comprender que las tecnologías digitales no solo transforman las herramientas proyectuales, sino también los procesos cognitivos y relacionales de la práctica profesional. En el caso de las imágenes 3D interactivas, la experiencia no se articula únicamente a través del modelo representado, sino también mediante las interfaces que permiten recorrerlo, observarlo, modificarlo, compartirlo o discutirlo (Manovich, 2001; Bolter & Grusin, 1999). Por eso, la experiencia digital es inseparable de los objetos y dispositivos físicos que la sustentan, pero también de las prácticas sociales y profesionales en las que se inserta.

Dentro de este complejo panorama de transformación, distintos autores han propuesto categorías para nombrar y analizar estos nuevos objetos atravesados por tecnologías digitales. Por un lado, estas aproximaciones permiten comprender cómo la incorporación de capacidades de procesamiento, conectividad y respuesta redefine la función tradicional del objeto. Raff et al. (2020), por ejemplo, proponen una clasificación de objetos digitales, conectados, reactivos e inteligentes, atendiendo a su grado de mediación tecnológica y complejidad. Por otro lado, el relevamiento del estado de la cuestión muestra que la diversidad terminológica —objetos conectados, reactivos, híbridos, 4.0, digitalizados, ubicuos o inteligentes— refleja tanto la expansión del campo como la ausencia de un consenso conceptual estable. Esta diversidad resulta significativa para esta investigación, ya que algo similar ocurre con las imágenes 3D interactivas, nombradas en la práctica profesional como modelos navegables, recorridos virtuales, maquetas digitales, visualizaciones online o entornos inmersivos.

Además de su dimensión técnica, estos objetos tecnodigitales también deben comprenderse desde sus dimensiones simbólicas, semióticas y relacionales. Finocchi et al. (2020) muestran cómo los dispositivos tecnodigitales portan significados y valores que inciden en la percepción, la interacción y las decisiones de los usuarios. Betti Marenko (2015), por su parte, enfatiza la naturaleza dinámica y morfogenética de estos objetos, atravesados por los avances tecnológicos, las interacciones humanas y las adaptaciones al entorno. Estos aportes permiten comprender que las tecnologías digitales no solo modifican los objetos, sino también las formas de interpretarlos, usarlos y vincularlos con prácticas sociales y profesionales específicas.

Esta lectura resulta especialmente relevante para pensar las imágenes 3D interactivas. Estas herramientas no solo contienen información proyectual, sino que también permiten la interacción directa, la exploración espacial y la experimentación conceptual en tiempo real. La integración de estas tecnologías implica considerar cómo la materialidad digital y la interactividad se entrelazan con la experiencia del usuario, condicionando la percepción, la acción y la construcción del conocimiento en la práctica proyectual. Schwab (2016) describe este escenario como una convergencia entre lo físico, lo digital y lo biológico, en el que los objetos adquieren capacidades de conexión, adaptación y respuesta. Por su parte, Manzini (2015) enfatiza la cocreación y el diseño distribuido, mostrando que los objetos funcionan como nodos en redes sociotécnicas que articulan datos, usuarios, procesos y decisiones.

Desde esta perspectiva, la imagen 3D interactiva puede entenderse como una interfaz proyectual que conecta la materialidad física, la digitalización y la interactividad. No se trata únicamente de una imagen que representa un objeto o un espacio, sino de un entorno de acceso, exploración y comunicación que reorganiza la relación entre diseñador, usuario, cliente y proyecto. Esta condición resulta especialmente relevante para la arquitectura y el diseño, donde la comprensión del espacio, la anticipación de decisiones y la comunicación con otros actores forman parte central del proceso proyectual.

En síntesis, la literatura relevada permite pensar que las imágenes 3D interactivas funcionan como dispositivos de mediación proyectual que reorganizan las relaciones entre sujetos, objetos, interfaces y tecnologías. No se trata solo de herramientas que aumentan la eficiencia técnica, sino de mediaciones que transforman las estrategias de comunicación, la colaboración y la construcción de conocimiento proyectual. Sin embargo, esta lectura deja abiertos interrogantes que resultan relevantes para esta investigación: ¿cómo se trasladan estas transformaciones de los objetos, dispositivos e interfaces digitales al campo de la arquitectura y el diseño? ¿De qué manera

arquitectos, diseñadores, clientes y usuarios se adaptan a entornos donde la información proyectual ya no se presenta únicamente como imagen estática, sino como experiencia navegable e interactiva? ¿Qué tensiones emergen cuando estas interfaces prometen mayor comprensión, participación y colaboración, pero se incorporan en prácticas profesionales atravesadas por condiciones técnicas, culturales y organizativas específicas?

En el apartado siguiente se profundiza en la transición de la representación a la interacción, atendiendo al pasaje de la imagen estática a la imagen interactiva en la visualización del proyecto.

2.3. De la imagen estática a la experiencia interactiva en entornos 3D

En continuidad con el análisis objetual desarrollado en la sección anterior, esta parte de la investigación se centra en la imagen como tecnología y como medio de interacción. En particular, se analiza el pasaje de la imagen tridimensional estática a la imagen tridimensional interactiva, entendida no solo como un recurso de representación, sino también como un dispositivo activo de comunicación, exploración y experiencia.

Desde una perspectiva teórica, esta transición pone en evidencia un cambio de paradigma en el que la imagen deja de operar como soporte estático de información para convertirse en un entorno navegable, manipulable y participativo, en el que el usuario adquiere un rol activo. Como señalan diversos autores en el campo de los nuevos medios y la cultura digital, la imagen interactiva no solo amplía las capacidades técnicas de representación, sino que reconfigura los modos de percepción, uso y comprensión del espacio, introduciendo dimensiones experienciales que trascienden la visualización tradicional (Manovich, 2001; Carpo, 2011).

Este desplazamiento habilita nuevas formas de interacción con el espacio proyectado y plantea interrogantes que atraviesan dimensiones sociales, técnicas y perceptivas, vinculadas a la identidad digital, la mediación tecnológica y la relación entre cuerpo, percepción y representación. En este sentido, la imagen interactiva se constituye en un nodo central en la articulación entre la tecnología, la experiencia y la práctica proyectual.

La consolidación de entornos virtuales e interactivos también se vincula con una tradición de pensamiento sobre realidad virtual, simulación y diseño de experiencias digitales, en la que convergen aportes provenientes de los estudios tecnológicos, los videojuegos y la cultura participativa. Estos enfoques permiten reconocer que la interacción no depende únicamente de la calidad visual de la imagen, sino también de las reglas de navegación, las posibilidades de acción, la respuesta del sistema y la construcción de una experiencia significativa para el usuario (Lanier, 2017; Schell, 2008; Jenkins, 2006).

Desde este marco, la imagen interactiva no solo transforma los modos de representación en arquitectura y diseño, sino que también reconfigura las condiciones de percepción, navegación y comprensión del espacio proyectado. Por ello, resulta necesario revisar los aportes de la experiencia de usuario, el diseño de interfaces tridimensionales y los estudios sobre inmersión, con el fin de comprender cómo la imagen deja de ser una superficie estática para convertirse en un entorno de acción, exploración y construcción de sentido.

En este punto, los estudios sobre experiencia de usuario permiten introducir una pregunta central: qué ocurre cuando los principios de usabilidad, claridad y eficiencia, desarrollados principalmente para interfaces bidimensionales, se trasladan a entornos tridimensionales interactivos. El desarrollo de la experiencia de usuario (UX) en entornos digitales ha sido históricamente concebido como una evolución del diseño de interfaces gráficas, orientada a optimizar la interacción entre las personas y los sistemas tecnológicos. Pioneros como Donald Norman (2002, 2007), Jakob Nielsen (1994) y Alan Cooper (1995) establecieron principios fundamentales que priorizan la claridad, la eficiencia y la reducción de la carga cognitiva, configurando recorridos de interacción predecibles y comprensibles. Estos principios, desarrollados originalmente para entornos bidimensionales como software de escritorio, aplicaciones móviles o páginas web, resultaron altamente eficaces para garantizar la usabilidad y la adecuación de los sistemas a las capacidades humanas. Sin embargo, la emergencia de entornos tridimensionales interactivos —maquetas arquitectónicas navegables, recorridos virtuales, simulaciones espaciales— ha puesto de relieve las limitaciones de estos enfoques, ya que la interacción deja de ser exclusivamente visual o cognitiva para involucrar dimensiones corporales, perceptivas y situadas. Este desplazamiento resulta relevante para esta investigación, en tanto que permite interrogar la validez de los modelos clásicos de experiencia de usuario al trasladarlos a entornos proyectuales tridimensionales interactivos.

En entornos tridimensionales, Manovich (2001) sostiene que el usuario no solo observa información, sino que también se desplaza, interpreta escalas, evalúa distancias, anticipa recorridos y construye activamente una comprensión espacial del entorno proyectado. Este planteo permite pensar la interfaz no como un plano pasivo de representación, sino como un entorno integral que articula la acción, la percepción y la exploración. Desde esta perspectiva, la imagen interactiva se entiende como un espacio de experiencia activa, donde la navegación, la manipulación y la interacción adquieren un rol central en la comprensión del proyecto.

Bolter y Grusin (1999) plantean que las interfaces digitales actúan mediante procesos de remediación, reconfigurando prácticas visuales previas y reorganizando los modos de interacción con el usuario. La remediación implica tanto la transformación de formas de representación tradicionales como la búsqueda de la inmediatez experiencial, lo que genera tensiones entre la visibilidad, la comprensión y la manipulación del medio. Este enfoque permite comprender que la transición hacia entornos tridimensionales interactivos no solo es un cambio técnico, sino también una reconfiguración cultural y cognitiva de la interacción, que modifica la percepción, el sentido y el valor de la información proyectual.

En este marco, resulta pertinente recuperar el planteo de Tomás Maldonado sobre la relación entre lo real y lo virtual, entendida no como una dicotomía excluyente, sino como un continuo técnico, cultural y operativo mediado por dispositivos y sistemas de representación. En *Lo real y lo virtual* (Maldonado, 1994), el autor advierte que las tecnologías digitales no instauran un “segundo mundo” desligado de la realidad material, sino que reconfiguran las condiciones de percepción, de acción y de conocimiento de lo real. Desde esta perspectiva, lo virtual no sustituye a lo real, sino que lo extiende, lo interpreta y lo reorganiza mediante mediaciones técnicas específicas. Esta concepción resulta especialmente relevante para el análisis de entornos 3D interactivos en arquitectura y diseño, donde la experiencia inmersiva no se limita a una simulación desligada del proyecto material, sino que constituye un espacio intermedio de exploración, anticipación y toma de decisiones, en el que lo digital y lo físico se articulan de manera continua en la práctica proyectual.

La integración de la tridimensionalidad y la interactividad subraya la centralidad del cuerpo como mediador de la experiencia. Las investigaciones en realidad virtual (VR) y aumentada (AR) destacan que la percepción espacial, la orientación, el movimiento y la acción corporal son determinantes para la comprensión y la evaluación de los entornos simulados (Blascovich & Bailenson, 2011; Slater & Sanchez-Vives, 2014). Estas experiencias no son solo visuales, sino también encarnadas: la sensación de

presencia, de “estar ahí”, surge de la coherencia entre estímulos visuales, espaciales y sensoriales. De este modo, la experiencia inmersiva se articula en un espacio donde la cognición y la corporalidad interactúan de manera inseparable, transformando la manera en que se construye el conocimiento del espacio proyectado.

Sherry Turkle (2011) y Nick Yee (2014) enfatizan que los entornos inmersivos también permiten la construcción de identidades digitales complejas mediante avatares y representaciones virtuales. Esta dimensión es particularmente relevante en el contexto profesional, donde la imagen digital del proyecto y del diseñador interactúa con clientes, colegas y audiencias más amplias. La mediación tecnológica del cuerpo y de la percepción, abordada por Hansen (2015) y Ihde (2009), no solo modifica la experiencia sensorial, sino que también genera efectos culturales y sociales, transformando las expectativas sobre la interacción, la comunicación profesional y la legitimación disciplinar.

En paralelo, autores como Bowman et al. (2006), Broy et al. (2016) y Yue (2021) han señalado que el diseño de interfaces tridimensionales requiere marcos metodológicos específicos, distintos de los desarrollados para interfaces bidimensionales. Las experiencias inmersivas deben considerar simultáneamente aspectos técnicos, espaciales y corporales, lo que exige una conceptualización integrada del entorno como una extensión del cuerpo del usuario. La interfaz deja de ser una superficie de información para convertirse en un espacio navegable, manipulable y situacional, en el que la percepción, la acción y la decisión profesional se entrelazan.

Estudios recientes en visualización arquitectónica y espacial muestran que la inmersión puede mejorar la comprensión del proyecto, anticipar problemas, optimizar la toma de decisiones y facilitar la comunicación con múltiples actores (Ham & Schnabel, 2011; Portman et al., 2015; David et al., 2022). La posibilidad de recorrer virtualmente un espacio permite evaluar alternativas proyectuales, anticipar los recorridos de usuarios y clientes y generar consensos sobre decisiones de diseño antes de la materialización del proyecto. La imagen tridimensional interactiva, en este sentido, se consolida como un instrumento no solo representativo, sino también operativo en el ecosistema profesional.

No obstante, la literatura evidencia vacancias importantes. Gran parte de los estudios se concentra en entornos controlados o en la mejora técnica de la visualización, sin abordar cómo la inmersión se integra en flujos de trabajo reales, condicionados por los tiempos, los objetivos de proyecto y las relaciones profesionales. La experiencia inmersiva suele analizarse como un fenómeno aislado, desligado de la práctica

cotidiana y de las decisiones estratégicas en arquitectura y diseño. Esta ausencia evidencia la necesidad de enfoques situados que integren la experiencia del usuario, la percepción espacial y la interacción corporal en el contexto profesional, considerando factores como la colaboración interdisciplinaria, la comunicación con los clientes y la sostenibilidad del uso de la tecnología a lo largo del tiempo.

La construcción de la experiencia inmersiva depende de múltiples variables interrelacionadas: coherencia visual, continuidad espacial, capacidad de acción, respuesta del sistema en tiempo real y adecuación de la interfaz a las capacidades perceptivas humanas (Slater & Sanchez-Vives, 2014; Hansen, 2015). Estas variables condicionan la percepción, la cognición y la interpretación del proyecto y, en entornos profesionales, influyen directamente en la toma de decisiones, la validación del diseño y la generación de valor simbólico y económico. Por lo tanto, comprender la inmersión como fenómeno situado implica analizarla como un componente integral del ecosistema proyectual contemporáneo, que articula dimensiones técnicas, perceptivas, corporales, sociales y culturales.

En conclusión, la transición de interfaces bidimensionales a entornos tridimensionales interactivos plantea interrogantes relevantes sobre los modos de representación, la relación usuario-sistema y la práctica profesional. La experiencia inmersiva, entendida desde la literatura, no se limita a la percepción visual, sino que involucra acción, exploración, cognición y construcción de sentido en contextos situados. Sin embargo, persisten vacancias respecto de cómo estas experiencias se integran de manera efectiva en prácticas proyectuales reales, particularmente en relación con la adopción sostenida de tecnologías 3D interactivas en la arquitectura y el diseño contemporáneos. A partir de esta discusión sobre representación, interacción e inmersión, el apartado siguiente desplaza el foco hacia la incorporación de estas tecnologías en la práctica profesional, atendiendo a sus usos como herramientas de comunicación, validación, coordinación y construcción de valor proyectual.

2.4. La imagen interactiva como herramienta profesional

El estudio de la imagen tridimensional interactiva ha evolucionado hacia una comprensión más compleja que trasciende su función meramente representativa. En los primeros análisis, la investigación se centraba en los efectos perceptivos y estéticos de la inmersión en entornos digitales, con especial atención a la interacción del usuario con objetos virtuales tridimensionales y a su capacidad para manipular,

explorar y comprender los elementos representados (Anderson, 2006; Tryon, 2013; Raff et al., 2020). Sin embargo, el desarrollo de tecnologías de visualización avanzadas ha permitido que la imagen interactiva comience a ser comprendida como un instrumento estratégico en la toma de decisiones, en la comunicación profesional y en la construcción de valor percibido en múltiples campos.

Diversos estudios, como los de Orelaja et al. (2021), muestran cómo la posibilidad de rotar, personalizar y examinar objetos desde distintas perspectivas en entornos tridimensionales genera experiencias de usuario más inmersivas, precisas y confiables. Estas investigaciones destacan que la interacción con objetos complejos, como productos tecnológicos o espaciales, reduce la incertidumbre asociada a la toma de decisiones y permite anticipar comportamientos o resultados antes de la adquisición o la implementación del proyecto. La inmersión, en este sentido, se entiende como un recurso que no solo enriquece la experiencia visual, sino que también habilita una comprensión más profunda y estratégica de los objetos y sistemas proyectados, promoviendo decisiones informadas y reduciendo riesgos en los procesos de diseño, producción o comercialización.

Aun cuando la mayoría de estas investigaciones se sitúan en contextos comerciales y de e-commerce, los conceptos y hallazgos resultan pertinentes para la práctica profesional en arquitectura y diseño. Autores como Anderson (2006) y Tryon (2013) analizan cómo las plataformas digitales permiten segmentar la experiencia de usuario, generar valor simbólico y optimizar la percepción del producto. En esta misma línea, los estudios sobre economías virtuales y bienes digitales muestran que los entornos en línea también producen nuevas formas de valor, intercambio y legitimación alrededor de objetos y experiencias digitales (Dibbell, 2006). De manera complementaria, Raff et al. (2020) subrayan que los objetos interactivos funcionan como elementos de visualización y como dispositivos estratégicos que influyen directamente en la confianza del usuario y en la construcción de sentido en torno al producto o proyecto. Este marco conceptual puede adaptarse al ámbito proyectual, reconociendo que la imagen interactiva no solo comunica la apariencia final de un diseño, sino que también estructura procesos de validación, negociación y legitimación profesional.

La inmersión interactiva no se limita a un efecto estético o comercial. La posibilidad de explorar un objeto o espacio desde múltiples ángulos, ajustar parámetros y recibir retroalimentación inmediata convierte la visualización 3D en un espacio de aprendizaje y experimentación, donde los usuarios profesionales pueden anticipar problemas, evaluar alternativas y desarrollar estrategias de diseño más robustas. Tal como señala Rose (2014), la visualización inmersiva en entornos digitales complejos opera como un

dispositivo de mediación capaz de conectar la percepción, la acción y el conocimiento y constituye un componente integral del proceso proyectual.

Paralelamente, la literatura técnica sobre motores gráficos, sistemas de renderizado y plataformas web resalta la importancia de la infraestructura tecnológica que permite estas experiencias (Gibson et al., 2015; Nex & Remondino, 2014; Azhar, 2011). Los avances en procesamiento gráfico, renderizado en tiempo real y optimización de modelos tridimensionales han ampliado significativamente la accesibilidad a entornos 3D interactivos, permitiendo que profesionales de arquitectura y diseño integren visualizaciones inmersivas en sus flujos de trabajo, incluso en contextos de colaboración remota o de distribución geográfica dispersa. La aparición de recorridos virtuales interactivos y experiencias multiplataforma ha transformado la escala y el alcance de estas tecnologías, facilitando su adopción en proyectos de diversa complejidad y tamaño (Portman et al., 2015; Ham & Schnabel, 2011).

No obstante, la literatura evidencia una asimetría entre la disponibilidad tecnológica y la adopción efectiva. La presencia de herramientas avanzadas no garantiza su integración efectiva en la práctica profesional. Factores como competencias técnicas, tiempo disponible, expectativas de los clientes, modelos de negocio y entornos institucionales condicionan de manera decisiva el uso sostenido de estas tecnologías (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Albrieu et al., 2019; Castells, 2010). Desde esta perspectiva, resulta evidente la necesidad de analizar la imagen tridimensional interactiva no solo como un recurso técnico, sino también como parte de un ecosistema sociotécnico complejo, en el que herramientas, prácticas, saberes y relaciones profesionales se articulan dinámicamente (Bijker et al., 1987; Verbeek, 2011).

El impacto de estas tecnologías en la práctica profesional es particularmente significativo en entornos distribuidos y de trabajo remoto. Herramientas como gemelos digitales, modelos interactivos y fotogrametría permiten visualizar y simular proyectos a distancia con un nivel de precisión sin precedentes, lo que facilita la coordinación de equipos multidisciplinarios y la participación de los clientes en etapas tempranas del diseño (Blascovich & Bailenson, 2011; von Hippel, 2005). La posibilidad de recorrer virtualmente un espacio, manipular modelos tridimensionales o integrar información contextualizada transforma la manera en que los profesionales construyen conocimiento compartido, toman decisiones y negocian resultados proyectuales.

Estos cambios no solo afectan la dimensión técnica del proyecto, sino que también impactan profundamente la organización del trabajo y la generación de valor

profesional. Autores como Florida (2002) y Pink (2009) destacan la importancia de la creatividad, la autonomía y la flexibilidad en los entornos laborales contemporáneos, atributos que adquieren relevancia crítica cuando los arquitectos y diseñadores incorporan entornos 3D interactivos como mediadores de sus prácticas. Las visualizaciones inmersivas dejan de ser herramientas puntuales y se convierten en infraestructuras operativas, capaces de sostener procesos de exploración, validación y comunicación a lo largo de todo el ciclo proyectual.

La digitalización y la automatización introducen asimismo tensiones y oportunidades. Frey y Osborne (2017) señalan que la automatización tiende a reemplazar tareas rutinarias, mientras que Brynjolfsson y McAfee (2014) argumentan que la “segunda era de las máquinas” redefine el valor del conocimiento experto y la organización del trabajo. En este marco, la imagen tridimensional interactiva es ambivalente: puede simplificar tareas técnicas, pero también amplía las capacidades expresivas, analíticas y de comunicación del profesional, transformando la manera en que se proyecta, negocia y legitima un diseño (Ford, 2015; Susskind & Susskind, 2015).

Finalmente, entender la imagen interactiva como infraestructura del trabajo proyectual implica reconocer que su valor no reside únicamente en la tecnología, sino en la forma en que se integra a los flujos de trabajo, se adapta a contextos específicos y sostiene procesos de interacción, coordinación y toma de decisiones. Los modelos tridimensionales interactivos en línea no son meramente representaciones finales, sino entornos de acción continua: facilitan la exploración temprana de ideas, funcionan como plataformas de comunicación con clientes y colaboradores, y actúan como mediadores en la construcción de autoridad profesional y de legitimación disciplinar (Latour, 2005; Verbeek, 2011; Solernó, 2021; Ham & Schnabel, 2011).

En conclusión, la imagen tridimensional interactiva se consolida como un componente central y operativo de la práctica profesional en arquitectura y diseño, articulando dimensiones técnicas, perceptivas, sociales y organizativas. Su estudio requiere un enfoque situado que contemple no solo la tecnología y la experiencia de usuario, sino también los procesos de adopción, adaptación y resignificación que atraviesan a los profesionales en contextos reales de trabajo, reconociendo la complejidad y la riqueza del ecosistema proyectual contemporáneo.

2.5. Vacancias de investigación

El análisis de la literatura sobre la imagen tridimensional interactiva revela un panorama amplio y diverso, con avances significativos en las dimensiones técnicas,

perceptivas, culturales y comerciales. Sin embargo, persiste un conjunto de vacancias de investigación que resultan centrales para comprender la adopción de estas tecnologías en contextos profesionales de arquitectura y diseño. A pesar de la abundancia de estudios sobre inmersión, interacción y visualización, son escasas las investigaciones que aborden de manera situada cómo estas herramientas se integran efectivamente en los procesos de trabajo proyectual, cómo influyen en la construcción de valor profesional y cómo condicionan las dinámicas de colaboración y comunicación entre actores. Esta laguna evidencia la necesidad de un enfoque que reconozca la complejidad del entorno profesional, sus prácticas, saberes y restricciones, para interpretar el significado y el impacto real de las tecnologías interactivas.

Diversos autores han señalado que la investigación sobre la virtualidad y los nuevos medios ha tendido a centrarse en la experiencia individual del usuario o en la optimización técnica de las plataformas (Manovich, 2001; Poster, 2001; Chan, 2002). Si bien estos aportes son fundamentales para comprender la percepción, la navegación y la interacción con imágenes tridimensionales, suelen dejar de lado el contexto profesional concreto, los flujos de trabajo, los objetivos de proyectos específicos y las estrategias de mediación con clientes y colaboradores. En otras palabras, existe una brecha entre la comprensión teórica de la tecnología y su aplicación efectiva como herramienta en la práctica proyectual. Esta brecha limita la comprensión de cómo las imágenes tridimensionales interactivas son apropiadas, adaptadas o resignificadas en contextos profesionales reales, donde intervienen condiciones de trabajo concretas, objetivos de proyecto, relaciones con clientes y dinámicas de colaboración. Abordar esta vacancia resulta clave para analizar el impacto real de estas tecnologías en la arquitectura y el diseño contemporáneos.

Esta vacancia se hace particularmente evidente al analizar la literatura sobre el diseño de interacción y la usabilidad de entornos tridimensionales. Los estudios centrados en la experiencia de usuario (UX) han desarrollado metodologías robustas para evaluar interfaces, medir la eficacia y optimizar los procesos de aprendizaje y exploración (Blascovich & Bailenson, 2011; Slater & Sanchez-Vives, 2014). Sin embargo, estas investigaciones rara vez consideran los componentes situados de la práctica profesional, es decir, cómo la tecnología interactúa con rutinas establecidas, restricciones de tiempo, competencias previas, expectativas de los clientes y lógicas organizativas. El uso de herramientas 3D en arquitectura y diseño no ocurre en un vacío; su efectividad y significado dependen de su articulación con un ecosistema profesional complejo que incluye personas, procesos y sistemas técnicos interconectados.

En este marco, el enfoque situado se presenta como una perspectiva teórica y metodológica particularmente útil para abordar estas lagunas. Inspirado en la teoría del aprendizaje situado y en los estudios sobre prácticas profesionales, este enfoque enfatiza que el conocimiento y la acción se construyen en contextos específicos y mediante interacciones concretas entre actores, herramientas y entornos (Suchman, 2007; Lave & Wenger, 1991). Aplicado al análisis de la imagen interactiva, esto significa que su estudio no puede reducirse a la evaluación de características técnicas ni a la observación de la experiencia del usuario de manera aislada, sino que debe considerar cómo estas imágenes se incorporan, adaptan y resignifican en procesos proyectuales reales, con objetivos, restricciones y dinámicas particulares.

Desde esta perspectiva, la vacancia en la investigación no se limita a la comprensión de la herramienta en sí, sino que abarca también las dimensiones sociales y profesionales de su uso. Esto incluye la forma en que los profesionales toman decisiones a través de entornos interactivos, cómo construyen autoridad y legitimidad, cómo coordinan equipos a distancia y cómo integran la imagen tridimensional en prácticas colaborativas complejas (von Hippel, 2005; Florida, 2002; Pink, 2009). Las tecnologías digitales, cuando se examinan desde un enfoque situado, revelan no solo su potencial técnico, sino también las formas en que condicionan, habilitan o limitan la acción profesional, proporcionando un marco más realista y comprensivo de su impacto.

Asimismo, los aportes del enfoque situado permiten articular estas vacancias con la noción de infraestructura del trabajo proyectual previamente desarrollada. Al considerar la imagen interactiva como un componente operativo de los procesos de diseño, se reconoce que su valor no depende únicamente de su calidad visual o de su nivel de inmersión, sino de cómo se integra en flujos de trabajo distribuidos, mediando en la toma de decisiones y facilitando la colaboración (Latour, 2005; Verbeek, 2011; Solernó, 2021). Esta perspectiva abre la posibilidad de analizar la imagen interactiva no solo como un objeto técnico, sino también como un mediador activo en la construcción de conocimiento, la comunicación y el valor profesional.

De manera complementaria, la literatura reciente sobre la virtualidad, los avatares y las identidades digitales también señala vacancias importantes. Si bien numerosos estudios destacan la construcción de identidades virtuales y la participación de los usuarios en ecosistemas digitales (Turkle, 2011; Yee, 2014; Nissenbaum, 2010), pocos conectan estos hallazgos con la práctica profesional proyectual, dejando en segundo plano cuestiones como la legitimación de la experiencia, la confianza en el cliente y la construcción de la reputación profesional en entornos digitales. La investigación

situada permite abordar esta vacancia al analizar cómo los profesionales negocian identidades y autoridad mediadas por la imagen interactiva, considerando factores técnicos, perceptivos y sociales de manera integrada.

Finalmente, un enfoque situado permite comprender la imagen interactiva como un fenómeno dinámico y relacional, en el que la tecnología, los actores y el contexto se construyen mutuamente. La adopción de entornos 3D interactivos no es lineal ni uniforme; depende de la experiencia previa de los profesionales, de los objetivos del proyecto, de los recursos disponibles y de las interacciones con clientes y colaboradores. Al situar la investigación en este marco, se posibilita un análisis más rico y preciso de cómo la imagen interactiva transforma la práctica profesional, no solo en términos de representación o visualización, sino también en relación con la organización del trabajo, la coordinación de equipos, la toma de decisiones y la generación de valor en contextos reales de arquitectura y diseño.

En síntesis, la presente investigación reconoce estas vacancias como oportunidades para construir un marco analítico y metodológico que combine la riqueza conceptual de los estudios sobre virtualidad, interacción y tecnología con una comprensión profunda de la práctica situada. La incorporación del enfoque situado permite examinar la imagen tridimensional interactiva no solo como recurso técnico o perceptivo, sino como un componente de los procesos proyectuales que conecta aspectos técnicos, perceptivos, sociales y profesionales en un análisis integral aún escasamente desarrollado en la literatura existente.

2.6. Síntesis del estado de la cuestión

El recorrido por los estudios contemporáneos sobre la imagen tridimensional interactiva evidencia un campo de investigación amplio, diverso y en constante expansión, atravesado por enfoques técnicos, perceptivos, comunicacionales y profesionales. La literatura revisada muestra que estas tecnologías poseen un potencial significativo para mejorar la comprensión espacial, enriquecer la experiencia del usuario, ampliar las posibilidades de comunicación y favorecer procesos de validación proyectual en entornos digitales (Ham & Schnabel, 2011; Blascovich & Bailenson, 2011; Slater & Sanchez-Vives, 2014).

A lo largo del capítulo se identificaron tres desplazamientos principales. En primer lugar, el pasaje del objeto a la interfaz digital permitió reconocer que las imágenes 3D interactivas forman parte de un ecosistema más amplio de objetos conectados, dispositivos, pantallas e interfaces que median la relación entre usuario, información y

acción. En segundo lugar, el pasaje de la imagen estática a la experiencia interactiva mostró que la representación tridimensional ya no puede comprenderse únicamente como una imagen para ser observada, sino como un entorno navegable, manipulable y experiencial. En tercer lugar, el análisis de la imagen interactiva como herramienta profesional permitió situar estas tecnologías en procesos de trabajo, comunicación, validación y colaboración proyectual.

Sin embargo, la revisión también permitió reconocer una vacancia central: gran parte de la literatura se concentra en el potencial técnico, perceptivo o inmersivo de estas tecnologías, mientras que son menos frecuentes los estudios que analizan cómo se incorporan, adaptan y sostienen en prácticas profesionales concretas. Esta ausencia resulta especialmente significativa en el contexto latinoamericano, donde la adopción tecnológica se encuentra atravesada por condiciones materiales, formativas, económicas, institucionales y culturales específicas.

Por ello, la presente investigación se inscribe en estas vacancias y propone analizar la imagen tridimensional interactiva en línea desde un enfoque situado. A partir del estudio de casos, se busca comprender cómo estas tecnologías son adoptadas, traducidas y resignificadas por arquitectos, diseñadores y otros actores vinculados al proceso proyectual. De este modo, el estado de la cuestión permite fundamentar la necesidad de una investigación que articule teoría, práctica profesional y transformación digital en contextos reales de arquitectura y diseño en América Latina. Esta delimitación permite avanzar, en el capítulo siguiente, hacia la construcción del marco teórico, organizado en torno a la interacción entre actores, la traducción tecnológica y la formalización del conocimiento profesional.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo construir el conjunto de conceptos que permitirán interpretar la realidad de los estudios de arquitectura y diseño frente al avance del 3D interactivo, en relación con la pregunta central de esta investigación: cómo se adoptan y se traducen las tecnologías de imágenes 3D interactivas en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño, y qué transformaciones producen en los modos de trabajo, de comunicación y de validación proyectual.

Como señala Samaja (1993), en el marco de una investigación cualitativa, el componente teórico permite transformar los “hechos” en “datos científicos” y otorgar sentido a la observación mediante un cuerpo de ideas coherente. Para ordenar el análisis, los recursos teóricos se organizan en tres momentos analíticos derivados de los núcleos problemáticos de la investigación: la llegada de la herramienta —traducción tecnológica—, su uso compartido —mediación entre actores— y la huella que deja en los saberes y modos de trabajo —formalización del conocimiento—.

1. En primer lugar, se aborda la llegada de la herramienta, entendida como instancia de adopción y traducción tecnológica. Esta dimensión permite analizar cómo el profesional integra el 3D interactivo en su práctica mediante un proceso de traducción progresiva entre saberes previos, herramientas digitales y modos de trabajo existentes (Latour, 2005). Desde esta perspectiva, la incorporación del 3D interactivo no se presenta como un acto neutral ni inmediato, sino como un proceso de negociación en el que las herramientas, plataformas y artefactos técnicos participan activamente en la configuración de la práctica. En este sentido, la tecnología incide en la toma de decisiones, en la organización del trabajo y en la redefinición del método proyectual del arquitecto o del diseñador.
2. En segundo lugar, se analiza el uso compartido de la herramienta, entendido como instancia de mediación entre actores. Esta dimensión permite comprender qué sucede cuando el 3D interactivo comienza a utilizarse en la relación con clientes, equipos técnicos, instituciones u

otros actores del proyecto. En este punto, el modelo 3D puede funcionar como objeto fronterizo (Star & Griesemer, 1989), en tanto permite articular perspectivas, lenguajes y expectativas diversas sin requerir una comprensión técnica homogénea. El uso compartido del modelo transforma la herramienta en un espacio de mediación proyectual, donde la interacción, la negociación y la validación conjunta se vuelven parte constitutiva del proceso de diseño.

3. En tercer lugar, se aborda la huella que deja la herramienta, entendida como instancia de formalización del conocimiento profesional. Esta dimensión permite indagar cómo las prácticas mediadas por el 3D interactivo producen aprendizajes que pueden trascender la experiencia puntual y estabilizarse en el tiempo. Desde el enfoque de la gestión del conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995), este proceso puede comprenderse como el pasaje de saberes tácitos, construidos en la práctica, hacia formas más explícitas de conocimiento: procedimientos, criterios, metodologías o modos de trabajo compartidos. De este modo, ciertas prácticas pueden institucionalizarse, replicarse y adquirir sostenibilidad en estudios, equipos u organizaciones profesionales.

3.2. Traducción tecnológica y reconfiguración simbólica de la herramienta

Para abordar esta primera dimensión de análisis, se realiza un recorte teórico basado en la sociología de la tecnología, especialmente en los aportes de la Teoría del Actor-Red (Latour, 2005). Esta perspectiva permite responder a los interrogantes vinculados con la relación entre el profesional y la herramienta: ¿cómo afecta el uso del 3D interactivo a la identidad del arquitecto o diseñador?, ¿de qué manera se reconfiguran sus saberes previos?, ¿qué negociaciones se producen cuando una tecnología nueva se incorpora a modos de trabajo ya existentes?

Este recorte permite partir de un supuesto clave: el profesional no es un usuario pasivo que simplemente “usa” un software, sino que se encuentra en un proceso de negociación constante con la tecnología. Bajo esta mirada, la práctica profesional deja de entenderse como una acción puramente individual para ser leída como un ensamblaje sociotécnico, es decir, como una colaboración híbrida en la que intervienen criterios humanos, herramientas digitales, plataformas, dispositivos, condiciones técnicas y contextos de uso. Esta perspectiva también permite considerar que las tecnologías se estabilizan en relación con instituciones, prácticas y marcos

organizacionales que condicionan sus posibilidades de uso y legitimación (Pinch, 2008).

En este sentido, los artefactos técnicos —como el software de modelado, las plataformas de visualización o los entornos 3D interactivos— no pueden ser considerados herramientas inertes. Desde la perspectiva de Latour, estos elementos participan activamente en la configuración de la práctica: habilitan ciertas acciones, restringen otras, proponen límites, ofrecen posibilidades visuales y condicionan la toma de decisiones del profesional. Al incorporarse a la rutina del estudio, la tecnología no solo se suma a un proceso preexistente, sino que modifica tiempos, procedimientos, criterios de representación y formas de comunicación proyectual.

Esta integración se produce mediante lo que Latour denomina traducción. La traducción puede entenderse como un trabajo de ajuste, negociación y reconfiguración en el que el profesional alinea sus objetivos, saberes y modos de trabajo con las posibilidades y restricciones del nuevo medio. No se trata de un paso automático ni de una adopción meramente instrumental, sino de un proceso en el que el saber proyectual tradicional debe ser reinterpretado en el entorno digital. En ese movimiento, también se reconfigura la identidad profesional, ya que el arquitecto o diseñador no solo representa un proyecto, sino que aprende a operar dentro de una red compuesta por software, hardware, conectividad, plataformas, clientes y otros actores.

La traducción implica, entonces, una negociación entre los objetivos del profesional y las capacidades de la tecnología. Por ejemplo, cuando un diseñador debe decidir qué información conservar o simplificar de un modelo original —reduciendo geometrías, texturas o detalles— para que el cliente pueda navegarlo sin demoras en la nube, está realizando una negociación técnica, estética y comunicacional. Este tipo de situaciones, que luego se observan en los casos de estudio, muestra cómo el saber profesional se reconfigura en función de las condiciones de la red sociotécnica.

En última instancia, esta negociación pone de manifiesto la complejidad de la agencia de los elementos no humanos dentro del proceso proyectual. La tecnología no actúa como un simple soporte, sino como parte de una red que interviene, orienta y, en ocasiones, tensiona el proceso creativo. El resultado final no puede comprenderse como una decisión unilateral del diseñador, sino como el producto de una negociación de sentidos dentro de un ensamblaje sociotécnico en el que participan el criterio profesional, el software, la conectividad, el hardware, las plataformas y las expectativas de los actores involucrados.

3.3. Mediación e interacción en el uso compartido

Para analizar lo que ocurre en el encuentro entre el profesional y otros actores vinculados al proyecto, se realiza un segundo recorte teórico centrado en la mediación sociotécnica. Esta dimensión permite comprender que la tecnología no funciona como un canal invisible ni como un soporte neutral de comunicación, sino como un elemento que participa en la configuración del vínculo entre profesionales, clientes, usuarios, equipos técnicos o instituciones. En este sentido, el 3D interactivo no solo transmite información proyectual, sino que modifica las condiciones en que esa información es observada, interpretada, discutida y validada.

Para abordar esta dinámica, resulta central el concepto de objetos fronterizos (boundary objects), desarrollado por Star y Griesemer (1989). Esta perspectiva permite comprender la flexibilidad interpretativa de ciertos objetos, artefactos o representaciones: una misma entidad puede ser utilizada por distintos grupos sociales, adquiriendo sentidos y funciones diferentes según sus necesidades, conocimientos y expectativas. En este entramado, adquiere relevancia la figura del arquitecto o diseñador como mediador entre mundos diversos, capaz de traducir lenguajes técnicos, orientar la interpretación y facilitar que la herramienta sea comprendida por actores que no necesariamente comparten los mismos códigos disciplinares. Esta función puede vincularse con la noción de actores puente (boundary spanning individuals), es decir, sujetos capaces de conectar grupos, lenguajes y dominios de conocimiento diferentes dentro de procesos organizacionales complejos (Tushman & Scanlan, 1981).

Los objetos fronterizos son aquellos que tienen la capacidad de habitar diferentes mundos sociales y satisfacer necesidades diversas de manera simultánea. Son lo suficientemente flexibles como para ser interpretados de distintas formas, pero lo suficientemente robustos como para mantener una identidad común. Esta doble condición resulta especialmente pertinente para analizar el 3D interactivo, ya que un mismo modelo puede operar como herramienta técnica, soporte comunicacional, experiencia espacial, dispositivo de validación o recurso de negociación, según el actor que lo utilice.

En el contexto de esta investigación, el modelo 3D interactivo puede actuar como ese puente entre mundos sociales y profesionales. Para el arquitecto o diseñador, puede funcionar como una herramienta técnica de precisión, útil para verificar dimensiones, materialidad, recorridos o decisiones proyectuales. Para el cliente, usuario o destinatario del proyecto, puede convertirse en una experiencia de comprensión

espacial que permite anticipar cómo será habitar, recorrer o utilizar un espacio. Este recorte permite entender que el valor de la herramienta no radica únicamente en su potencia visual, sino también en su capacidad de mediar entre el saber técnico del profesional y las formas de interpretación de otros actores que no dominan necesariamente los códigos del dibujo arquitectónico tradicional.

Al ser interactivo, el modelo habilita una mediación distinta a la de un plano, un render estático o una imagen fija. La posibilidad de recorrer, detenerse, cambiar el punto de vista y explorar relaciones espaciales permite que el proyecto sea comprendido y discutido de otro modo. En este sentido, la tecnología no solo muestra el proyecto, sino que genera condiciones para que distintos actores participen en su interpretación antes de que este se materialice.

Un ejemplo de esta mediación, que luego puede observarse en los casos de estudio, ocurre cuando el cliente o usuario toma el control de la navegación y descubre aspectos del diseño que el profesional no había jerarquizado inicialmente. En esa interacción, el modelo 3D deja de funcionar únicamente como representación del proyecto y se convierte en un espacio de intercambio, donde pueden emerger preguntas, objeciones, acuerdos o nuevas decisiones. Esto refuerza la idea de que el 3D interactivo no solo comunica una propuesta ya definida, sino que también reconfigura las condiciones de participación, negociación y validación dentro del proceso proyectual.

3.4. Formalización y gestión del conocimiento en el sistema de trabajo

Para abordar la tercera dimensión de esta investigación, se realiza un recorte teórico basado en la gestión del conocimiento y en los enfoques sobre aprendizaje por la práctica. Esta dimensión permite comprender cómo las experiencias individuales, los hallazgos técnicos y las soluciones desarrolladas en el uso del 3D interactivo pueden transformarse progresivamente en procedimientos, criterios y métodos de trabajo compartidos. El supuesto que orienta este recorte es que la adopción del 3D interactivo no finaliza con la incorporación de un software o una plataforma, sino que se consolida cuando los aprendizajes producidos en la práctica logran estabilizarse dentro del sistema de trabajo profesional.

Para analizar este proceso, se toman como referencia el modelo de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995), los aportes de Lundvall (1988, 1992)

sobre el aprendizaje por la práctica y la perspectiva de la innovación de usuario desarrollada por von Hippel (2005). Estos enfoques permiten comprender que el conocimiento profesional no surge únicamente de procesos formales de capacitación, sino también de la experiencia acumulada, la experimentación, el ajuste continuo y la resolución de problemas concretos.

Nonaka y Takeuchi (1995) distinguen entre conocimiento tácito —personal, situado y basado en la experiencia— y conocimiento explícito —codificado, transmisible y susceptible de ser compartido dentro de una organización—. En el marco de esta investigación, esta distinción resulta útil para comprender cómo el conocimiento sobre el 3D interactivo suele comenzar como un saber tácito, construido en la práctica cotidiana: al modelar, exportar, optimizar, corregir errores, probar plataformas, ajustar recorridos o resolver problemas de visualización. Con el tiempo, parte de ese saber puede volverse explícito mediante protocolos, bibliotecas de recursos, criterios de presentación, plantillas, estándares de exportación o metodologías internas de trabajo.

En este punto cobran relevancia las nociones de aprender haciendo (*learning by doing*) y aprender usando (*learning by using*), formuladas originalmente por Arrow (1962) y Rosenberg (1982), y retomadas por Lundvall (1988, 1992) en sus estudios sobre aprendizaje e innovación. Este enfoque permite comprender que el dominio del 3D interactivo no se adquiere solamente de manera teórica, sino mediante la práctica intensiva y la resolución de problemas en situaciones concretas. El aprendizaje haciendo se manifiesta, por ejemplo, durante la construcción del modelo, la corrección de errores, la prueba de funciones o la optimización de archivos. El aprendizaje usando aparece en la implementación reiterada de la herramienta, cuando el contacto directo con clientes, plataformas y condiciones reales de uso permite ajustar el flujo de trabajo y mejorar los criterios de aplicación.

Un ejemplo de este proceso, que luego puede observarse en los casos de estudio, ocurre cuando un estudio desarrolla una biblioteca propia de activos, protocolos de exportación o criterios de optimización a partir de experiencias previas de éxito o de dificultad. En ese momento, el conocimiento que nació de hacer, probar y usar comienza a formalizarse y se convierte en un recurso compartido por el equipo. La tecnología deja de ser un experimento aislado y empieza a integrarse como parte del método de trabajo del estudio.

Este recorte permite entender la innovación como un proceso acumulativo. Cada nuevo proyecto genera aprendizajes que pueden alimentar los proyectos siguientes. Al formalizar estos procesos, el estudio no solo mejora su eficiencia operativa, sino que

también consolida una forma particular de trabajar, comunicar y validar sus proyectos. De este modo, la capacidad de gestionar información compleja, traducirla en experiencias interactivas y convertir los aprendizajes en procedimientos compartidos puede transformarse en un rasgo distintivo de la práctica profesional.

Esta lectura también dialoga con la noción de práctica reflexiva, en tanto el profesional aprende mientras actúa, evalúa sus decisiones y reformula sus procedimientos a partir de los problemas que emergen en la propia práctica. En este sentido, el conocimiento proyectual no se produce únicamente antes de la acción, como aplicación de reglas previamente establecidas, sino también durante el hacer, mediante ciclos de prueba, interpretación, ajuste y redefinición de criterios (Schön, 1983).

En una línea complementaria, los enfoques sobre innovación abierta y colaborativa permiten comprender que los procesos de innovación no se producen únicamente dentro de estructuras cerradas o jerárquicas, sino también mediante redes de intercambio, colaboración y circulación de saberes entre actores diversos. En el caso del 3D interactivo en línea, esta perspectiva resulta especialmente pertinente para analizar aprendizajes distribuidos, apropiaciones tecnológicas y formas de producción de conocimiento que se construyen entre profesionales, plataformas, comunidades técnicas y contextos de uso específicos (Fressoli & Smith, 2024).

Dentro de esta dimensión también resulta pertinente integrar la perspectiva de la innovación de usuario desarrollada por von Hippel (2005). Esta mirada permite comprender que el conocimiento no fluye únicamente desde los desarrolladores de software hacia los arquitectos o diseñadores. Por el contrario, los propios profesionales, al enfrentar necesidades no resueltas por las herramientas disponibles, pueden adaptar, modificar o ampliar sus usos. La innovación emerge entonces desde la práctica, cuando el usuario experto ajusta la tecnología para responder a problemas concretos de su contexto profesional.

En los casos analizados, esta innovación puede manifestarse cuando el profesional deja de aceptar las configuraciones predeterminadas y comienza a adaptar el entorno digital a sus propios criterios proyectuales, estéticos o comunicacionales. Esto puede observarse, por ejemplo, en el desarrollo de librerías propias de vegetación, mobiliario o texturas vinculadas con proveedores locales, que no siempre existen en los catálogos estándar de los programas extranjeros. También puede verse en la creación de plantillas de iluminación, recorridos o visualización personalizadas, mediante las cuales el profesional ajusta el software para lograr una estética propia o una forma de presentación coherente con su identidad de trabajo. Estas modificaciones, lejos de ser

ajustes menores, constituyen formas de apropiación tecnológica en las que el profesional adapta el sistema para que responda a su lógica proyectual y a las exigencias de su contexto real.

En síntesis, esta tercera dimensión permite analizar la huella que deja el 3D interactivo cuando su uso reiterado produce aprendizajes, criterios y procedimientos que trascienden la experiencia puntual. La formalización del conocimiento no implica necesariamente una institucionalización rígida, sino la estabilización gradual de saberes que permiten sostener, replicar y mejorar las prácticas profesionales. Desde esta perspectiva, la adopción del 3D interactivo puede comprenderse no solo como incorporación de una herramienta, sino como construcción progresiva de un sistema de trabajo.

3.5. Síntesis del Capítulo

A lo largo de este capítulo se construyó un andamiaje teórico orientado a comprender el 3D interactivo no como una herramienta neutral o un soporte pasivo, sino como una tecnología que participa en la reconfiguración de la práctica profesional. El recorrido propuesto permitió organizar el análisis en tres dimensiones complementarias: la traducción tecnológica, la mediación entre actores y la formalización del conocimiento profesional.

En primer lugar, desde los aportes de la Teoría del Actor-Red, la relación del profesional con el 3D interactivo puede comprenderse como parte de un ensamblaje sociotécnico en el que intervienen saberes, herramientas digitales, plataformas, dispositivos, contextos de uso y actores diversos. Esta perspectiva permite analizar cómo la incorporación de la herramienta no se produce de manera lineal ni neutral, sino a través de procesos de traducción, ajuste y negociación que inciden en los modos de trabajo y en la identidad profesional (Latour, 2005).

En segundo lugar, el concepto de objetos fronterizos permite comprender el uso compartido del modelo 3D interactivo como una instancia de mediación entre mundos sociales distintos. El modelo puede ser interpretado de manera diferente por profesionales, clientes, usuarios, equipos técnicos o instituciones, sin perder por ello una identidad común. En este marco, el arquitecto o diseñador adquiere un rol central como mediador entre lenguajes técnicos, expectativas proyectuales y formas diversas de comprensión del proyecto (Star & Griesemer, 1989).

En tercer lugar, los enfoques sobre gestión del conocimiento, aprendizaje por la práctica e innovación de usuario permiten analizar cómo los saberes generados en el uso del 3D interactivo pueden estabilizarse progresivamente en procedimientos, criterios, bibliotecas de recursos, protocolos o métodos de trabajo compartidos. Desde esta perspectiva, el aprender haciendo, el aprender usando y la adaptación de la herramienta no constituyen acciones aisladas, sino procesos mediante los cuales un saber inicialmente tácito puede transformarse en conocimiento profesional transmisible y reutilizable (Nonaka & Takeuchi, 1995; Lundvall, 1988, 1992; von Hippel, 2005).

Esta estructura conceptual brinda las categorías necesarias para analizar los casos seleccionados y, al mismo tiempo, justifica la mirada cualitativa de esta investigación. Una red compleja de interacciones, interpretaciones, aprendizajes y mediaciones no puede ser comprendida únicamente en términos de eficiencia técnica, sino que requiere ser explorada en sus contextos reales de uso, considerando las prácticas, trayectorias, recursos y relaciones que configuran la adopción tecnológica.

Una vez establecido este horizonte teórico, el capítulo siguiente presenta el marco metodológico de la investigación. Allí se describen el diseño del estudio, los criterios de selección de casos y las herramientas de recolección y análisis de datos que permitirán poner en diálogo este marco conceptual con las experiencias concretas de adopción del 3D interactivo en la práctica profesional.

Capítulo 4

Diseño Metodológico

Una vez definido el horizonte teórico en el capítulo anterior, este capítulo describe el camino metodológico diseñado para abordar el problema de investigación. Dado que el objetivo es comprender cómo las tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea intervienen en las identidades profesionales, los procesos de comunicación proyectual y los sistemas de trabajo de arquitectos y diseñadores, se adopta un enfoque cualitativo orientado a la interpretación de prácticas situadas.

Este enfoque resulta el más adecuado para nuestra investigación, ya que, como señala Roxana Ynoub (2007), la metodología cualitativa permite recuperar la perspectiva de los sujetos y comprender los fenómenos en su singularidad y en su contexto. Siguiendo su mirada, el método busca captar la “lógica del sentido” que los actores otorgan a sus prácticas. En este marco, el abordaje cualitativo permite acceder a los significados que los sujetos atribuyen a las tecnologías, a sus formas de uso y apropiación, a los aprendizajes implicados y a las tensiones que emergen en el proceso de integración del 3D interactivo en la práctica proyectual.

En sintonía con Denzin y Lincoln (2005), se asume que el conocimiento social no puede separarse de los contextos en los que se produce. En consecuencia, la investigación se orienta a la construcción de conocimiento situado, elaborado en diálogo con experiencias concretas y con los discursos de sus protagonistas. El objetivo no es la verificación de hipótesis en sentido estricto, sino la interpretación comprensiva de las prácticas desde una lógica inductiva, orientada por supuestos de investigación.

Esta estrategia se inscribe en una tradición metodológica cualitativa orientada a comprender fenómenos sociales complejos en sus contextos específicos, mediante la interpretación de significados, prácticas y experiencias situadas. En este sentido, los enfoques cualitativos permiten abordar procesos de adopción tecnológica que no pueden ser reducidos a indicadores técnicos o métricas de uso, ya que involucran trayectorias, decisiones, sentidos atribuidos y condiciones concretas de práctica profesional (Creswell, 2014; Flick, 2007; Denzin & Lincoln, 2005).

En coherencia con este enfoque, los supuestos no operan como afirmaciones que “se prueben”, sino como guías para delimitar qué buscar en el material empírico y cómo interpretarlo. Por ello, el análisis se organiza en torno a dimensiones observables

vinculadas con (i) la producción del conocimiento proyectual (tareas, decisiones, flujos, roles y recursos), (ii) la comunicación (formas de presentación, interacción con clientes/actores, soportes y narrativas) y (iii) la validación (criterios, acuerdos, controversias, instancias de aprobación y legitimidad). Estas dimensiones operativas se corresponden con los tres ejes teóricos definidos en el capítulo anterior: traducción tecnológica, mediación entre actores y formalización del conocimiento profesional. La estrategia analítica combina la codificación temática del corpus y la comparación transversal entre casos, integrando fuentes (entrevistas, documentos y/o evidencias materiales) para fortalecer la trazabilidad interpretativa y la coherencia entre preguntas, objetivos y resultados.

4.1. Alcance y tipo de estudio

La investigación se define como un estudio de carácter exploratorio y descriptivo. Según los aportes de Ynoub (2007), un estudio es exploratorio cuando se propone examinar un fenómeno poco abordado desde la perspectiva planteada. En este caso, si bien la visualización arquitectónica posee una larga tradición, el uso de entornos online e interactivos constituye un área de vacancia en el conocimiento local que requiere una aproximación sistemática.

Por otro lado, el alcance es descriptivo; busca especificar las propiedades, características y perfiles de los profesionales y de sus sistemas de trabajo. No se pretende establecer leyes generales sino, en términos de la autora, realizar una “descripción densa” de las configuraciones sociotécnicas que emergen en el uso de estas plataformas. Para llevar a cabo este análisis, se ha seleccionado el estudio de caso múltiple como estrategia de diseño. Esta decisión permite analizar cada estudio de arquitectura o diseño como una unidad singular, identificando recurrencias y contrastes que permitan reconstruir la complejidad del fenómeno.

4.2. Selección de los casos de estudio

Para la construcción del corpus de datos, se ha seguido un criterio de muestreo intencional, orientado por la pertinencia teórica, la diversidad de trayectorias y la riqueza informativa de los casos. Desde la perspectiva de Ynoub (2007), la validez de la muestra cualitativa no radica en la cantidad de casos, sino en su pertinencia y riqueza informativa. En este sentido, la selección respondió a múltiples criterios que permitieron pasar de un mapeo exploratorio previo de más de quince experiencias a la definición de seis estudios como fuentes primarias.

En consonancia con los enfoques sobre estudio de caso, la selección de unidades de análisis buscó preservar la singularidad de cada experiencia y, al mismo tiempo,

habilitar una comparación transversal entre configuraciones diversas de adopción tecnológica. Desde esta perspectiva, el estudio de caso múltiple no persigue representatividad estadística, sino profundidad interpretativa, permitiendo reconstruir procesos, trayectorias y condiciones de contexto en los que se producen las prácticas analizadas (Stake, 2006; Yin, 2014).

Los criterios de inclusión definidos fueron:

- **Pertinencia y relevancia tecnológica:** Estudios que utilizan tecnologías 3D interactivas de manera explícita y pertinente, aportando documentación valiosa para comprender los conflictos y los aprendizajes del área.
- **Diversidad disciplinar, tipológica y geográfica:** Incorporación de prácticas de distintos países de la región y de distintas escalas —desde oficinas consolidadas hasta profesionales independientes— para observar variados enfoques de adopción.
- **Etapas de adopción y temporalidad:** Inclusión de actores pioneros y profesionales en transición, con foco en experiencias desarrolladas en los últimos años para identificar tensiones en el contexto de mayor visibilidad tecnológica.
- **Accesibilidad y disposición al análisis:** posibilidad de contacto directo con actores clave y su disposición a participar en entrevistas en profundidad.

Bajo este diseño, los casos no operan como unidades aisladas, sino como un modelo de reconstrucción significativa, donde el potencial interpretativo de cada uno permite comprender las condiciones de posibilidad en torno a la integración del 3D interactivo.

4.3. Presentación de los casos seleccionados

A continuación, se presentan sintéticamente las seis unidades de análisis sobre las que se despliega el proceso interpretativo. Los casos fueron seleccionados por su diversidad de trayectorias, contextos y modos de adopción de tecnologías 3D interactivas, lo que permite observar distintos procesos de traducción tecnológica, de mediación proyectual y de formalización del conocimiento en la práctica profesional. En conjunto, constituyen un corpus heterogéneo que permite una lectura comparativa sobre cómo estas tecnologías son apropiadas, adaptadas y estabilizadas en contextos situados de arquitectura y diseño en América Latina.

1. **Caso Diego Viegas (Argentina):** práctica orientada a la visualización e interacción 3D, con énfasis en la exploración técnica y en la formalización progresiva del conocimiento autodidacta.
2. **Caso Natalia Martínez Hurtado (Colombia):** diseñadora industrial cuya transición profesional incorpora entornos digitales como soporte para la adopción de tecnologías 3D en contextos de trabajo remoto.
3. **Caso José Ripalda Jiménez (Perú y México):** trayectoria marcada por el paso del desarrollo de videojuegos al entorno arquitectónico interactivo y al urbanismo digital.
4. **Caso +Colonia (Uruguay y Argentina):** experiencia de urbanismo digital que articula tecnologías 3D con procesos de planificación y de toma de decisiones institucionales.
5. **Caso HASEN Arquitectura (México):** estudio que integra estas tecnologías en procesos de representación, comunicación con clientes y mediación proyectual.
6. **Caso Mario Astutti (Argentina):** profesional vinculado a la articulación de tecnologías 3D, escaneo, fotogrametría, realidad extendida e impresión 3D, seleccionado por su aporte a la comprensión de procesos de traducción tecnológica y formalización del conocimiento en contextos regionales.

4.4. Técnicas de recolección y análisis de información

Se diseñó una estrategia de triangulación de técnicas para contrastar los discursos de los protagonistas con las evidencias materiales. Se aplicaron los siguientes instrumentos:

- Entrevistas semiestructuradas: encuentros virtuales con los responsables de los estudios. Las entrevistas se entendieron como instancias de producción situada de conocimiento, orientadas a reconstruir experiencias, decisiones y sentidos desde la perspectiva de los propios actores. En este marco, el intercambio verbal no se consideró únicamente como recolección de información, sino como una vía para acceder a las interpretaciones que los profesionales elaboran sobre sus prácticas, trayectorias y procesos de apropiación tecnológica (Kvale, 1996).
- El guion de entrevistas se organizó a partir de los tres ejes analíticos derivados de los núcleos problemáticos de la investigación: traducción tecnológica, mediación entre actores y formalización del conocimiento. Estos ejes fueron

fundamentados en el marco teórico a partir de los aportes de Callon y Latour (1986) y Latour (2005), para comprender los procesos de traducción y configuración sociotécnica; de Star y Griesemer (1989), para analizar la mediación entre actores mediante el concepto de objetos fronterizos; y de Nonaka y Takeuchi (1995), Lundvall (1988, 1992) y von Hippel (2005), para abordar la formalización del conocimiento, el aprendizaje por la práctica y la innovación de usuario.

- Observación directa de plataformas, modelos e interfaces: análisis de las plataformas utilizadas, observación de las interfaces, de los modos de navegación y de las instancias de personalización por parte de los profesionales.
- Análisis documental: revisión de modelos enviados a clientes, presentaciones y comunicaciones digitales para identificar la adaptación del proyecto al entorno online.

4.5. Estrategia de análisis de la información

El análisis se realizó mediante codificación temática (Braun & Clarke, 2006). Siguiendo la lógica dialéctica de Samaja (1993), el procedimiento combinó una codificación deductiva (basada en los ejes conceptuales previos) con una codificación inductiva (emergente del material empírico). Se adoptó una estrategia de comparación constante para interpretar las entrevistas como expresiones de posicionamientos situados en un campo más amplio de prácticas proyectuales latinoamericanas.

4.6. Alcances, limitaciones y consideraciones éticas

Este diseño no pretende la generalización estadística, sino ofrecer una mirada situada que permita construir tipologías analíticas. Como sostiene Ynoub, su fortaleza radica en su capacidad para ofrecer una descripción densa del fenómeno. Entre las limitaciones, se reconoce la dificultad para acceder a ciertos flujos de trabajo privados y la disparidad en la sistematización previa de las experiencias por parte de los entrevistados. No obstante, la triangulación aseguró categorías consistentes. Finalmente, en cuanto a las consideraciones éticas, se garantizaron la confidencialidad y el resguardo de la información. Los nombres de los estudios y de los profesionales se mantienen con autorización expresa, lo que contribuye a la visibilidad de la disciplina en la región.



PARTE 2

Parte 2

Presentación y análisis de los resultados

Capítulo 5

El 3D interactivo en laboratorios individuales: exploración, necesidad y reconfiguración del oficio

Este capítulo aborda una serie de interrogantes centrales para la práctica proyectual contemporánea: ¿cómo se incorporan las tecnologías de visualización 3D interactivas en línea en el trabajo cotidiano de arquitectos y diseñadores, y qué transformaciones producen en sus modos de proyectar, comunicar y trabajar? ¿Cómo las aprenden los profesionales y qué obstáculos encuentran en ese proceso?

A partir del estudio de casos empíricos en América Latina, se analizan trayectorias profesionales diversas en las que la adopción de estas tecnologías no responde a un proceso homogéneo ni lineal. Por el contrario, su incorporación se produce en contextos situados, atravesados por restricciones, oportunidades, aprendizajes progresivos y decisiones estratégicas.

Lejos de entender estas tecnologías como una simple actualización instrumental, el capítulo reconstruye cómo los profesionales las aprenden, las adaptan, enfrentan obstáculos y las integran en sus prácticas, dando lugar a reconfiguraciones en sus modos de trabajo, en la relación con clientes y en la propia definición del oficio proyectual.

La adopción del 3D interactivo en línea no responde a un único modelo de implementación. Por el contrario, emerge en escenarios marcados por transformaciones económicas, cambios en las modalidades de trabajo, reconfiguraciones territoriales y nuevas exigencias en la comunicación del proyecto. En este marco, las tecnologías tridimensionales interactivas aparecen tanto como una respuesta práctica a problemas concretos —explicar, mostrar, validar o coordinar— como un elemento que interviene en los modos de pensar y de desarrollar el proceso proyectual.

El análisis de los casos se apoya en entrevistas en profundidad y en el relevamiento de materiales complementarios producidos por los propios entrevistados. A partir de estos insumos, se reconstruyen las trayectorias profesionales, los momentos de incorporación del 3D interactivo y las transformaciones que dichas tecnologías

introducen en la práctica cotidiana. El interés no se centra únicamente en identificar qué herramientas se utilizan, sino en comprender cómo estas tecnologías son apropiadas, traducidas y resignificadas en contextos concretos de trabajo, y qué efectos producen en los vínculos profesionales, en los modos de aprendizaje y en la organización del proceso proyectual.

En este sentido, el capítulo se articula en torno a la siguiente pregunta orientadora: ¿Cómo se resignifican el proceso proyectual y la práctica profesional cuando la visualización 3D interactiva deja de operar como un recurso final de representación para convertirse en un dispositivo de traducción y negociación que habilita nuevas formas de construcción compartida del proyecto?

Para abordar esta cuestión, el capítulo propone una lectura que se despliega en tres planos entrelazados:

- **Red de actores:** se observa cómo cada proyecto convoca una red heterogénea de actores —profesionales, clientes, plataformas y dispositivos— que interactúan entre sí y participan en la construcción del proyecto.
- **Procesos de traducción tecnológica:** se analizan los modos en que las herramientas concebidas para otros fines son resignificadas al entrar en contacto con la práctica proyectual. Los motores de videojuegos pasan a operar como maquinarias de representación y las plataformas de publicación se convierten en maquetas navegables, lo que evidencia que no es la herramienta la que determina su uso, sino el uso situado el que reconfigura su función.
- **Formalización de aprendizajes:** se atiende a cómo estas prácticas van dejando huellas compartidas, mediante las cuales saberes inicialmente intuitivos o experimentales se transforman progresivamente en nuevas rutinas de trabajo, lenguajes técnicos y métodos que se estabilizan en la práctica profesional.

Aunque los casos analizados en esta segunda parte comparten el uso de tecnologías 3D interactivas, no constituyen un conjunto homogéneo. Sus trayectorias se organizan en dos modos diferenciados de apropiación tecnológica. Este capítulo se concentra en el primero de ellos: las prácticas individuales y experimentales, en las que la adopción del 3D interactivo emerge desde la autogestión, la exploración y el aprendizaje autodidacta. En este grupo se inscriben los casos de Natalia Martínez Hurtado, Diego

Viegas y José Ripalda. Las prácticas institucionales y consolidadas —HASEN, +Colonia y Mario Astutti— se abordan en el capítulo siguiente.

La comparación entre estas trayectorias permitirá identificar regularidades, diferencias y tensiones que se retomarán en el apartado de lectura transversal y se profundizarán en los capítulos de análisis posteriores. De este modo, el capítulo sirve como base empírica para reflexionar sobre el rol del 3D interactivo en línea en la transformación contemporánea del proceso proyectual y de la práctica profesional.

Este primer apartado agrupa experiencias en las que la adopción del 3D interactivo en línea no responde a una planificación corporativa o institucional preexistente, sino que se desarrolla en el marco de trayectorias individuales atravesadas por procesos de exploración, cambio y aprendizaje. En estos casos, la tecnología se incorpora mediante prácticas profesionales que funcionan como verdaderos laboratorios personales, donde el ensayo, la prueba y la adaptación ocupan un lugar central.

Se trata de recorridos en los que la incorporación del 3D interactivo surge como una respuesta situada frente a contextos diversos —crisis económicas, desplazamientos territoriales, redefiniciones del perfil profesional o limitaciones materiales— que tensionan los modos tradicionales de trabajo. En lugar de integrarse mediante metodologías establecidas o protocolos formales, estas tecnologías se adquieren de manera progresiva, a través de procesos de aprendizaje autodidacta y de experimentación continua.

Este pasaje no ocurre de manera lineal ni planificada: combina exploración, incertidumbre y aprendizaje progresivo. Cada intento por incorporar estas tecnologías no solo implica un avance técnico, sino que pone en juego transformaciones en la manera de pensar, aprender y proyectar. En este recorrido emerge una inquietud que atraviesa las trayectorias aquí analizadas: ¿Puede una plataforma online aparentemente simple —como un visor 3D, una maqueta navegable o un entorno interactivo— operar como un instrumento relevante en procesos de redefinición profesional?

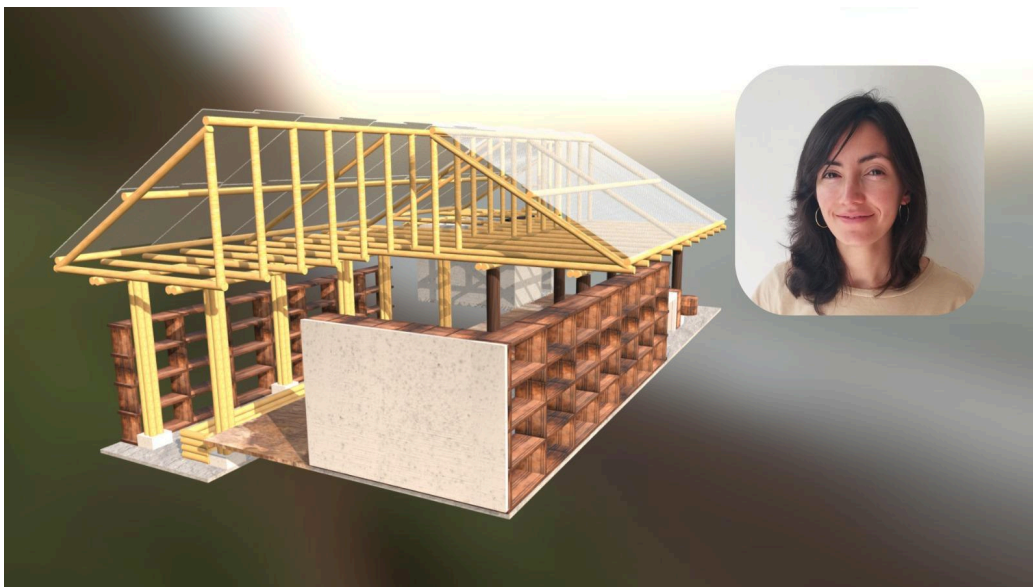
Los casos de Natalia Martínez Hurtado (Colombia), Diego Viegas (Argentina) y José Ripalda (México) permiten observar cómo estas prácticas individuales se configuran a partir del uso creativo de plataformas accesibles y de herramientas concebidas originalmente para otros fines. En estos recorridos, la tecnología no aparece como un recurso complementario ni como un paso final del proyecto, sino como un elemento activo que acompaña el proceso de aprendizaje, producción y comunicación.

Los tres casos que siguen permiten explorar, a partir de situaciones concretas, los alcances y tensiones de estos laboratorios individuales y constituyen una de las principales puertas de entrada al análisis de los procesos de adopción y de traducción tecnológica desarrollados en esta tesis.

5.1. Un laboratorio digital: redescubrir la práctica profesional a través del 3D interactivo online (Colombia)

Figura 1

Imagen de presentación del caso de Natalia Martínez Hurtado. Modelo tridimensional interactivo que sintetiza su práctica proyectual.



Nota. La imagen combina una visualización 3D representativa de su trabajo con un retrato de la diseñadora y cumple una función contextual e introductoria del caso.

5.1.1. Contexto

A veces, los cambios más profundos en una práctica profesional no comienzan con un acontecimiento puntual, sino con la acumulación progresiva de tensiones concretas: proyectos que se postergan, encargos que se cancelan, dificultades para sostener el alquiler del taller y una creciente reducción de la demanda de mobiliario artesanal. Ese era el escenario en el que se encontraba Natalia Martínez Hurtado, diseñadora industrial radicada en Bogotá, cuando el contexto económico comenzó a volverse inestable, incluso antes del inicio de la pandemia.

Hasta ese momento, su práctica se desarrollaba principalmente en el circuito del diseño artesanal y de la producción material de objetos en guadua. El proceso proyectual comenzaba con bocetos manuales, continuaba con planos técnicos en 2D realizados en software básico de dibujo —como AutoCAD en su versión bidimensional— y culminaba con la construcción de prototipos físicos en el taller. Las decisiones sobre proporción, curvatura y ensamblaje se resolvían directamente en diálogo con la materialidad: el comportamiento estructural de la guadua, la resistencia de las uniones, el peso y la estabilidad del objeto.

El diseño se resolvía, en gran medida, en el espacio del taller y en la relación directa con la materialidad. Esto implicaba un proceso basado en operaciones físicas concretas: corte manual de la guadua con sierras y herramientas eléctricas básicas, lijado para ajustar superficies y encuentros, perforaciones para ensamblajes, pruebas estructurales para soportar el peso sobre la pieza, ajustes de curvatura mediante vapor o tensión controlada, y sucesivos montajes y desmontajes hasta alcanzar la estabilidad deseada. Las decisiones de proporción y escala no se verificaban en un entorno digital tridimensional, sino que se tomaban directamente sobre el prototipo físico. La evaluación del proyecto dependía del contacto táctil, del peso del material, de la flexión real de las fibras y del ajuste manual de las uniones. Cuando utilizaba herramientas digitales, estas se limitaban principalmente a planos técnicos bidimensionales en software CAD 2D, que servían como guía para el corte y el armado, pero no reemplazaban la verificación material en el taller. En este esquema, el espacio de diseño no estaba mediado por plataformas de visualización interactiva ni por el modelado tridimensional navegable, sino por la experimentación directa con la materia.

La irrupción del confinamiento profundizó la fragilidad que ya tenía su práctica. El cierre de talleres, la interrupción de los encargos presenciales y la imposibilidad de acceder a espacios de trabajo compartidos afectaron directamente a quienes dependían del contacto con materiales, herramientas y clientes. En ese contexto, la diseñadora se vio obligada a reinventarse puertas adentro y muchas prácticas profesionales quedaron suspendidas o en riesgo de discontinuidad.

Frente a la imposibilidad de continuar trabajando en los términos habituales, Natalia comenzó un proceso de exploración autodidacta con herramientas digitales accesibles en línea. Sin acceso a laboratorios, equipamiento especializado ni recursos tecnológicos avanzados, inició una búsqueda guiada por la necesidad de sostener su práctica y de encontrar nuevos modos de representar, comunicar y desarrollar proyectos desde el ámbito doméstico y remoto. En ese recorrido descubrió Sketchfab,

una plataforma web que permite publicar y explorar modelos tridimensionales de forma interactiva.

Como se mostrará en los apartados siguientes, la incorporación del modelado 3D interactivo en línea permitió a la diseñadora desarrollar distintos tipos de proyectos y exploraciones concretas, entre ellos estudios geométricos y estructurales de cubiertas y pórticos en guadua, modelos tridimensionales experimentales publicados en su portafolio digital y el diseño de un kiosco construido en Santa Rosa de Cabal. Estos casos permiten observar cómo una práctica inicialmente centrada en la producción material en el taller se reorganiza progresivamente en torno a entornos digitales navegables, incidiendo tanto en los procesos de diseño como en las formas de comunicación y de validación con los clientes en contextos de trabajo remoto.

Este primer contacto con el 3D interactivo no se produjo de manera inmediata ni automática, sino como resultado de un proceso progresivo de búsqueda y ensayo, directamente condicionado por el contexto de confinamiento y la imposibilidad de mantener las dinámicas habituales de trabajo presencial. En una etapa inicial, Natalia intentó mejorar la presentación de sus modelos tridimensionales incorporando renderizadores para aportar color, materialidad y profundidad visual. Sin embargo, estos intentos le resultaron difíciles de sostener en el tiempo: los procesos eran lentos, demandaban numerosos ajustes técnicos y requerían una dedicación que no siempre se traducía en resultados satisfactorios para la comunicación del proyecto. En ese contexto, el intercambio con colegas le permitió conocer alternativas más accesibles, entre ellas, el uso de plataformas de visualización 3D online que priorizaban la rapidez de producción y la posibilidad de compartir los modelos directamente en la web. Si bien estas herramientas no ofrecían un nivel de hiperrealismo comparable al de los renderizadores tradicionales, sí permitían una visualización ágil, navegable y disponible en línea. A partir de esta experiencia, Natalia decidió profundizar su formación en el uso de entornos de visualización 3D interactivos, iniciando una instancia de capacitación específica que consolidó el paso del uso exploratorio a una integración sistemática de estas herramientas en su práctica. Desde entonces, cada modelo publicado comenzó a funcionar como una instancia de ensayo, en la que la exploración formal, la prueba técnica y la comunicación con otros actores se entrelazaron.

El proceso no siguió una lógica lineal ni estuvo guiado por una planificación previa. Combinó momentos de frustración técnica con avances progresivos, alternando la intuición propia del oficio artesanal con el aprendizaje autodidacta en entornos digitales. En este sentido, la adopción del 3D interactivo no respondió a un programa

formativo estructurado, sino a una apropiación impulsada por la necesidad de adaptación y de continuidad profesional en un contexto de trabajo remoto e inestabilidad material.

Este escenario inicial delimita el punto de partida del caso: una práctica anclada en la materialidad y en el circuito artesanal que, ante condiciones adversas, comienza a incorporar recursos de representación y de circulación digital en línea. En los apartados siguientes se describen, de manera ordenada, los pasos de adopción, los ajustes implicados y los cambios que se producen en la comunicación y en la validación del trabajo.

5.1.2. Adopción del 3D interactivo online

La adopción del 3D interactivo en la práctica de Natalia Martínez Hurtado se materializó inicialmente en la producción y publicación de modelos tridimensionales experimentales en la plataforma Sketchfab, entre ellos, estudios de pórticos, cubiertas y estructuras en guadua que sirvieron como sustitutos parciales de los prototipos físicos imposibles de realizar durante el confinamiento. Estos modelos, desarrollados en su mayoría sin un encargo específico, le permitieron trasladar al entorno digital operaciones que antes resolvía en el taller, como la exploración de configuraciones estructurales, el ajuste de proporciones y la verificación de la escala general de los objetos. A través de la manipulación de segmentos curvos, replicaciones estructurales y variaciones formales, la diseñadora pudo ensayar alternativas sin incurrir en costos materiales, transformando el modelo digital en un espacio de experimentación que reemplazó temporalmente al prototipo físico.

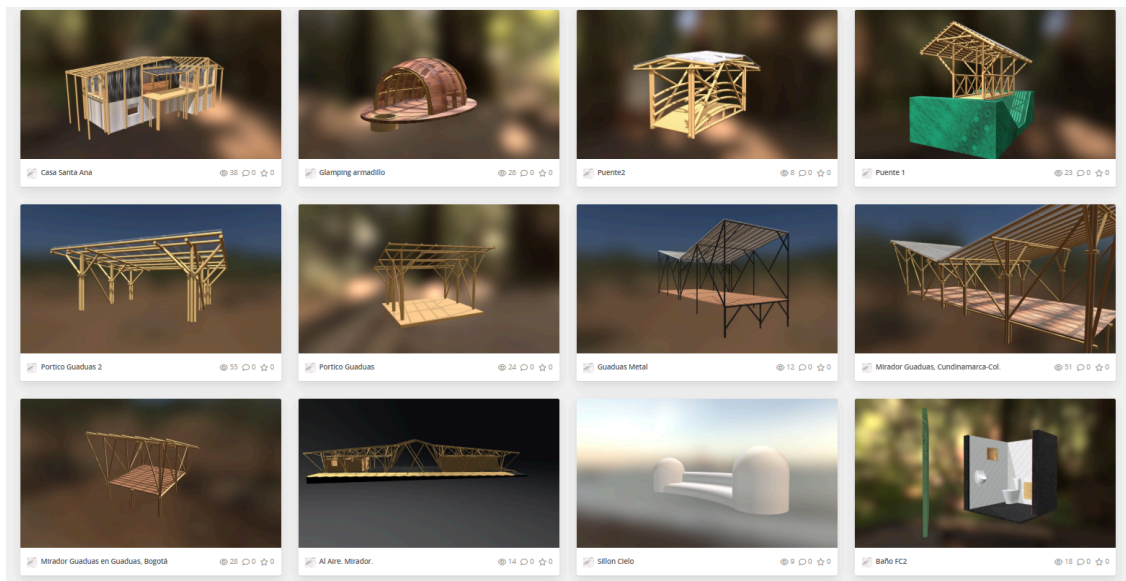
Estas primeras exploraciones se materializaron en una serie de modelos tridimensionales experimentales publicados en su portafolio digital en Sketchfab, entre ellos, pórticos, cubiertas y estructuras de guadua, desarrollados sin un encargo específico (ver Figura 2). La producción reiterada de estos modelos permitió a la diseñadora ensayar configuraciones formales y estructurales que, en condiciones normales, se habrían verificado mediante prototipos físicos en el taller. En algunos casos, estas exploraciones derivaron en estudios geométricos más complejos orientados a comprender las relaciones estructurales y constructivas en el entorno digital (ver Figura 3).

En ese contexto, Natalia comenzó a explorar herramientas digitales disponibles en la web, priorizando aquellas que no exigieran una infraestructura compleja ni conocimientos técnicos avanzados. Fue en ese recorrido exploratorio cuando

descubrió Sketchfab, una plataforma de publicación y visualización de modelos tridimensionales navegables en línea. El primer contacto con esta herramienta marcó un punto de inflexión: lo que inicialmente parecía una solución técnica puntual se convirtió en un nuevo espacio de trabajo.

Figura 2

Vista general del portafolio digital de Natalia Martínez Hurtado en Sketchfab

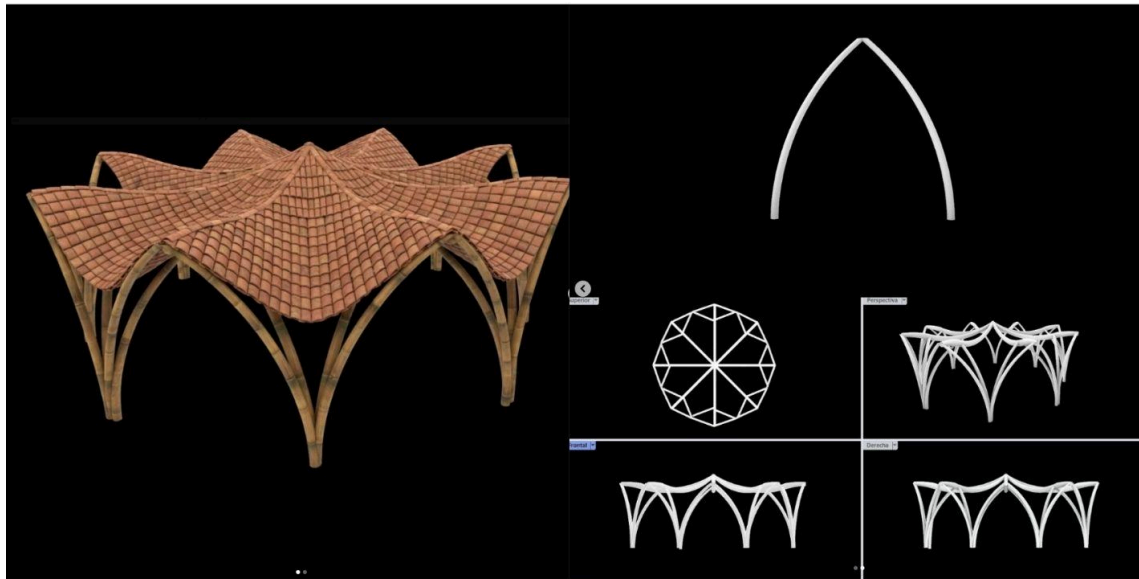


Nota. Los modelos —estructuras de guadua, pórticos y puentes experimentales— dan cuenta de una práctica exploratoria y progresiva en el uso del modelado 3D interactivo.

A partir de este proceso, la visualización 3D interactiva dejó de operar como un recurso complementario de representación para integrarse activamente en el desarrollo del proyecto. A través de modelos navegables y visualizaciones publicadas en línea, Natalia comenzó a trasladar al entorno digital operaciones que antes resolvía exclusivamente en el taller físico, como el ajuste de proporciones, la evaluación de relaciones estructurales y la verificación de la escala general del objeto.

Figura 3

Estudio geométrico y estructural de la cubierta orgánica de Guadua angustifolia Kunth.



Nota. La figura muestra el desarrollo de una estructura de ocho puntas basada en la replicación radial de un segmento curvo. El proyecto forma parte de un proceso de aprendizaje autodidacta en el que el modelado 3D se utiliza como herramienta para explorar relaciones geométricas, estructurales y constructivas en el entorno digital.

En este desplazamiento, la maqueta digital no solo sustituyó parcialmente al prototipo físico, sino que reconfiguró el propio espacio de diseño. Las decisiones formales pasaron a explorarse, compararse y ajustarse directamente en el modelo interactivo, lo que permitió articular en un mismo entorno funciones que antes se encontraban separadas: la exploración, la verificación y la comunicación preliminar del proyecto.

Este proceso de adopción no implicó el abandono inmediato de su saber artesanal previo, sino su traducción gradual a un nuevo soporte, atravesada por una curva de aprendizaje marcada por ajustes, errores y tiempos de exploración. En las primeras etapas, la atención al material, las exploraciones geométricas y los estudios estructurales, característicos de su trayectoria, no se trasladaron directamente al entorno digital, sino que requirieron un proceso de adaptación progresiva. Si bien la plataforma permitió ensayar variaciones sin costo material, el trabajo virtual implicó otros costos: largas horas de prueba y error, dificultades para controlar proporciones y relaciones espaciales en pantalla y la necesidad de rehacer modelos completos ante errores de configuración o de visualización. En este tránsito, algunas prácticas propias del trabajo en taller —como la resolución intuitiva a partir del contacto directo con la materialidad— fueron perdiendo centralidad, mientras que otras comenzaron a reconfigurarse en función de las lógicas del entorno digital.

En esta etapa inicial, el 3D interactivo operó como un entorno intermedio entre la materialidad del taller y la abstracción técnica del software avanzado. Sin recurrir a motores complejos ni a flujos de trabajo altamente especializados, Natalia consolidó un modo de uso accesible y compatible con su práctica, desde el cual comenzó a producir y compartir modelos tridimensionales como parte central de su proceso de diseño.

Desde este nuevo espacio de trabajo, la diseñadora produjo y compartió modelos tridimensionales de manera sistemática, consolidando un aprendizaje basado en la repetición, la prueba de configuraciones formales y la corrección de errores visibles durante la navegación interactiva. El conocimiento adquirido fue en gran medida tácito, incorporado mediante el uso reiterado de la herramienta y el registro visual de los ajustes en los propios modelos. Cada archivo funcionó como un registro del aprendizaje en curso, más que como un resultado definitivo, y permitió integrar progresivamente la exploración digital, la visualización interactiva y la toma de decisiones proyectuales en un mismo entorno de trabajo.

5.1.3. Proceso de traducción y mediación

La incorporación del 3D interactivo en la práctica de Natalia Martínez Hurtado modificó la forma de producir modelos y también la manera en que estos comenzaron a circular, explicarse y discutirse. En las primeras exploraciones en Sketchfab la diseñadora utilizó esos modelos para observar relaciones estructurales, revisar proporciones y explorar configuraciones espaciales que antes resolvía principalmente mediante el prototipo físico en el taller. En los estudios de cubiertas y estructuras en guadua, por ejemplo, el modelado digital permitió aislar segmentos, repetir variaciones geométricas y hacer visibles relaciones constructivas que en el trabajo material aparecían de forma más progresiva o intuitiva (ver Figura 3).

A partir de este desplazamiento, el modelo tridimensional dejó de funcionar únicamente como representación final del proyecto y comenzó a operar como soporte de trabajo intermedio. Las decisiones formales, estructurales y espaciales ya no dependían exclusivamente de bocetos manuales, planos técnicos o renders estáticos, sino que podían explorarse directamente en un entorno navegable, accesible tanto para la diseñadora como para otros actores involucrados. El proyecto podía ser recorrido, observado desde diferentes perspectivas y ajustado antes de su materialización, lo que modificó concretamente los modos de explicar, discutir y validar el diseño.

En este sentido, la traducción del proyecto al entorno digital no consistió simplemente en “pasar” una idea de un soporte a otro. Implicó reorganizar parte del saber artesanal en un lenguaje visual interactivo. Aquello que en el taller se resolvía mediante contacto directo con la materia —el comportamiento de la guadua, la proporción entre piezas, la lectura estructural del conjunto, la evaluación de apoyos y tensiones— comenzó a expresarse a través de geometrías digitales, recorridos visuales y relaciones espaciales visibles en pantalla. El entorno interactivo permitió, así, hacer explícitas ciertas decisiones que antes permanecían incorporadas en la experiencia práctica de la diseñadora.

Antes de la adopción de estos entornos, la comunicación del proyecto se basaba principalmente en dibujos técnicos, bocetos manuales y visualizaciones estáticas. Aunque esos recursos resultaban útiles en el circuito profesional, tenían limitaciones para transmitir espacialidad, escala y relaciones entre las partes, especialmente cuando el intercambio debía producirse a distancia. Con el uso de modelos navegables, el proyecto dejó de depender exclusivamente de la explicación verbal o gráfica de la diseñadora y pasó a ofrecer una experiencia de exploración directa. El cliente o interlocutor podía girar el objeto, acercarse, alejarse y observarlo desde distintos ángulos, lo que le permitía acceder a una comprensión más inmediata del diseño.

Esto puede observarse con mayor claridad en el proyecto del kiosco construido en Santa Rosa de Cabal, donde el modelo digital interactivo funcionó como instancia de mediación entre el diseño y la futura ejecución material (ver Figura 4). En ese caso, la maqueta navegable permitió anticipar las relaciones espaciales, revisar las proporciones generales y consensuar las decisiones antes de la construcción. El modelo no reemplazó el saber técnico de la diseñadora, sino que modificó las condiciones en las que ese saber podía ser compartido, discutido y comprendido por otros actores.

Por eso, en este caso, el 3D interactivo puede entenderse como un mediador del proceso proyectual. No se trata únicamente de una herramienta de representación, sino de un soporte que interviene en la forma en que el proyecto se organiza, se muestra y se ajusta. Al hacer visibles determinadas relaciones antes de su materialización, el modelo interactivo modifica tanto la toma de decisiones como la comunicación del diseño. Algunas cuestiones que en el taller podían resolverse de manera más implícita debieron explicitarse en el entorno digital para poder ser vistas, recorridas y evaluadas.

Figura 4

Kiosco en Santa Rosa de Cabal. Relación entre el modelo digital interactivo y la obra construida.



Nota. La figura combina registros fotográficos del kiosco construido en Santa Rosa de Cabal, Colombia (septiembre de 2025), con una captura de la maqueta digital interactiva publicada por la autora en la plataforma Sketchfab (usuario *martinezhurtado*). La comparación entre ambos registros evidencia el uso del modelo 3D como instancia de mediación entre el diseño, la comunicación con el cliente y la ejecución material.

Este pasaje no supuso la sustitución del saber previo, sino su reformulación. Las lógicas constructivas asociadas a la guadua, la atención a la materialidad y la experiencia acumulada en el trabajo manual no desaparecen, sino que se traducen a otro medio. La plataforma en línea se convierte así en un espacio donde se ensayan equivalencias entre lo material y lo digital: simplificaciones geométricas, pruebas estructurales visuales, ajustes de proporción y anticipaciones espaciales que permiten proyectar sin disponer todavía del objeto construido.

Asimismo, esta mediación transforma los tiempos y las dinámicas del intercambio proyectual. El envío de un enlace puede reemplazar parte de las reuniones presenciales; la observación compartida del modelo reduce malentendidos; y la posibilidad de recorrer el proyecto desde distintos dispositivos genera una base visual común que antes dependía en mayor medida de la imaginación del cliente o de la capacidad explicativa de la diseñadora. La traducción, entonces, no afecta solo a la forma del objeto, sino también a la organización del trabajo y a la relación entre quienes participan en el proceso.

En el caso de Natalia, el 3D interactivo no solo permite mostrar un proyecto, sino también pensarlo de otra manera. Al volverse visible, navegable y compartible, el diseño se desplaza de una lógica más cerrada de representación final hacia un proceso más abierto, donde proyectar, mostrar y ajustar ocurren de manera más simultánea. Desde esta perspectiva, la mediación tecnológica redefine el lugar del diseño, que deja de aparecer únicamente como resultado y pasa a constituirse también como un espacio activo de intercambio, interpretación y construcción compartida de sentido.

5.1.4. Proceso de aprendizaje autodidacta y laboratorio digital

El proceso de aprendizaje de Natalia Martínez Hurtado en torno al 3D interactivo se desarrolló de manera autodidacta, fragmentaria y progresiva, sin estar mediado por programas formales de capacitación ni por el acceso a instituciones especializadas. Su apropiación de las herramientas digitales se construyó principalmente a partir del ensayo y error, de la exploración intuitiva y de la repetición sistemática de operaciones en el entorno virtual.

Cada modelo tridimensional publicado funcionó como una unidad mínima de aprendizaje. A través de la producción constante de maquetas digitales —muchas de ellas sin un encargo concreto asociado—, Natalia fue incorporando nociones de

escala, proporción, iluminación y estructura, al mismo tiempo que adquiría familiaridad con la interfaz y las posibilidades de navegación del entorno online. Este proceso no respondió a una lógica lineal ni acumulativa en términos técnicos, sino a una dinámica de prueba, ajuste y reiteración, en la que el error desempeñó un papel constitutivo.

En este contexto, la plataforma de visualización 3D comenzó a funcionar como un archivo activo del proceso formativo. El portafolio digital de la diseñadora reúne una serie de estructuras, pórticos, puentes experimentales y cubiertas de guadua que evidencian variaciones formales, ajustes progresivos y exploraciones estructurales realizadas a lo largo del tiempo (ver Figura 2). A diferencia del taller físico, donde cada ensayo implica materiales, tiempo y costos específicos, el entorno digital permitió acelerar el ciclo de experimentación, habilitando múltiples versiones de una misma idea y la posibilidad de revisar decisiones previas sin pérdida material.

La capacidad de modificar parámetros, rehacer modelos, conservar versiones intermedias y comparar resultados transformó cada archivo en un registro del proceso, más que en un producto final cerrado. De este modo, el aprendizaje se produjo mediante la acumulación de ensayos visibles, en los que la repetición permitió consolidar habilidades y desarrollar criterios propios de la evaluación formal y estructural en el entorno digital.

En este laboratorio virtual, el aprendizaje no se limitó a la dimensión técnica. La exploración sostenida también favoreció la emergencia de un lenguaje visual propio, en el que las referencias al trabajo artesanal —especialmente el uso de la guadua y los sistemas constructivos asociados— comenzaron a dialogar con formas de representación digital. La traducción del saber material al entorno virtual no fue inmediata ni automática, sino el resultado de una adaptación progresiva entre la intuición constructiva adquirida en el taller y la abstracción geométrica propia del modelado tridimensional.

Con el tiempo, el entorno digital dejó de funcionar únicamente como repositorio de ensayos exploratorios y comenzó a convertirse en un espacio para pensar relaciones geométricas y estructurales de mayor complejidad. La posibilidad de abstraer la forma, descomponerla en segmentos y ensayar configuraciones no ortogonales permitió avanzar de una exploración intuitiva a un razonamiento proyectual más sistemático. En este punto, el modelado tridimensional pasó de ser un soporte visual a convertirse en una herramienta de indagación formal y constructiva, en la que el aprendizaje se produjo mediante el análisis de la geometría, la repetición controlada y la anticipación de comportamientos estructurales (ver Figura 3).

Este modo de aprender haciendo permitió a Natalia consolidar una práctica híbrida, en la que el diseño se piensa simultáneamente desde la materia y desde la imagen. El espacio digital operó como un laboratorio expandido: un entorno donde experimentar sin protocolos rígidos, donde cada modelo funciona a la vez como boceto, prueba y evidencia del aprendizaje en curso. En este sentido, el 3D interactivo no solo amplió sus capacidades técnicas, sino que también reorganizó su modo de abordar el proyecto, incorporando la exploración visual interactiva como parte integrante del proceso proyectual.

5.1.5. Efectos sobre la relación con los clientes

La incorporación del 3D interactivo online produjo transformaciones significativas en la manera en que Natalia Martínez Hurtado se vinculó con sus clientes y comunicó sus proyectos. Antes de adoptar estas herramientas, la relación proyectual se apoyaba principalmente en dibujos técnicos, bocetos manuales y renders estáticos, lo que implicaba un alto grado de abstracción para el cliente y frecuentes dificultades para anticipar la espacialidad, la escala o las atmósferas materiales del diseño.

Con la introducción de modelos tridimensionales navegables, el proceso de comunicación comenzó a reconfigurarse. La posibilidad de compartir un enlace y permitir que el cliente recorra el proyecto, modifique el punto de vista y explore el espacio de manera autónoma redujo la brecha entre la intención proyectual y su comprensión. En lugar de recibir explicaciones cerradas, el cliente pudo acceder directamente a una experiencia visual del diseño, familiarizándose con nociones de escala, proporción y relaciones espaciales mediante la navegación por el modelo.

Este cambio incidió especialmente en las etapas tempranas del proyecto. A través de las maquetas digitales interactivas, Natalia pudo discutir decisiones formales, proporciones y configuraciones espaciales antes de avanzar hacia instancias constructivas o de definición material. El modelo se transformó en un soporte compartido para el diálogo, en el que las observaciones del cliente podían incorporarse de inmediato, evitando malentendidos posteriores y reduciendo la necesidad de correcciones tardías. En algunos casos, la exploración directa del modelo permitió detectar interferencias espaciales o ajustes necesarios en la disposición de los elementos desde distintos puntos de vista, lo que enriqueció el intercambio proyectual.

Un ejemplo significativo de esta dinámica es el kiosco construido en Santa Rosa de Cabal (ver Figura 4). En este proyecto, el modelo digital interactivo permitió anticipar la experiencia espacial del usuario y consensuar criterios de diseño antes de la ejecución

material. Diseñadora y cliente pudieron recorrer conjuntamente la maqueta digital, identificar relaciones espaciales, evaluar aspectos visuales y ajustar las decisiones sobre la disposición de los elementos. Durante la exploración del modelo, por ejemplo, se observó cómo la altura de la cubierta y la ubicación de los apoyos influían en la circulación y la visibilidad del espacio interior, lo que llevó a modificar las proporciones y las aperturas antes de iniciar la construcción.

Este modo de interacción modificó la dinámica tradicional cliente–diseñador. El énfasis dejó de recaer exclusivamente en la explicación verbal del proyecto y se desplazó hacia una exploración visual compartida, en la que el modelo actuó como mediador entre la idea y la obra. El cliente no solo comprendió mejor el proyecto, sino que también incorporó progresivamente criterios básicos de lectura espacial —como escala, proporción y relaciones de uso— a partir de la experiencia directa de navegación.

Además, en un contexto de restricciones de movilidad y de trabajo remoto, la posibilidad de compartir el proyecto mediante un enlace permitió sostener el vínculo profesional de manera asincrónica y flexible, sin depender exclusivamente de encuentros presenciales. El modelo interactivo facilitó así nuevas formas de intercambio, más ágiles y continuas, que reorganizaron los tiempos y las modalidades del proceso proyectual.

En este sentido, el 3D interactivo no operó únicamente como una herramienta de representación, sino como un dispositivo relacional que transformó la comunicación, la participación del cliente y las expectativas sobre el desarrollo del proyecto. La visualización dejó de ser una instancia final de presentación para convertirse en un espacio activo de negociación y construcción compartida, sin que ello implicara una pérdida de la autoridad profesional de la diseñadora.

En síntesis, el caso de Natalia Martínez Hurtado permite observar un proceso de adopción tecnológica impulsado por condiciones de vulnerabilidad material y sostenido mediante un aprendizaje autodidacta situado. La incorporación del 3D interactivo online no respondió a una planificación estratégica ni a una infraestructura institucional previa, sino a la necesidad de mantener la continuidad de la práctica profesional en un contexto de confinamiento, trabajo remoto e incertidumbre económica.

A lo largo de esta trayectoria, el entorno digital operó como espacio de experimentación proyectual y como dispositivo de mediación con los clientes. El modelado tridimensional permitió reformular saberes provenientes del trabajo artesanal

en un lenguaje visual interactivo, reorganizando tanto los modos de diseño como las formas de comunicación y validación del proyecto.

5.2. En el borde del mapa, pero en el centro del mundo virtual (Argentina)

5.2.1. Contexto

Los procesos innovadores no siempre surgen en grandes centros tecnológicos o en estudios consolidados, sino también en contextos periféricos donde la escasez de recursos convive con una fuerte capacidad creativa. Este es el punto de partida del caso de Diego Viegas, artista digital y diseñador 3D radicado en San Carlos de Bariloche, en la Patagonia argentina. Desde este territorio alejado de los principales polos latinoamericanos de producción digital, Diego desarrolló una práctica profesional con proyección internacional, participando en proyectos de visualización científica, reconstrucciones digitales y experiencias interactivas destinados a plataformas en línea.

Entre sus trabajos se incluyen modelos tridimensionales utilizados por instituciones científicas, reconstrucciones de piezas patrimoniales y desarrollos interactivos para marcas globales, lo que evidencia la inserción internacional de una práctica construida en un contexto geográfico periférico.

La trayectoria de Diego Viegas no se inscribe en los recorridos más habituales de formación en el campo del 3D —como escuelas de animación, carreras tecnológicas o inserciones tempranas en empresas del sector—. En su caso, el vínculo con estas tecnologías se construye a partir de un proceso autodidacta, sostenido en la curiosidad, la exploración técnica y la experimentación constante.

Este punto de partida abre una pregunta: ¿cómo se configura una práctica profesional en el campo del 3D interactivo cuando no se apoya en estructuras formales de formación ni en entornos productivos consolidados?

Antes de consolidarse como referente en la visualización 3D interactiva, Diego desarrolló un interés por el dibujo y la escultura tradicional. Esta sensibilidad plástica constituyó el punto de partida para su exploración del modelado orgánico digital,

particularmente mediante herramientas como ZBrush¹, que le permitieron trasladar al entorno virtual formas complejas —superficies irregulares, anatomías y texturas— difíciles de representar en medios bidimensionales. Esta transición inicial no respondió a una planificación profesional explícita, sino a la necesidad de encontrar un lenguaje capaz de sostener una exploración formal más profunda.

Su formación se construyó fuera de las instituciones académicas formales. Tutoriales en línea, foros especializados, comunidades técnicas internacionales y el intercambio informal con otros usuarios configuraron una pedagogía distribuida y no institucionalizada. Este aprendizaje autodidacta no solo facilitó la incorporación de herramientas digitales, sino que también moldeó una concepción particular del oficio, en la que cada proyecto funciona simultáneamente como instancia de producción y de investigación aplicada.

El contexto geográfico en el que se desarrolla su práctica resulta clave para comprender su trayectoria. San Carlos de Bariloche es una ciudad reconocida por su paisaje natural, su actividad turística y la presencia de instituciones científicas de alto nivel, como INVAP². Sin embargo, ese desarrollo tecnológico no se traduce en un ecosistema local consolidado vinculado al diseño 3D, a la animación digital o a las experiencias interactivas. En consecuencia, la práctica de Diego se sitúa en la periferia creativa respecto de los principales centros de producción digital de la región, donde la innovación depende en gran medida de la iniciativa individual y de la capacidad para articular redes externas.

Esta condición implicó trabajar sin equipos especializados ni circuitos profesionales locales, desarrollando soluciones técnicas y creativas de manera autónoma y apoyándose principalmente en plataformas online y en vínculos a distancia. Lejos de constituir una limitación, este contexto se convirtió en un punto de apoyo para expandir su práctica a redes globales.

Sin infraestructuras especializadas ni industrias creativas locales consolidadas, Diego comenzó a construir una red propia de colaboración con actores diversos —arqueólogos, museos, divulgadores científicos, estudios comerciales y marcas

¹ *ZBrush* es un software de escultura digital utilizado para el modelado tridimensional de geometrías orgánicas de alta complejidad, ampliamente empleado en campos como el arte digital, la animación, los videojuegos y la visualización científica.

² *INVAP* es una empresa referente en proyectos tecnológicos a nivel mundial y protagonista del desarrollo en Argentina. Desde hace más de cuatro décadas desarrolla sistemas tecnológicos de alto valor agregado, en las áreas Nuclear, Espacial, Defensa, Seguridad y Ambiente, Sistemas Médicos

internacionales— que encontraron en su trabajo una combinación singular de rigor técnico y sensibilidad estética.

Este recorrido plantea una pregunta: ¿cómo se configura un perfil profesional en el campo del 3D interactivo cuando no se ajusta ni a la figura del especialista inserto en grandes estructuras productivas ni a la del artista aislado del circuito comercial?

A lo largo de su trayectoria, esta práctica se despliega en proyectos heterogéneos —reconstrucciones digitales de piezas arqueológicas, modelos tridimensionales para encargos comerciales, esculturas digitales y entornos virtuales navegables desarrollados con motores en tiempo real—. Esta diversidad abre otro interrogante: ¿qué tipo de práctica se construye cuando lo artesanal, lo tecnológico y lo experimental no aparecen como ámbitos separados, sino como dimensiones que se entrelazan en el hacer proyectual?

Más que evidenciar directamente una inserción en circuitos globales, estos recorridos invitan a indagar de qué manera una práctica desarrollada desde una periferia geográfica logra sostener vínculos, intercambios y formas de circulación más amplias.

5.2.2. Adopción del 3D interactivo en la práctica profesional

La incorporación del 3D interactivo en la práctica de Diego Viegas no respondió a una decisión puntual ni a la adopción de una tecnología dominante en su entorno inmediato, sino a un proceso progresivo ligado a la ampliación de sus proyectos y a las demandas de distintos campos de aplicación. A medida que su trabajo comenzó a involucrar colaboraciones con instituciones científicas, museos, marcas comerciales y plataformas digitales, surgió la necesidad de producir modelos tridimensionales que no solo pudieran visualizarse, sino que también pudieran explorarse directamente por otros actores.

En una primera etapa, el modelado tridimensional se convirtió en una extensión de su exploración artística, iniciada en el dibujo y la escultura. Herramientas de modelado orgánico le permitieron trabajar formas complejas, superficies irregulares y detalles anatómicos con un grado de precisión difícil de alcanzar con medios bidimensionales. En este momento inicial, el 3D operaba principalmente como un espacio de experimentación formal y de desarrollo de lenguaje, sin una orientación explícita hacia la interacción ni hacia la circulación pública de los modelos.

La ampliación del uso del modelado no se produjo de manera inmediata, sino en el marco de proyectos específicos que exigieron resolver problemas concretos. Uno de estos momentos aparece con la colaboración con arqueólogos e instituciones patrimoniales, donde la necesidad de documentar y reconstruir objetos reales introdujo nuevas exigencias técnicas.

En estos proyectos, el trabajo dejó de centrarse únicamente en la exploración formal para incorporar herramientas como el escaneo tridimensional y la fotogrametría, orientadas a registrar piezas existentes, reconstruir fragmentos y permitir su observación desde múltiples perspectivas. Este pasaje implicó un proceso de ajuste: las lógicas propias del modelado escultórico —basadas en la libertad formal— comenzaron a tensionarse con la necesidad de precisión, registro y fidelidad morfológica.

En este contexto, el modelado tridimensional ya no operaba solo como un espacio de expresión, sino como un dispositivo de traducción entre el objeto físico y su representación digital. Este desplazamiento no estuvo exento de dificultades: implicó aprender nuevas técnicas, adaptar flujos de trabajo y reformular criterios de evaluación, incorporando parámetros vinculados a la exactitud y la legibilidad del modelo.

El paso al 3D interactivo se consolidó cuando estos modelos comenzaron a publicarse en plataformas online. La posibilidad de alojar los archivos en entornos web y de permitir su exploración mediante navegación directa transformó el modelo tridimensional en un objeto compartido, accesible para investigadores, clientes o usuarios finales. De este modo, los modelos dejaron de ser archivos cerrados destinados únicamente a la producción o al almacenamiento para convertirse en dispositivos de comunicación, validación y circulación del trabajo.

La incorporación del 3D interactivo en proyectos comerciales y científicos no se dio de manera homogénea ni sin ajustes. En el ámbito comercial, por ejemplo, la posibilidad de presentar productos aún no materializados abrió nuevas oportunidades, pero también implicó aprender a anticipar cómo esos modelos serían percibidos en distintos contextos de visualización. La evaluación de la apariencia desde múltiples ángulos no solo facilitó decisiones de diseño, sino que introdujo nuevos criterios de trabajo vinculados a la legibilidad, el detalle y la presentación en entornos digitales.

En ámbitos científicos y patrimoniales, el uso del modelo interactivo respondió a otras exigencias. La necesidad de permitir el acceso remoto a piezas físicas —muchas

veces inaccesibles sin instrumental especializado— implicó desarrollar modelos que no solo fueran visualmente precisos, sino también comprensibles para distintos tipos de usuarios. En este proceso, el modelo tridimensional comenzó a operar como una superficie de referencia compartida, aunque su construcción exigió ajustar niveles de detalle, optimizar recursos y traducir información compleja en formas navegables.

Esta transición no fue inmediata: supuso reformular el rol del modelo digital, que dejó de ser un archivo de trabajo para convertirse en un dispositivo activo de comunicación, validación y circulación. En este sentido, la adopción del 3D interactivo implicó no solo una ampliación de usos, sino también la incorporación de nuevos criterios proyectuales asociados a su funcionamiento en entornos online.

Un segundo momento en este proceso aparece con la incorporación de motores interactivos en tiempo real, como Unreal Engine³. Este pasaje no implicó simplemente sumar una nueva herramienta, sino enfrentarse a un entorno de trabajo más complejo, donde el modelado debía articularse con variables como la iluminación dinámica, la optimización de recursos y la interacción del usuario.

La construcción de entornos navegables introdujo nuevos desafíos: integrar múltiples modelos en una misma escena, definir recorridos posibles y ajustar el comportamiento visual en función de la experiencia del usuario. En este contexto, el trabajo dejó de centrarse exclusivamente en la producción de objetos individuales para orientarse hacia la construcción de experiencias tridimensionales más amplias, en las que la interacción se vuelve parte constitutiva del proyecto.

Esta transición implicó una reorganización del proceso de trabajo que no se resolvió de manera inmediata. La optimización de modelos, la gestión de recursos gráficos, la definición de modos de interacción y la adaptación a distintos dispositivos introdujeron nuevas exigencias que requirieron períodos prolongados de aprendizaje, experimentación y ajuste. En este proceso, las decisiones formales comenzaron a vincularse con variables como el rendimiento, la navegabilidad y la experiencia del usuario, incorporando criterios que no formaban parte del trabajo previo.

Lejos de sustituir las tecnologías anteriores, estas herramientas se fueron integrando en un flujo de trabajo flexible, en el que conviven el modelado escultórico, la

³ *Unreal Engine* es un motor gráfico en tiempo real desarrollado originalmente para la industria de los videojuegos, que permite crear entornos tridimensionales interactivos, simulaciones espaciales y experiencias inmersivas. En los últimos años ha sido adoptado en campos como la arquitectura, el diseño y la visualización digital para el desarrollo de recorridos virtuales, prototipos interactivos y experiencias de comunicación espacial.

fotogrametría, el texturizado y la programación interactiva. Cada proyecto activa combinaciones particulares de estos recursos, en función de sus objetivos y condiciones de uso, lo que sugiere una práctica en constante reconfiguración más que un sistema estabilizado.

En este recorrido, el 3D interactivo no aparece como una herramienta que se incorpora de manera aislada, sino como un modo de trabajo que se va configurando progresivamente en la práctica. A medida que se articulan distintas tecnologías, el entorno digital comienza a operar como un espacio desde el cual producir, comunicar y hacer circular el trabajo.

Más que responder a una decisión puntual, este modo de operar se construye en el hacer, en la resolución de proyectos concretos y en la necesidad de sostener vínculos profesionales en contextos diversos. En este sentido, la trayectoria de Diego Viegas permite observar cómo el 3D interactivo puede funcionar como una condición de posibilidad para articular una práctica profesional que, aun desarrollándose desde una ubicación geográfica periférica, logra insertarse en circuitos de alcance global.

5.2.3. Proceso de traducción y mediación

¿Qué ocurre cuando un modelo tridimensional deja de funcionar como una representación estática y comienza a operar como un objeto interactivo, capaz de circular entre distintos actores y contextos? ¿Qué tipo de transformaciones introduce este desplazamiento en la forma en que el conocimiento proyectual se produce, se comunica y se valida?

En el caso de Diego Viegas, la incorporación del 3D interactivo puede leerse como un proceso de traducción sociotécnica que no se limita a los modos de representación, sino que involucra también la circulación del conocimiento, la comunicación con otros actores y la relación entre la producción artística, la técnica y la comercialidad.

En este sentido, resulta pertinente analizar en qué medida los modelos tridimensionales dejan de operar exclusivamente como objetos visuales estáticos para convertirse en dispositivos interactivos capaces de mediar entre distintos campos —científico, patrimonial, industrial y creativo— y entre públicos con niveles diversos de especialización.

Uno de los cambios más significativos se produjo cuando los modelos comenzaron a publicarse en plataformas online de visualización interactiva. Al hacerlo, los objetos digitales pasaron de ser archivos privados a convertirse en entidades accesibles,

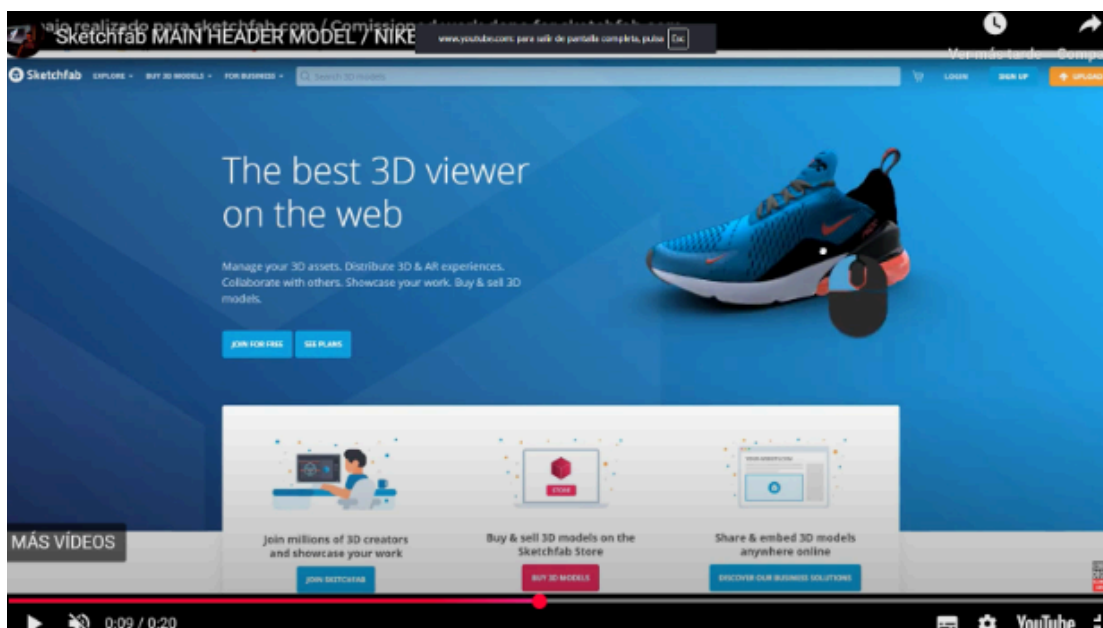
navegables y compartibles, capaces de circular de manera autónoma entre instituciones, clientes y audiencias globales. En este contexto, el modelo tridimensional funciona como un objeto intermediario que traduce información compleja —morfológica, espacial o técnica— a un lenguaje visual comprensible sin necesidad de mediaciones discursivas extensas.

Un ejemplo de esta dinámica puede observarse en el modelo tridimensional de una zapatilla desarrollado para la empresa Nike y publicado en la plataforma Sketchfab (ver Figura 5). La pieza fue concebida para ser explorada interactuando directamente con el objeto digital, lo que permite rotarlo, acercarse a sus detalles y comprender su configuración material y formal desde múltiples perspectivas. En este caso, la visualización interactiva no solo cumple una función representacional, sino también comunicacional y de validación: el modelo se convierte en una interfaz entre la marca, el diseñador y el público, evidenciando cómo el 3D interactivo permite presentar productos de manera experiencial en entornos online.

La mediación no se limita a la comunicación con públicos externos, sino que también atraviesa los procesos de producción. El modelado, el texturizado y la optimización implican traducir propiedades materiales, decisiones formales y comportamientos físicos en parámetros digitales específicos. En este sentido, el trabajo tridimensional funciona como un espacio donde convergen saberes provenientes de la escultura tradicional, la ingeniería de superficies, la simulación visual y los flujos de trabajo propios de la industria creativa digital.

Figura 5

Modelo 3D interactivo de zapatilla Nike en Sketchfab realizado por Diego Viegas



Nota. El modelo fue comisionado por la empresa Nike y alojado en la plataforma Sketchfab, uno de los principales entornos de visualización 3D interactiva en línea. La pieza permaneció en la portada principal del sitio (home) durante más de dos años, sirviendo como ejemplo destacado de experiencia interactiva en la web.

Esta dimensión puede observarse en la escultura digital desarrollada para Adobe Substance 3D (ver Figura 6). El modelo presenta superficies complejas, variaciones de materialidad y efectos de envejecimiento que reproducen características propias de objetos físicos mediante mapas de textura, capas y propiedades de sombreado. La interfaz del software permite visualizar simultáneamente la geometría y los parámetros técnicos asociados a la materialidad, lo que evidencia que la representación tridimensional implica un proceso de codificación de cualidades sensoriales en datos manipulables. El objeto digital funciona como un mediador entre la intuición artística y los estándares técnicos de producción industrial.

En ambos casos, el modelo 3D interactivo actúa como un objeto intermediario que articula lenguajes heterogéneos. Por un lado, condensa conocimientos técnicos y artísticos especializados; por otro, ofrece una experiencia visual intuitiva, accesible a usuarios no expertos. La navegación directa, la manipulación del punto de vista y la posibilidad de inspeccionar los detalles reducen la distancia entre productor y receptor, habilitando nuevas formas de comprensión del objeto digital.

Figura 6

Escultura digital texturizada para Adobe Substance 3D



Nota. Escultura digital de un caballo realizada por Diego Viegas y seleccionada por

Adobe Substance 3D para una campaña institucional orientada a mostrar el potencial expresivo y técnico del texturizado digital en entornos tridimensionales. El modelo presenta superficies complejas y efectos de materialidad realista, evidenciando el cruce entre escultura, arte digital y tecnología de materiales. La interfaz del software permite observar la superposición de capas, mapas y propiedades propias de los flujos de trabajo industriales de texturizado.

Asimismo, la publicación online introduce una mediación temporal y espacial distinta de la de los formatos tradicionales. El modelo puede consultarse de manera asíncrona desde diferentes dispositivos y contextos, lo que amplía significativamente el alcance de la comunicación y permite la circulación global del trabajo sin depender de encuentros presenciales. Esta capacidad resulta particularmente relevante para prácticas desarrolladas en territorios periféricos, donde el acceso a mercados o instituciones centrales suele verse mediado por la distancia geográfica.

En este proceso, la tecnología no actúa como un soporte pasivo, sino como un componente que interviene en la configuración de las formas de producir, comunicar y validar el conocimiento proyectual. La traducción del objeto al entorno digital implica decisiones de simplificación, optimización y adaptación que influyen en la manera en que el proyecto se percibe y se comprende. Al mismo tiempo, posibilita nuevas modalidades de interacción que no serían viables en el mundo físico.

De este modo, en la práctica de Diego Viegas, el 3D interactivo se consolida como un dispositivo de mediación que conecta actores, disciplinas y escalas diversas, desde el trabajo artístico individual hasta los circuitos de circulación global. La traducción tecnológica no sustituye los saberes previos, sino que los reconfigura en un lenguaje visual interactivo capaz de operar simultáneamente como herramienta de producción, comunicación y difusión.

5.2.4. Proceso de aprendizaje autodidacta y construcción de un laboratorio digital

El proceso de apropiación de las tecnologías 3D interactivas por parte de Diego Viegas se desarrolló de manera autodidacta, progresiva y situada. A diferencia de trayectorias formadas en instituciones académicas o en entornos empresariales estructurados, su aprendizaje se construyó a partir de problemas concretos surgidos en proyectos reales, donde producir y aprender fueron actividades inseparables.

Cada encargo funcionó como una instancia de aprendizaje aplicada. La necesidad de resolver desafíos específicos —como registrar piezas arqueológicas, modelar superficies orgánicas complejas, optimizar modelos para su visualización en línea o desarrollar experiencias inmersivas— condujo a la incorporación gradual de nuevas herramientas y técnicas. En consecuencia, el proceso de formación no siguió una secuencia lineal ni un programa predefinido, sino que adoptó la forma de una constelación de saberes activados según las demandas particulares de cada proyecto.

En este marco, el entorno digital operó como un laboratorio expandido. A través del modelado tridimensional, la experimentación con materiales, la iluminación y la navegación interactiva, fue posible ensayar múltiples versiones de una misma pieza, ajustar decisiones formales y evaluar comportamientos visuales antes de alcanzar un resultado final. Este laboratorio no estuvo delimitado por un espacio físico ni por protocolos institucionales, sino que se configuró en la interacción constante entre software especializado, plataformas en línea y comunidades técnicas distribuidas.

El error desempeñó un papel central en este proceso. Las limitaciones técnicas, los problemas de optimización o las incompatibilidades entre plataformas no funcionaron únicamente como obstáculos, sino también como instancias productivas de aprendizaje. Cada ajuste —reducción de polígonos, reconstrucción de texturas, adaptación de materiales o reformulación de escenas— contribuyó a consolidar un conocimiento técnico acumulativo basado en la experiencia directa y la iteración continua. Estos procesos implicaron extensos períodos de trabajo, pruebas sucesivas y revisiones reiteradas, en los que avanzar suponía, con frecuencia, desmontar soluciones previas y recomenzar.

El aprendizaje autodidacta tampoco se limitó a la adquisición de habilidades instrumentales. La exploración sostenida favoreció el desarrollo de una mirada crítica sobre las herramientas digitales. El software no se incorpora como un sistema cerrado, sino como un conjunto de recursos susceptibles de ser reconfigurados, combinados o desviados de su uso previsto. Esta actitud experimental permitió construir un criterio propio para evaluar qué tecnologías adoptar, cómo adaptarlas y cuándo descartarlas, reconociendo que no todas resultan pertinentes para todos los contextos de trabajo.

En este sentido, el laboratorio digital operó no solo como espacio de entrenamiento técnico, sino también como entorno de reflexión práctica. La posibilidad de observar los modelos desde múltiples escalas, recorrerlos en tiempo real o simular condiciones de uso diversas reorganizó la forma de concebir el objeto digital. El 3D interactivo dejó de ser únicamente un resultado final para convertirse en una herramienta de

pensamiento proyectual integrada en el proceso de diseño, experimentación y validación.

Este modo de aprendizaje distribuido y situado permitió consolidar una práctica flexible, capaz de adaptarse a contextos heterogéneos y de articular saberes provenientes del arte, la ciencia y el diseño. Más que el dominio de un conjunto cerrado de herramientas, lo que se construye es una capacidad de aprendizaje continuo, en la que cada proyecto amplía el laboratorio y redefine sus posibilidades de acción.

5.2.5. Efectos sobre la relación con los clientes

La incorporación del 3D interactivo produjo transformaciones significativas en la relación de Diego Viegas con sus clientes, tanto en proyectos comerciales como en colaboraciones científicas y culturales. Estas transformaciones no se limitaron a una mejora en la calidad visual de los entregables, sino que implicaron una reorganización de los modos de comunicación, de validación y de toma de decisiones a lo largo del proceso proyectual.

En primer lugar, el modelo tridimensional navegable introdujo una modalidad de intercambio distinta de la basada en imágenes estáticas, en renders finales o en descripciones técnicas. La posibilidad de recorrer el objeto, rotarlo, observar detalles específicos y explorar distintas perspectivas permitió a los clientes acceder a una comprensión más directa y situada del proyecto. En la práctica, esto permitió formular observaciones y ajustes a partir de la exploración autónoma del modelo, en lugar de depender exclusivamente de interpretaciones verbales o de representaciones cerradas, lo que redujo malentendidos y disminuyó la necesidad de correcciones posteriores.

En proyectos comerciales, el 3D interactivo funcionó como un dispositivo de anticipación. Marcas y equipos de trabajo pudieron visualizar productos inexistentes en físico, evaluar materiales, proporciones y cualidades perceptuales antes de su producción y proyectar usos futuros del modelo en distintos contextos —presentaciones, plataformas web, tiendas virtuales o aplicaciones internas—. La exploración directa permitió prever cómo determinadas decisiones sobre escala, textura o materialidad afectarían la visualización en entornos digitales, lo que condujo a ajustes técnicos y formales en etapas tempranas del proceso. De este modo, el modelo dejó de ser un recurso meramente representacional para convertirse en una herramienta estratégica para el diseño y la comunicación comercial.

En ámbitos científicos y patrimoniales, el impacto adoptó características distintas, aunque igualmente relevantes. La posibilidad de observar piezas arqueológicas o científicas en un entorno digital manipulable, ampliable y compartible permitió a investigadores y especialistas acceder a perspectivas que no siempre son posibles en el trabajo con objetos físicos. Este uso del modelo no solo facilitó la comunicación interdisciplinaria, sino que también transformó los criterios de análisis, que comenzaron a apoyarse en el objeto digital como soporte común para la observación y la discusión.

Estas transformaciones implicaron, además, una redefinición del rol profesional de Diego. Su intervención dejó de circunscribirse a la producción de imágenes finales para convertirse en una participación activa en la traducción de necesidades, expectativas y lenguajes entre actores heterogéneos. El diseñador 3D pasó a ocupar una posición de mediador técnico-visual, capaz de interpretar demandas diversas y materializarlas en un objeto digital compartido que funciona como referencia común para la toma de decisiones.

En conjunto, estos efectos muestran cómo el 3D interactivo reorganiza la relación profesional-cliente al introducir una superficie de negociación más rica y dinámica. La interacción directa con el modelo favorece procesos de covalidación, reduce las asimetrías de comprensión y habilita formas de colaboración más horizontales, sin eliminar la autoridad experta del profesional. En el caso de Diego Viegas, esta transformación no solo amplió el alcance de sus proyectos, sino que consolidó un modo de trabajo en el que la visualización interactiva se integra como parte constitutiva del vínculo profesional y del proceso proyectual.

En síntesis, el caso de Diego Viegas permite observar una modalidad de adopción del 3D interactivo construida a partir de trayectorias autodidactas, situadas y no institucionalizadas, en las que la experimentación sostenida y la traducción tecnológica operan como ejes centrales de la práctica profesional. La incorporación de estas tecnologías no responde a un plan previo ni a una infraestructura formal, sino a una lógica de aprendizaje distribuido en la que cada proyecto funciona simultáneamente como instancia de producción, de exploración y de consolidación de saberes técnicos y proyectuales.

A lo largo de su trayectoria, el entorno tridimensional interactivo se configura como un dispositivo de mediación estable capaz de articular lenguajes, actores y dominios diversos —científicos, educativos, culturales y comerciales—, reorganizando tanto el proceso de diseño como las formas de comunicación y validación del trabajo. Los

modelos producidos dejan de operar únicamente como representaciones para convertirse en objetos capaces de circular entre contextos heterogéneos, adaptándose a requerimientos técnicos, narrativos y perceptuales distintos sin perder coherencia proyectual.

Este caso muestra, además, que la innovación tecnológica puede emerger de geografías periféricas cuando se combinan la sensibilidad estética, el conocimiento técnico y una actitud exploratoria persistente. La inserción en redes globales mediante el uso de 3D interactivo redefine las relaciones con clientes, instituciones y plataformas, habilitando nuevas modalidades de trabajo remoto, visibilidad profesional y articulación entre lo local y lo global. Sin anticipar conclusiones generales, la trayectoria de Diego Viegas aporta una clave analítica para comprender cómo el 3D interactivo puede consolidarse como soporte estructural de prácticas profesionales híbridas en contextos latinoamericanos.

5.3. ¿Es un render interactivo un videojuego? (Perú México)

5.3.1. Contexto

Entre los casos analizados en esta tesis, el de José Ripalda resulta singular porque permite observar un cruce poco habitual entre campos disciplinares. Su recorrido no se inicia en la arquitectura ni en el diseño urbano, sino en el diseño de videojuegos y el entretenimiento digital. Precisamente por eso, su práctica permite indagar qué ocurre cuando herramientas, lógicas y modos de pensar el espacio provenientes del videojuego comienzan a desplazarse hacia ámbitos como la arquitectura, el patrimonio o la visualización urbana.

La trayectoria de José Ripalda Jiménez se inicia en Lima, Perú, en un contexto en el que la industria local de videojuegos aún era incipiente y las posibilidades de inserción profesional resultaban limitadas. En ese escenario, el trabajo con entornos interactivos no aparecía como una salida laboral estable, sino como una práctica sostenida por la experimentación, el interés personal y la construcción autodidacta de saberes. Desde temprana edad, Ripalda alternó entre maquetas físicas, modelado digital y construcción de espacios virtuales, articulando una relación entre lo material y lo digital que más adelante reaparecerá en su práctica profesional.

Este recorrido plantea una serie de preguntas relevantes para la tesis: ¿cómo se transforman los saberes provenientes del diseño de videojuegos cuando comienzan a aplicarse en arquitectura, patrimonio o urbanismo? ¿Qué sucede con el oficio cuando las herramientas lúdicas dejan de orientarse al entretenimiento y comienzan a utilizarse para representar, comunicar y proyectar espacios? ¿Cómo cambia la noción misma de proyecto cuando el diseñador deja de producir únicamente imágenes para empezar a construir recorridos, experiencias e interacciones?

La formación inicial de Ripalda en Video Game Design & Digital Entertainment le proporcionó un repertorio de herramientas centradas en la construcción de mundos virtuales, la interacción y el diseño de recorridos. Sin embargo, el reducido tamaño del mercado peruano lo llevó a migrar a México, donde encontró un ecosistema profesional más amplio y diverso. El traslado a San Luis Potosí marcó un punto de inflexión: allí comenzó a consolidarse Marco Virtual, primero como un proyecto personal y luego como un estudio dedicado a la visualización arquitectónica interactiva, el patrimonio digital y los entornos virtuales para proyectos culturales e inmobiliarios.

Este recorrido se desarrolla en un momento en el que los motores gráficos en tiempo real⁴ y los motores de videojuegos comienzan a utilizarse más allá del entretenimiento⁵. En ese contexto, herramientas originalmente pensadas para producir experiencias lúdicas empiezan a ser exploradas en ámbitos como la arquitectura, la planificación urbana y la difusión cultural. El caso de Ripalda resulta especialmente significativo porque permite observar, de manera concreta, qué ocurre cuando estas herramientas comienzan a desplazarse hacia otros campos y a ser utilizadas con finalidades distintas.

En este desplazamiento, recursos originalmente desarrollados para el videojuego —como el diseño de niveles, la organización secuencial del espacio, el control del punto de vista o los recorridos interactivos— comienzan a adquirir nuevos sentidos. Ya no se trata de construir experiencias lúdicas, sino de explorar de qué manera estos recursos pueden convertirse en instrumentos para imaginar, comunicar y experimentar el espacio arquitectónico y urbano.

⁴ *Los motores gráficos en tiempo real* son herramientas de software esenciales para renderizar gráficos 2D/3D, físicas y animaciones al instante, siendo la base del desarrollo de videojuegos y experiencias inmersivas.

⁵ *Motores de videojuegos* son plataformas de desarrollo originalmente diseñadas para la creación de videojuegos interactivos, que integran sistemas de renderizado en tiempo real, físicas, iluminación, animación e interacción. En los últimos años, motores como Unreal Engine o Unity han sido adoptados en ámbitos como la visualización arquitectónica, la educación, el patrimonio digital y la simulación, ampliando su uso más allá del entretenimiento lúdico.

Entre estos trabajos se encuentran reconstrucciones patrimoniales interactivas de sectores históricos de San Luis Potosí, modelos navegables de edificios y conjuntos urbanos, y experiencias digitales desarrolladas para proyectos culturales e inmobiliarios. En las reconstrucciones patrimoniales, por ejemplo, los modelos interactivos permiten recorrer edificios, esculturas o espacios desaparecidos, organizando la experiencia mediante recorridos guiados, puntos de interés y cambios de cámara. En las visualizaciones arquitectónicas e inmobiliarias, en cambio, los motores gráficos dejan de orientarse a la espectacularidad propia del videojuego y comienzan a utilizarse para facilitar la comprensión espacial, anticipar relaciones entre ambientes y ayudar a los clientes a imaginar el proyecto antes de su construcción.

A diferencia de trayectorias vinculadas a estudios de arquitectura tradicionales o a empresas tecnológicas consolidadas, el recorrido de Ripalda se construye desde la intersección de disciplinas y a partir de la experimentación aplicada a proyectos concretos. Su práctica no depende de una infraestructura institucional estable, sino de la capacidad para traducir saberes provenientes del diseño interactivo en demandas de sectores diversos, entre ellos la arquitectura, el patrimonio cultural, el urbanismo y el mercado inmobiliario.

El caso no solo permite indagar cómo se incorporan herramientas provenientes del videojuego en entornos urbanos interactivos, sino también qué transformaciones producen sobre el propio oficio proyectual. ¿Qué significa pensar la arquitectura desde lógicas asociadas al recorrido, la interacción y la experiencia? ¿De qué manera cambian los modos de representar, narrar y anticipar el espacio cuando se trabaja con motores gráficos en tiempo real? ¿Qué tensiones aparecen cuando herramientas concebidas para lo lúdico se trasladan a campos como el patrimonio, la arquitectura o el urbanismo? Y, sobre todo, ¿hasta qué punto este desplazamiento redefine el rol del diseñador, que deja de producir únicamente objetos o imágenes para convertirse en constructor de experiencias espaciales?

Los apartados siguientes abordan estas cuestiones a partir del análisis de su práctica, atendiendo a los procesos de adopción, mediación y comunicación que se despliegan en sus proyectos.

5.3.2. Adopción de 3D interactivo

En la práctica profesional de José Ripalda, la adopción del 3D interactivo no aparece como una incorporación externa ni como la actualización de herramientas provenientes de la representación arquitectónica tradicional. Por el contrario, se vincula con la

extensión de un repertorio de saberes originado en el diseño de videojuegos, que ya formaban parte de su modo de concebir y producir el espacio. A diferencia de otras trayectorias donde la interactividad se incorpora de manera progresiva, en este caso los entornos navegables están presentes desde el inicio, aunque su traslado a contextos no lúdicos requirió ajustes y redefiniciones. En este desplazamiento, surgen algunas preguntas: ¿Qué elementos pueden sostenerse en ese pasaje, cuáles requieren ser ajustados y qué nuevas formas de trabajo comienzan a aparecer?

En este sentido, los primeros usos de motores gráficos en tiempo real en su práctica responden a lógicas propias del game design, centradas en la construcción de niveles, el control del punto de vista, la organización del recorrido y la generación de atmósferas mediante iluminación y ritmo espacial. Al comenzar a aplicar estos recursos en proyectos arquitectónicos, patrimoniales y comerciales, Ripalda se enfrenta a la necesidad de reorientarlos hacia otros objetivos, vinculados a la comprensión del espacio, la comunicación del proyecto y la interacción con usuarios no especializados.

En este proceso, en su práctica comienza a hacerse visible una tensión entre marcos de expectativas divergentes. En contraste con otros casos analizados —donde las tensiones se vinculan a condiciones materiales o a procesos de aprendizaje autodidacta—, aquí estas tensiones se relacionan principalmente con los desplazamientos que implica trasladar lógicas y herramientas entre campos con expectativas distintas. Por un lado, el lenguaje del videojuego privilegia la exploración libre, la inmersión y la interacción continua; por otro, el ámbito proyectual demanda legibilidad, estabilidad visual y verosimilitud material. En este cruce, Ripalda mantiene algunos elementos de la lógica gamer —como los recorridos guiados o el control de cámara— mientras que otros deben ser ajustados o atenuados para evitar desorientación o sobrecarga perceptiva en los usuarios.

Estos ajustes no responden a metodologías preestablecidas ni a protocolos transferibles, sino que se construyen de manera situada a través de la experimentación en proyectos concretos. En su práctica, escenas concebidas para entornos lúdicos requieren simplificación para su uso en arquitectura; dinámicas de navegación demasiado veloces resultan desorientadoras para los clientes; modelos de alta complejidad demandan procesos de optimización para garantizar su funcionamiento en dispositivos con capacidades técnicas heterogéneas. En este contexto, las limitaciones de rendimiento dejan de aparecer únicamente como obstáculos técnicos y comienzan a operar como condiciones que orientan el diseño de la experiencia.

La práctica de Ripalda el 3D interactivo no se presenta como una solución estabilizada, sino como un campo de exploración continua en el que las decisiones técnicas se van ajustando en función de la experiencia del usuario y de las condiciones concretas de uso. La necesidad de que los modelos funcionen en navegadores web, dispositivos móviles o entornos de realidad aumentada introduce restricciones que no forman parte del desarrollo tradicional de videojuegos, obligando a revisar constantemente el equilibrio entre calidad visual, fluidez de navegación y claridad espacial.

En sus proyectos, esta adaptación no responde a la aplicación de una herramienta específica, sino a la construcción progresiva de criterios que le permiten trasladar estos entornos a distintos ámbitos de uso. La visualización arquitectónica, el patrimonio digital y los proyectos culturales o inmobiliarios plantean demandas diferentes. Mientras que en la visualización inmobiliaria resulta central mostrar circulaciones, escalas y posibilidades de uso futuro del espacio, en las reconstrucciones patrimoniales el énfasis se desplaza hacia la fidelidad histórica, la contextualización y la posibilidad de recorrer espacios desaparecidos. En los proyectos culturales, en cambio, suelen adquirir mayor importancia la dimensión narrativa, la interacción del visitante y la construcción de una experiencia inmersiva. Estas diferencias obligan a ajustar tanto los aspectos técnicos —nivel de detalle, iluminación, interfaces o rendimiento— como las formas de presentar y recorrer el espacio.

Esto puede observarse, por ejemplo, en las reconstrucciones patrimoniales interactivas realizadas por Ripalda en sectores históricos de San Luis Potosí. Allí, el objetivo no consiste únicamente en mostrar edificios o esculturas escaneadas, sino en reorganizar esa información dentro de un recorrido navegable. Para ello incorpora puntos de vista, secuencias de desplazamiento, cambios de cámara y sectores destacados que orientan la experiencia del usuario. Del mismo modo, en proyectos de visualización arquitectónica para desarrollos inmobiliarios, las lógicas del diseño de niveles comienzan a utilizarse para guiar la atención hacia determinadas relaciones espaciales, circulaciones o vistas, transformando el modelo en una experiencia que se recorre más que en una imagen que simplemente se observa.

Más que la simple aplicación de herramientas provenientes del videojuego, este recorrido parece poner en juego una reorganización progresiva de saberes, criterios y formas de pensar el espacio. Queda entonces abierta la pregunta acerca de qué aspectos del diseño de videojuegos pueden sostenerse en estos nuevos contextos, cuáles deben transformarse y qué tipo de práctica comienza a emerger en ese cruce.

5.3.3. Proceso de traducción y mediación

Para José Ripalda, el 3D interactivo comienza poco a poco a ocupar un lugar que excede la visualización avanzada. ¿Qué ocurre cuando un modelo tridimensional deja de operar como imagen final y comienza a configurarse como un entorno compartido de comprensión espacial?

En este proceso, la posibilidad de operar como un dispositivo de traducción y mediación entre lenguajes, saberes y actores heterogéneos comienza a hacerse visible. Su formación en diseño de videojuegos introduce una concepción del espacio como sistema dinámico, donde la navegación, el punto de vista, la iluminación y el movimiento adquieren relevancia en la construcción de la experiencia. Al trasladarse a ámbitos arquitectónicos, patrimoniales y culturales, estos principios comienzan a ser ajustados, planteando interrogantes sobre cómo un modelo tridimensional puede dejar de operar como imagen final para convertirse en un entorno compartido de comprensión espacial.

Un ejemplo de esta operación puede observarse en los proyectos de reconstrucción patrimonial desarrollados en la ciudad de San Luis Potosí, donde se integran escaneos tridimensionales de esculturas y elementos urbanos en entornos interactivos navegables (ver Figura 7). En estos casos, el modelo digital conserva la materialidad y las proporciones del objeto original, pero requiere ser reorganizado mediante recursos propios del diseño de niveles —circulación guiada, variaciones de cámara, puntos de interés y ambientación lumínica— para posibilitar su comprensión a través del recorrido. En este desplazamiento, la ciudad histórica comienza a ser experimentada como un espacio que se recorre más que como un objeto que se observa.

La mediación se vuelve aún más evidente en el proyecto de recreación digital de la Villa Cornelius, sitio arqueológico ubicado en España (ver Figura 8). Allí, planos de excavación, registros fotográficos y referencias históricas se traducen a un entorno tridimensional interactivo pensado para su exploración en la web y en plataformas inmersivas. En este caso, el desafío no es únicamente técnico, sino también epistemológico: decidir qué información hacer visible, en qué momento del recorrido y bajo qué forma, para hacer accesible un proceso de investigación arqueológica habitualmente restringido a especialistas.

En este contexto, la arquitectura digital no aparece orientada a reconstruir un objeto definitivo, sino a habilitar la exploración del sitio como una hipótesis espacial. Variaciones de iluminación, secuencias de circulación y zonas que revelan información

al ser recorridas permiten aproximarse a la organización del asentamiento a partir de la experiencia directa del espacio.

Figura 7

Reconstrucción interactiva de patrimonio urbano en San Luis Potosí

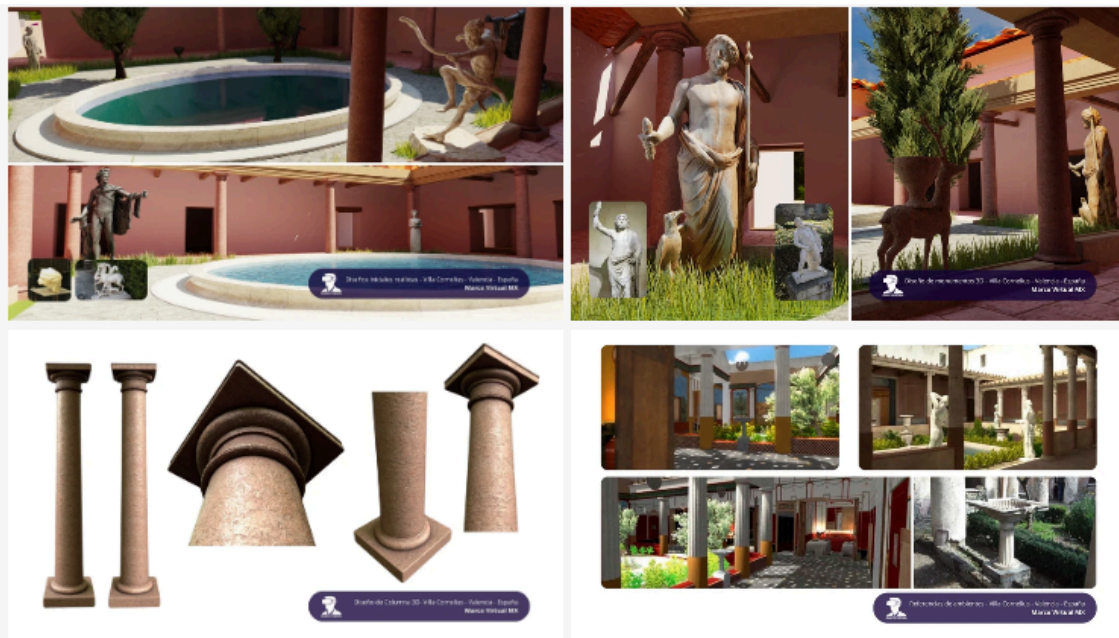
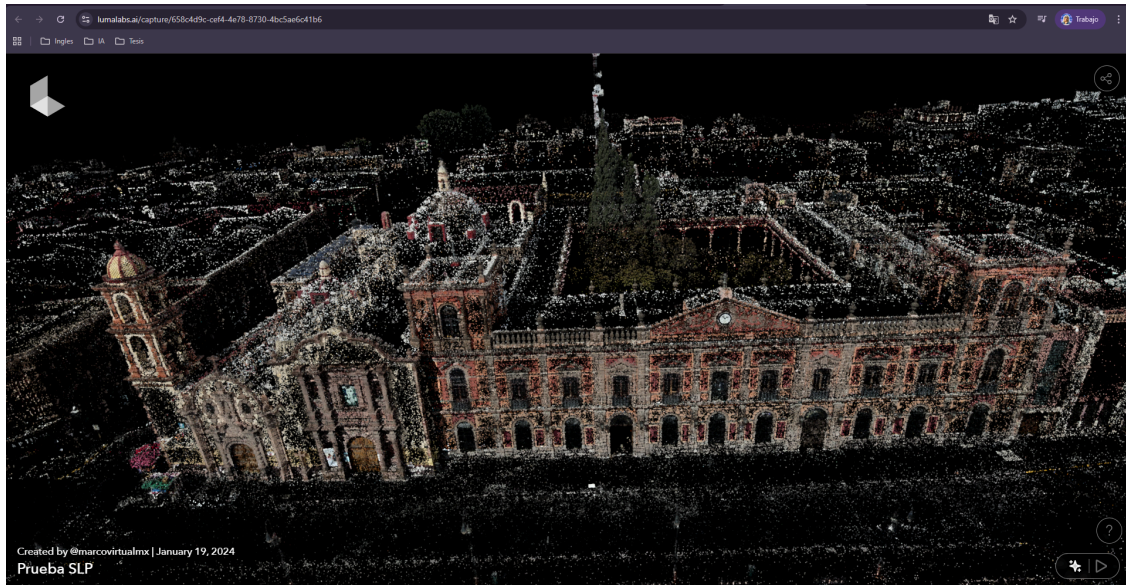


Nota. Escaneos 3D de esculturas y elementos históricos integrados en un entorno navegable, donde la lógica del videojuego —movimiento libre, cambio de punto de vista e interacción— permite recorrer y comprender el espacio urbano como un sistema cultural y patrimonial.

En este caso, en la práctica de Ripalda, la arquitectura digital no se orienta a reconstruir un objeto definitivo, sino a habilitar la exploración del sitio como una hipótesis espacial. Variaciones de iluminación, secuencias de circulación y zonas que revelan información al ser recorridas permiten aproximarse a la organización del asentamiento a partir de la experiencia directa del espacio. En este contexto, el modelo tridimensional comienza a operar como un objeto mediador que articula el rigor histórico con una lógica de navegación heredada del videojuego, manteniendo tensiones entre fidelidad científica y experiencia interactiva sin reducir la propuesta a un producto lúdico.

Figura 8

Recreación digital interactiva de la Villa Cornelius a partir de la documentación arqueológica.



Nota. Escaneo 3D y modelado 3D, texturizado y optimización de motores gráficos para generar un entorno navegable que combina fidelidad histórica, visualización arquitectónica y principios de diseño de niveles propios del videojuego.

En ambos ejemplos, el uso del 3D interactivo en estos proyectos comienza a funcionar como un objeto fronterizo entre actores con competencias y expectativas diferentes —arqueólogos, gestores culturales, diseñadores, instituciones y público general—. En este contexto, el modelo no se inscribe plenamente en ninguno de estos dominios, sino que se configura como un espacio común donde el conocimiento se activa a través del recorrido.

De este modo, la mediación no se limita a la relación usuario–modelo, sino que se extiende a la articulación entre disciplinas. En estos proyectos, Ripalda trabaja con herramientas provenientes del desarrollo de videojuegos, originalmente concebidas para el entretenimiento, y las ajusta para integrarlas en procesos que combinan documentación, diseño, narrativa espacial y experiencia de usuario. Este trabajo no responde a una aplicación directa de la tecnología, sino a una serie de decisiones situadas en las que se evalúan constantemente las posibilidades de la herramienta en relación con las demandas específicas de cada encargo.

En este sentido, la incorporación del 3D interactivo parece no operar tanto como un reemplazo de los saberes vinculados a la arquitectura o al patrimonio, sino más bien como una instancia en la que esos saberes entran en diálogo con lógicas provenientes del diseño de videojuegos. A lo largo de sus proyectos, Ripalda va combinando registros técnicos, decisiones proyectuales y recursos interactivos, ensayando distintas maneras de construir entornos que no solo se observan, sino que también pueden recorrerse e interpretarse.

Lo que vuelve especialmente significativo este proceso es que permite observar, de manera concreta, qué ocurre cuando una herramienta desarrollada para un campo comienza a desplazarse hacia otro. En la práctica de Ripalda, los recursos provenientes del videojuego no se trasladan de manera automática, sino que son seleccionados, probados y reformulados según el tipo de experiencia espacial que se busca construir. Aquellos elementos que ayudan a comprender el espacio parecen adquirir un lugar central. Por ejemplo, los recorridos guiados, la organización secuencial del espacio, el control del punto de vista o la incorporación de puntos de interés resultan útiles porque permiten orientar la atención del usuario, jerarquizar información y facilitar la lectura de edificios, conjuntos urbanos o espacios patrimoniales.

Esta selección puede observarse, por ejemplo, en las reconstrucciones patrimoniales realizadas por Ripalda en sectores históricos de San Luis Potosí. Allí, el objetivo no consiste únicamente en mostrar edificios o esculturas escaneadas, sino en construir una experiencia que permita comprender cómo se organizaba y se recorría ese entorno. Por eso, ciertos recursos propios del videojuego —como avanzar por un trayecto predefinido, detenerse en puntos específicos o alternar determinadas vistas— son mantenidos, porque ayudan a estructurar la experiencia y a hacer visible información que, en una imagen fija, podría pasar desapercibida.

Otros recursos, en cambio, parecen perder sentido o incluso volverse problemáticos cuando se trasladan a contextos arquitectónicos y patrimoniales. La navegación demasiado veloz, la libertad total de movimiento, los cambios bruscos de cámara o ciertos efectos visuales espectaculares, habituales en los videojuegos, pueden dificultar la comprensión espacial, generar desorientación o desviar la atención hacia aspectos secundarios. En lugar de favorecer la experiencia, terminan obstaculizando el objetivo principal del proyecto: comprender el espacio, interpretar sus relaciones y anticipar modos posibles de recorrerlo.

Más que ofrecer una solución cerrada, sus proyectos permiten seguir un proceso de aprendizaje. A través de pruebas, ajustes y reformulaciones sucesivas, Ripalda parece ir construyendo criterios acerca de cuánto conservar de las lógicas del videojuego y cuánto modificar para responder a las demandas específicas de la arquitectura, el patrimonio o la comunicación espacial. En algunos casos descubre que un recurso inicialmente atractivo no funciona como esperaba y debe ser atenuado; en otros, advierte que una estrategia aparentemente simple —como restringir el recorrido o dirigir la mirada— mejora significativamente la comprensión del usuario.

Este aprendizaje no parece conducir a una fórmula estable ni a una metodología completamente definida. Más bien, deja planteada una pregunta que atraviesa el caso: ¿qué necesita realmente el usuario para comprender el espacio? Es precisamente en esa búsqueda —más que en la herramienta en sí— donde el caso deja ver qué puede aprenderse de este cruce entre videojuegos, arquitectura y patrimonio.

En este recorrido, los procesos de traducción y mediación permiten observar cómo el 3D interactivo deja de operar como un recurso exclusivamente visual para convertirse en un medio a través del cual se ajustan lenguajes, expectativas y formas de comprender el espacio. Lo que se pone en juego no es solo la elección de una herramienta, sino la construcción progresiva de criterios acerca de qué mostrar, cómo organizar el recorrido y qué tipo de experiencia resulta más pertinente en cada contexto. Estas decisiones no aparecen como resultados cerrados, sino como parte de un proceso continuo de prueba, adaptación y reformulación, en el que cada proyecto obliga a volver a preguntarse qué necesita el usuario para comprender el espacio.

5.3.4. Efectos sobre la relación con los clientes

En la trayectoria de José Ripalda, aunque su formación inicial en diseño de videojuegos proporcionó una base técnica y conceptual relevante, el traslado de esos

saberes al campo arquitectónico, patrimonial y cultural dio lugar a un proceso continuo de ajuste, ensayo y reformulación.

A diferencia de disciplinas con metodologías consolidadas, el uso de motores de videojuegos para la visualización arquitectónica e inmersiva carecía —al menos en sus primeras experiencias— de guías claras o de protocolos estandarizados. En este contexto, el conocimiento no se presentaba como un repertorio previamente disponible, sino como algo que debía construirse en la práctica, proyecto a proyecto, en un escenario marcado por la escasez de referencias directas y por la necesidad de tomar decisiones sin marcos validados. Cada encargo funcionó así como un espacio de experimentación donde las decisiones técnicas se encontraban condicionadas por variables específicas: tipo de dispositivo, capacidades del navegador, expectativas del cliente y objetivos comunicacionales, que no siempre coincidían con las lógicas propias del diseño interactivo.

El proceso de aprendizaje se caracteriza por una dinámica sostenida de prueba y error, atravesada por períodos prolongados de experimentación y revisiones sucesivas. Recursos eficaces en contextos lúdicos resultaban, en muchos casos, inadecuados para la comunicación arquitectónica o patrimonial; recorridos excesivamente dinámicos generaban desorientación en usuarios no especializados; modelos con alto nivel de detalle comprometían la navegabilidad en dispositivos de gama media o baja. Estas limitaciones no operaron como obstáculos externos, sino como condiciones activas de aprendizaje que condujeron a la construcción de criterios propios de optimización, jerarquización visual y diseño de la experiencia.

En este sentido, la optimización —tradicionalmente asociada al desarrollo de videojuegos— comienza a adquirir en su práctica un carácter proyectual. Reducir polígonos, ajustar sistemas de iluminación, reorganizar texturas o redefinir materiales no responde únicamente a exigencias técnicas, sino a la necesidad de sostener una experiencia espacial fluida y comprensible en condiciones reales de uso.

Así, el aprendizaje deja de centrarse en dominar herramientas específicas y pasa a construirse alrededor de preguntas más amplias: qué necesita ver el usuario, cuánto detalle resulta útil, qué elementos conviene jerarquizar y de qué manera organizar el recorrido para que el entorno interactivo funcione efectivamente como un medio de comprensión espacial.

Al mismo tiempo, estas decisiones parecen transformar el propio modo de trabajo de Ripalda. Si en sus primeros proyectos el énfasis estaba puesto en trasladar al ámbito

arquitectónico recursos provenientes del videojuego, progresivamente comienza a preguntarse qué necesita realmente el usuario para comprender el espacio. Esto implica un desplazamiento desde la búsqueda de realismo, detalle o espectacularidad hacia la construcción de una experiencia más clara y situada.

Algo similar ocurre en visualizaciones arquitectónicas destinadas a clientes no especializados. La iluminación dramática, los materiales hiperrealistas o ciertos efectos visuales, habituales en los videojuegos, a veces generan una percepción distorsionada del espacio o desvían la atención hacia aspectos secundarios. En esos casos, Ripalda comienza a utilizar recursos más contenidos, priorizando la legibilidad de las circulaciones, las relaciones entre ambientes o determinadas vistas. De este modo, aquello que inicialmente aparecía como una búsqueda de impacto visual comienza a reorganizarse alrededor de otro objetivo: hacer que el espacio pueda ser recorrido, comprendido e interpretado con mayor claridad por usuarios que no necesariamente comparten los saberes técnicos del diseño o la arquitectura.

Este proceso también involucra una dimensión reflexiva inseparable de la práctica técnica. Las decisiones formales y tecnológicas se organizan en función de la experiencia del usuario —orientación, ritmo del recorrido, atmósfera y percepción espacial— antes que de la fidelidad visual o del impacto estético. Esta lógica, heredada del diseño de videojuegos, se reconfigura progresivamente en diálogo con las exigencias de la arquitectura y del patrimonio, dando lugar a un saber híbrido construido a partir de ajustes continuos.

Lejos de constituir un recorrido lineal, la construcción de este conocimiento se caracteriza por avances, retrocesos y reformulaciones constantes. La ausencia de modelos consolidados obliga a mantener una actitud exploratoria permanente, donde el saber se valida en la práctica y se ajusta según sus efectos, más que por su adecuación a estándares preexistentes.

En consecuencia, la experiencia acumulada no parece conducir a respuestas completamente resueltas, sino a nuevas dudas sobre cómo trasladar estos recursos a contextos cada vez más diversos. ¿Hasta qué punto conviene conservar las lógicas del videojuego y en qué momento comienzan a interferir con la comprensión del espacio? ¿Cuánto puede simplificarse un entorno sin perder aquello que lo vuelve significativo? Más que estabilizarse en criterios definitivos, su práctica parece avanzar a través de comparaciones, ajustes y reformulaciones sucesivas, donde cada proyecto obliga a volver a poner en juego lo aprendido en el anterior.

Este caso no solo permite observar un proceso de aprendizaje situado, sino que abre una serie de interrogantes más amplios sobre las transformaciones contemporáneas del campo proyectual. La incorporación de herramientas y lógicas provenientes del diseño de videojuegos —tradicionalmente asociadas al entretenimiento— en prácticas arquitectónicas y urbanísticas introduce un desplazamiento significativo: formas de concebir el espacio centradas en la experiencia, la interacción y la navegación comienzan a adquirir relevancia en ámbitos históricamente organizados en torno a la representación, la materialidad y la estabilidad formal. Este cruce sugiere la emergencia de modos de proyectar más ligados a la exploración y a la experiencia directa, que pueden resultar más intuitivos o accesibles en el contexto de una cultura visual cada vez más habituada a interactuar con imágenes, interfaces y entornos digitales. En este marco, se vuelve pertinente preguntarse en qué medida estas transformaciones no solo afectan las herramientas, sino también los modos de pensar, aprender y experimentar el espacio en la práctica arquitectónica contemporánea.

5.4. Aprender y proyectar con 3D interactivo en laboratorios individuales, síntesis.

Las tres primeras experiencias analizadas —Natalia Martínez Hurtado, Diego Viegas y José Ripalda— permiten formular una primera aproximación a las preguntas centrales de la tesis. Los casos muestran que la adopción del 3D interactivo en América Latina no responde a un único modelo ni depende exclusivamente de la disponibilidad tecnológica. Por el contrario, se construye a partir de recorridos diversos, atravesados por restricciones, aprendizajes autodidactas, plataformas digitales y modos específicos de articulación entre saberes previos y herramientas nuevas.

A diferencia de los casos posteriores, aquí el 3D interactivo no aparece integrado a estructuras institucionales estables ni a metodologías previamente definidas. Surge como respuesta frente a restricciones materiales, desplazamientos geográficos o necesidad de reinventar el propio oficio. En Natalia Martínez Hurtado, estas tecnologías se articulan con saberes provenientes de la maquetería y del trabajo manual; en Diego Viegas, con comunidades digitales y plataformas online; y en José Ripalda, con herramientas y lógicas tomadas del videojuego.

Al observar conjuntamente estas trayectorias, comienzan a insinuarse algunas regularidades que luego serán retomadas en el análisis comparativo de los seis casos. Por un lado, la adopción se produce desde contextos periféricos, donde el acceso a equipamiento, formación o redes profesionales resulta más limitado. Por otro, las

tecnologías no reemplazan los saberes previos, sino que los reconfiguran, generando formas híbridas entre lo artesanal y lo profesional. Finalmente, los casos muestran que las herramientas provenientes del videojuego y de la visualización digital adquieren sentidos nuevos cuando se desplazan hacia la arquitectura, el patrimonio o el urbanismo.

A pesar de sus diferencias, los tres casos comparten un rasgo común: el aprendizaje no se construye a partir de procesos formales de capacitación o transferencia, sino a través del ensayo y error, la autoformación y la experimentación continua. Cada proyecto funciona como una instancia de prueba donde se articulan saberes previos, herramientas nuevas y problemas concretos. El conocimiento no aparece como algo ya dado, sino como un proceso inestable, construido a partir de avances, retrocesos, dudas y reformulaciones.

Estas cuestiones permiten delinear tres ejes de discusión que atraviesan el conjunto de los casos —centro y periferia, entre lo artesanal y lo profesional, y entre lo virtual, lo lúdico y lo patrimonial— y que reaparecerán, bajo otras formas, en los capítulos siguientes.

Centro y periferia

Los casos analizados muestran que la incorporación del 3D interactivo no se produce principalmente en los centros tradicionales de producción tecnológica —es decir, en los lugares donde se concentran el desarrollo de software, el equipamiento, la formación especializada y las principales redes profesionales—, sino en contextos periféricos, donde esos recursos circulan de manera más limitada y suelen requerir formas locales de adaptación y apropiación. En varios de los casos, la falta de estructuras consolidadas obliga a desarrollar formas propias de aprendizaje, experimentación y adaptación.

Esto puede observarse, por ejemplo, en Natalia Martínez Hurtado, quien traslada al entorno digital saberes provenientes de la maquetería y del trabajo manual, desarrollando formas de experimentación a partir de recursos disponibles y herramientas accesibles. En Diego Viegas, la periferia adquiere otra forma: gran parte de su aprendizaje se construye a través de tutoriales, foros y plataformas online, compensando la ausencia de estructuras locales de formación y de inserción profesional. En José Ripalda, finalmente, la debilidad de la industria del videojuego en Perú funciona como una de las razones que lo impulsan a migrar hacia México, donde encuentra mayores posibilidades de desarrollo.

En este sentido, la periferia no solo condiciona el acceso a la tecnología, sino que también parece favorecer modos específicos de apropiación, más flexibles, híbridos y situados. La adopción del 3D interactivo en América Latina no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino también de las formas locales de apropiación, circulación y traducción de esos recursos. Esta tensión resulta especialmente relevante para la tesis porque permite ver que las tecnologías no se incorporan de la misma manera en todos los contextos.

Entre lo artesanal y lo profesional

Otra tensión que atraviesa los casos es la relación entre prácticas artesanales y procesos de creciente profesionalización. Por “artesanal” no se alude aquí únicamente al trabajo manual, sino a modos de producción contruidos a partir del ensayo y error, de soluciones improvisadas, de aprendizajes informales y de procedimientos que se ajustan continuamente según cada proyecto. Lo “profesional”, en cambio, remite a la progresiva estabilización de ciertos criterios, métodos y formas de trabajo, así como a la posibilidad de repetirlos, transmitirlos o incorporarlos dentro de una práctica más estructurada.

En los laboratorios individuales, la incorporación del 3D interactivo se construye inicialmente desde esa lógica artesanal. Esto puede observarse, por ejemplo, en Natalia Martínez Hurtado, donde los saberes vinculados a la maquetería, al trabajo manual y a la prueba material continúan presentes dentro del entorno digital. En Diego Viegas, la construcción de modelos y recorridos surge de una práctica autodidacta, sostenida por tutoriales, plataformas y experimentación continua. En José Ripalda, los recursos provenientes del videojuego tampoco se trasladan de manera automática, sino que son probados, modificados y reformulados en función de las necesidades de cada proyecto.

Sin embargo, con el tiempo estas experiencias comienzan a estabilizar ciertos procedimientos y formas de trabajo. Algunos recursos se repiten, ciertas decisiones dejan de tomarse intuitivamente y empiezan a organizarse alrededor de criterios más consistentes. Esto no implica una profesionalización completa ni lineal, sino un proceso ambiguo, en el que conviven la exploración abierta y la necesidad de construir métodos más estables.

En este sentido, los casos sugieren que la profesionalización no reemplaza completamente la lógica experimental, sino que ambas dimensiones continúan coexistiendo. Más que desaparecer, lo artesanal parece permanecer dentro de las prácticas profesionales bajo otras formas, ligado a procesos de aprendizaje en el

hacer, de ajuste continuo y de exploración situada. Esto deja abierta una cuestión que reaparecerá en el resto de la tesis: ¿hasta qué punto este carácter “artesanal” no constituye una condición persistente de la adopción del 3D interactivo, incluso cuando estas prácticas comienzan a integrarse en estructuras más consolidadas?

Entre lo virtual, lo lúdico y lo patrimonial

Otra tensión que atraviesa los casos es la relación entre formas de experiencia virtual, recursos provenientes del videojuego y modos de construcción del patrimonio. Por “lúdico” no se alude aquí únicamente al entretenimiento, sino a formas de relación con el espacio basadas en el recorrido, la exploración y la interacción. Cuando estas lógicas se desplazan hacia la arquitectura, el patrimonio o la difusión cultural, dejan de orientarse exclusivamente al juego y comienzan a adquirir otros sentidos.

Esto puede observarse, por ejemplo, en José Ripalda, donde recursos propios del videojuego —como el recorrido guiado, el cambio de punto de vista o la organización secuencial del espacio— comienzan a utilizarse para recorrer sectores históricos de San Luis Potosí y experimentar edificios patrimoniales desaparecidos. En estos casos, el entorno virtual ya no funciona solamente como una imagen o una representación, sino como una forma de construir una experiencia del patrimonio.

En este sentido, el patrimonio deja de ser únicamente un objeto para observar y se transforma en un espacio que puede recorrerse, explorarse y habitarse virtualmente. Esta tensión resulta relevante para la tesis porque permite advertir que el 3D interactivo no se limita a trasladar tecnologías de un campo a otro, sino que modifica las relaciones entre representación, experiencia y memoria.

Al mismo tiempo, este desplazamiento deja abierta otra pregunta: ¿hasta qué punto estas formas de virtualización amplían la comprensión del patrimonio y en qué momento corren el riesgo de simplificarlo o transformarlo en una experiencia meramente espectacular? Esta cuestión reaparecerá en los capítulos siguientes, cuando el 3D interactivo comience a operar como plataforma de comunicación, simulación y construcción de sentido en escalas y contextos más amplios.

En conjunto, estas tensiones permiten avanzar una primera respuesta a las preguntas planteadas al inicio del capítulo. Los casos muestran que la incorporación del 3D interactivo no constituye únicamente una innovación técnica, sino un proceso de reconfiguración del trabajo proyectual, en el que cambian los modos de aprender, de producir conocimiento y de relacionarse con el espacio. El diseñador o arquitecto deja de ser solo un productor de objetos o imágenes para convertirse en mediador,

traductor y experimentador. El proyecto ya no se valida únicamente a través de planos o representaciones estáticas, sino mediante recorridos, pruebas y experiencias compartidas.

Al mismo tiempo, estas trayectorias permiten identificar usos del 3D interactivo que exceden las funciones tradicionalmente asociadas a la representación. La comunicación con clientes, la validación temprana del diseño, la exploración patrimonial, la simulación espacial, la colaboración entre actores o la construcción de experiencias aparecen como nuevas tipologías de uso que comienzan a reorganizar el trabajo proyectual. En este sentido, el análisis de trayectorias individuales no solo permite comprender cómo se incorporan estas tecnologías, sino también reconocer configuraciones espontáneas y modos de trabajo que, más adelante, tenderán a estabilizarse o institucionalizarse.

En los tres casos, además, lo virtual deja de funcionar únicamente como soporte o instancia posterior de visualización y comienza a ocupar un lugar central dentro del propio proceso. El aprendizaje de Diego Viegas se construye en plataformas y comunidades online; los modelos de Natalia Martínez Hurtado circulan y adquieren sentido en entornos virtuales; y los proyectos de José Ripalda solo pueden desarrollarse plenamente a través de la experiencia digital interactiva. De manera menos visible, lo virtual aparece así como el elemento común que articula estas prácticas, reorganizando las formas de aprender, de producir, de comunicar y de experimentar el espacio. Quizás, más que una herramienta específica, lo virtual comienza a configurarse como una nueva dimensión del trabajo proyectual e incluso como una posible variante o categoría emergente dentro del diseño contemporáneo.

En este sentido, los casos analizados permiten anticipar algunas de las funciones que el 3D interactivo comienza a asumir en el ecosistema proyectual contemporáneo. En algunos casos, aparece principalmente como medio de comunicación y validación del diseño; en otros, como herramienta de simulación y exploración espacial; y, en otros, como soporte para la colaboración entre actores o para la construcción de experiencias patrimoniales y territoriales. Del mismo modo, comienzan a diferenciarse distintos niveles de adopción: desde usos exploratorios y artísticos, basados en la experimentación individual, hasta formas más organizadas e institucionalizadas de integración tecnológica. Estas dimensiones serán retomadas en el capítulo siguiente para analizar, de manera comparativa, los distintos usos, tecnologías y configuraciones que adopta el 3D interactivo en arquitectura, diseño y otros campos proyectuales.

Sin embargo, estos laboratorios individuales no ofrecen respuestas cerradas. Más bien, dejan abiertas nuevas preguntas para el capítulo siguiente: ¿qué ocurre cuando estas formas de aprendizaje y experimentación dejan de depender de trayectorias individuales y comienzan a integrarse en equipos, instituciones y estructuras más consolidadas? ¿Qué aspectos logran estabilizarse y cuáles permanecen necesariamente abiertos? ¿Qué se conserva y qué se pierde en el pasaje de la experimentación individual a la organización colectiva?

Capítulo 6

El 3D interactivo en estructuras proyectuales complejas

A diferencia del bloque anterior —marcado por prácticas híbridas, procesos autodidactas y apropiaciones situadas—, este segundo conjunto de casos se sitúa en un escenario distinto, en el que el 3D interactivo comienza a integrarse en el marco de organizaciones profesionales, proyectos institucionales y redes transdisciplinarias de mayor complejidad. En estos contextos, la incorporación de tecnologías 3D interactivas ya no parece responder principalmente a procesos de exploración individual ni a situaciones inmediatas de necesidad, sino a dinámicas de trabajo que cuentan con cierto grado de estructuración, donde intervienen múltiples actores, roles diferenciados, tiempos productivos establecidos y objetivos de comunicación más amplios.

Este desplazamiento permite observar una dimensión diferente de la adopción tecnológica. Si en los casos anteriores el 3D interactivo aparecía asociado a laboratorios personales, trayectorias de autoformación, apropiaciones experimentales y redefiniciones individuales del oficio, en este capítulo la pregunta se orienta hacia su incorporación en sistemas de trabajo más consolidados. El problema ya no radica únicamente en cómo acceder a la herramienta, aprender a utilizarla o sostener una práctica desde posiciones periféricas, sino en cómo integrar el 3D interactivo dentro de estructuras proyectuales donde ya existen metodologías, jerarquías, lenguajes técnicos, circuitos de validación y formas de coordinación previas.

En este marco, se abre una primera serie de interrogantes: ¿la incorporación del 3D interactivo funciona como una extensión de metodologías ya establecidas o implica transformaciones en los modos de proyectar, organizar y tomar decisiones? ¿Qué ocurre cuando una tecnología que en los casos anteriores operaba como laboratorio individual comienza a insertarse en estructuras profesionales más complejas? ¿Qué tipo de ajustes exige en la distribución de tareas, en la definición de roles o en los criterios proyectuales?

Estas preguntas adquieren mayor relevancia si se considera que las tensiones ya no son exactamente las mismas que en el bloque anterior. Si en los casos individuales las dificultades se vinculaban principalmente a la falta de recursos, al aprendizaje autodidacta o a la necesidad de construir modos de trabajo desde posiciones periféricas, en estos contextos emergen nuevos problemas asociados con la

coordinación, la comunicación y la validación dentro de sistemas de mayor escala. ¿Cómo se incorpora el 3D interactivo en equipos donde ya existen formas de trabajo consolidadas? ¿Qué sucede cuando su implementación implica coordinar múltiples actores, especializaciones y decisiones? ¿De qué manera estas condiciones influyen en los procesos de adopción tecnológica y en la estabilización de nuevos procedimientos de trabajo?

Para abordar estas cuestiones, se analizan tres casos que permiten explorar distintas formas de integración del 3D interactivo en estructuras proyectuales complejas. El caso de HASEN Arquitectura permite observar su incorporación en el flujo de trabajo de un estudio profesional, donde la maqueta digital y las herramientas de visualización interactiva se integran como recursos para comunicar, validar y coordinar decisiones con clientes. Allí, el 3D interactivo no aparece solo como una representación final del proyecto, sino como una mediación que facilita la comprensión espacial y participa en la construcción de acuerdos durante el proceso proyectual.

El proyecto +Colonia, por su parte, permite analizar una escala diferente de adopción. En este caso, el 3D interactivo se despliega como infraestructura territorial y comunicacional vinculada a la anticipación de una ciudad futura. La tecnología se utiliza para traducir un proyecto urbano de gran complejidad en una experiencia visual y navegable, capaz de articular actores técnicos, institucionales, comerciales y públicos diversos. A diferencia de la escala doméstica o del estudio profesional, aquí la visualización interactiva se vincula con procesos de comunicación estratégica, validación pública, construcción de imaginarios urbanos y proyección territorial.

El caso de Mario Astutti introduce una tercera modalidad, asociada a entornos transdisciplinarios donde confluyen arte, ciencia, tecnología, educación y producción cultural. En esta práctica, el 3D interactivo no se incorpora únicamente para resolver un problema de comunicación arquitectónica ni para validar un proyecto ante un cliente, sino para abrir procesos de exploración material, sensible y experimental. Las tecnologías de escaneo, fotogrametría, realidad virtual o fabricación digital funcionan como medios para registrar, transformar y compartir experiencias vinculadas con cuerpos, objetos, territorios y comunidades. En este sentido, el caso permite ampliar la comprensión del 3D interactivo como una herramienta que no solo representa proyectos, sino que también participa en la producción de conocimiento situado.

Estos tres casos no conforman un bloque homogéneo. Por el contrario, permiten reconocer formas distintas de complejidad proyectual y diferentes modalidades de integración tecnológica en estructuras complejas. En HASEN, la complejidad se

manifiesta en la incorporación del 3D interactivo dentro de un estudio profesional y en su relación con clientes; en +Colonia, aparece de manera evidente por la escala urbana, territorial, institucional y comunicacional del proyecto; en el caso de Mario Astutti, en cambio, no se define por la magnitud física o económica de la obra, sino por la densidad de la red de actores, saberes, instituciones y tecnologías que su práctica articula. Lo que vincula estos casos no es la semejanza de sus objetivos, sino el hecho de que en todos ellos el 3D interactivo se articula con redes de actores, procedimientos, discursos, plataformas y criterios de validación que exceden la práctica individual. Desde esta perspectiva, el caso Astutti muestra que la estructura proyectual compleja también puede configurarse en redes transdisciplinarias de producción cultural, donde el 3D interactivo opera como mediación entre arte, ciencia, tecnología, educación y territorio.

En particular, el capítulo se detiene en tres cuestiones centrales. En primer lugar, analiza cómo el 3D interactivo se incorpora en estructuras de trabajo ya organizadas, donde existen metodologías, roles y formas de coordinación previas. En segundo lugar, observa cómo estas tecnologías participan en la comunicación y validación del proyecto, especialmente en la relación con clientes, equipos técnicos, desarrolladores, instituciones o públicos diversos. Finalmente, indaga de qué manera su uso contribuye a estabilizar nuevos procedimientos de trabajo, transformando la visualización en una herramienta de coordinación, anticipación y toma de decisiones dentro de proyectos de mayor escala o complejidad.

Más que asumir que la presencia de estructuras organizadas facilita necesariamente la adopción tecnológica, este capítulo se orienta a indagar cómo esas condiciones la transforman, la tensionan o la reconfiguran. En algunos casos, la tecnología se integra a flujos de trabajo profesionales; en otros, se convierte en una infraestructura de comunicación territorial; en otros, funciona como medio de experimentación transdisciplinaria. En todos ellos, el 3D interactivo obliga a reorganizar relaciones entre saberes técnicos, lenguajes visuales, actores humanos y no humanos, objetivos proyectuales y formas de validación.

De este modo, el capítulo permite comprender que, en estructuras proyectuales complejas, el 3D interactivo no opera únicamente como recurso de representación, sino como una mediación que reorganiza relaciones entre actores, tiempos, lenguajes y decisiones. Su incorporación introduce nuevas posibilidades de comunicación y control proyectual, pero también nuevas exigencias técnicas, organizativas y simbólicas. En este desplazamiento, la tecnología deja de ser un recurso puntual para

convertirse en parte de una infraestructura de trabajo que participa en la manera en que los proyectos se imaginan, se comunican, se negocian y se validan.

6.1. La maqueta digital interactiva como herramienta estratégica en estructuras proyectuales consolidadas (México)

6.1.1. Contexto profesional

HASEN Arquitectura surge como el proyecto profesional de dos arquitectos jóvenes, Uriel Baños y Omar Islas, formados en el estado de Hidalgo, México. El estudio comienza a consolidarse hacia mediados de la década de 2010 a partir de una práctica inicialmente independiente, basada en encargos de pequeña y mediana escala, que con el tiempo deriva en la conformación de un equipo de trabajo estable y en una cartera creciente de proyectos residenciales, comerciales y culturales.

Dentro del conjunto de casos analizados, HASEN resulta especialmente relevante porque es uno de los pocos estudios detectados en esta investigación que nombra y utiliza explícitamente el concepto de “maqueta digital” para referirse a modelos tridimensionales interactivos en línea. Esta denominación no aparece como un detalle menor, ya que permite observar un cambio en el modo de comprender la herramienta. A diferencia de otros usos más vinculados al render, al modelado 3D o a la visualización como imagen final, en HASEN la maqueta digital adquiere una función proyectual concreta: permite recorrer el espacio, verificar relaciones espaciales, mejorar la comunicación con el cliente y anticipar decisiones antes de la ejecución. En este sentido, el caso permite abrir la pregunta acerca de cómo, en algunos estudios latinoamericanos, el 3D interactivo comienza a ser reconocido no solo como representación visual, sino como una posible herramienta operativa dentro del proceso de diseño.

Ahora bien, ¿cómo llega un estudio joven de arquitectura en México a incorporar de manera relativamente natural una herramienta como la maqueta digital interactiva dentro de su proceso de trabajo? ¿Qué necesidades concretas hicieron que esta tecnología comenzara a adquirir una función específica dentro del estudio?. En el caso de HASEN, esta decisión parece vincularse con un problema recurrente en su práctica profesional: muchas de las dificultades que aparecen en el proceso de diseño no se originan necesariamente en el proyecto arquitectónico en sí, sino en las distintas formas en que, distintos actores involucrados lo interpretan. Es decir, el conflicto no

surge tanto de la propuesta de diseño, sino de la dificultad para construir una comprensión compartida sobre escalas, proporciones, recorridos y relaciones espaciales tanto por parte de los clientes como de otros actores involucrados en la obra, generan ajustes tardíos, cambios en etapas avanzadas y un aumento de los márgenes de error en la ejecución. Esta problemática adquiere mayor relevancia a medida que el estudio incrementa el volumen y la complejidad de sus encargos, y parece constituir uno de los principales motivos por los cuales el equipo comienza a probar nuevas herramientas capaces de reducir esa fricción comunicacional.

A partir de esta fricción comunicacional, el caso permite formular una pregunta más amplia: ¿cómo incorpora HASEN nuevas herramientas de representación en una estructura de trabajo que ya cuenta con cierto grado de organización? ¿Hasta qué punto el 3D interactivo puede integrarse como un apoyo al proceso proyectual y en qué momento comienza a exigir ajustes más profundos en las formas de trabajo?

En relación con esta pregunta, la elección del término “maqueta digital” también resulta significativa. La denominación parece generar una familiaridad con una práctica ya conocida dentro del campo arquitectónico —la maqueta física o tradicional—, pero desplazada hacia un entorno digital interactivo. En este caso, la propuesta arquitectónica no solo se observa, sino que puede recorrerse, explorarse desde distintas escalas de observación y utilizarse para anticipar decisiones o mejorar la comunicación entre los distintos actores involucrados. De este modo, la herramienta no aparece únicamente como una innovación tecnológica aislada, sino como una posible traducción digital de una función proyectual ya existente, adaptada a nuevas condiciones de comunicación y producción.

Esta elección terminológica abre una cuestión más específica para esta investigación: ¿qué importancia adquieren los nombres con los que los profesionales identifican estas nuevas herramientas? ¿Qué implica que los profesionales no hablen simplemente de modelado 3D, render o visualización interactiva, sino de “maqueta digital”? En este sentido, el caso permite indagar cómo esa denominación se construye en la práctica, qué analogías establece con herramientas ya conocidas del campo arquitectónico y de qué manera contribuye a definir una función específica para el 3D interactivo dentro del proceso proyectual.

6.1.2. Adopción del 3D interactivo como necesidad estructural

En HASEN, la incorporación del 3D interactivo comienza a vincularse con una necesidad concreta del estudio: mejorar la comprensión del proyecto antes de su ejecución. No aparece, al menos inicialmente, como una exploración tecnológica autónoma ni como una búsqueda de diferenciación formal, sino como una respuesta posible frente a las dificultades de comunicación que se producen entre arquitectos, clientes y otros actores del proceso proyectual. A medida que el volumen de proyectos aumenta y los encargos incorporan mayor complejidad funcional y espacial, se vuelve progresivamente evidente que los recursos tradicionales de representación —planos técnicos y renders estáticos— resultan insuficientes para garantizar una comprensión compartida del proyecto en las etapas iniciales. En este contexto, cabe preguntarse: ¿qué implica incorporar una herramienta como el 3D interactivo en un estudio que ya cuenta con metodologías de trabajo consolidadas? ¿Se trata de la incorporación de un recurso adicional o de un ajuste más profundo en los modos de proyectar, comunicar y tomar decisiones?.

En HASEN, la adopción del 3D interactivo comienza a asociarse con la necesidad de mejorar la comunicación con los clientes, reducir errores derivados de interpretaciones divergentes —por ejemplo, cuando un cliente interpreta en un plano una escala, una circulación o una relación entre ambientes de manera distinta a como fue proyectada— y optimizar los tiempos de toma de decisiones. La maqueta digital interactiva se incorpora entonces como una herramienta orientada a acompañar el proceso proyectual, más que como un producto final o un recurso visual complementario. Su uso se vincula menos con la espectacularización de la propuesta y más con la posibilidad de clarificar el esquema espacial general y anticipar posibles conflictos antes de la etapa de obra.

A diferencia de los casos analizados en el bloque anterior, donde la tecnología se integra a partir de procesos autodidactas y trayectorias personales de experimentación, en HASEN la adopción del 3D interactivo se produce dentro de un ecosistema organizacional ya definido. El estudio cuenta con flujos de trabajo establecidos, roles diferenciados y una metodología de diseño clara, en la que la incorporación de una nueva herramienta implica ajustes coordinados y decisiones situadas respecto de su lugar en el proceso proyectual.

En este sentido, la maqueta digital interactiva comienza a ocupar una posición específica dentro del flujo de trabajo del estudio: se desarrolla una vez definido el anteproyecto y se utiliza como instancia de validación temprana con el cliente. Su incorporación requiere ajustes en los tiempos de producción, en la asignación de tareas dentro del equipo y en la articulación con otros recursos de representación, ya

que el modelo interactivo debe integrarse sin desorganizar el método proyectual existente. En este punto, se vuelve relevante indagar hasta qué punto estos ajustes implican únicamente una reorganización técnica o si comienzan a incidir también en las formas de pensar y evaluar el proyecto.

Al mismo tiempo, esta incorporación no parece producirse sin tensiones. La realización de una maqueta interactiva exige tiempo adicional, nuevas tareas y, en algunos casos, competencias técnicas específicas que no formaban parte del trabajo habitual del estudio. Esto obliga a decidir en qué proyectos vale la pena invertir ese esfuerzo, quién asume la producción del modelo y cómo justificar ese tiempo frente a clientes que no siempre perciben de inmediato su utilidad, por ejemplo cuando comparan la maqueta interactiva con renders tradicionales que requieren menos tiempo de desarrollo. De este modo, la adopción del 3D interactivo no solo reorganiza aspectos técnicos del proceso, sino que introduce discusiones sobre prioridades, costos y modos de trabajo que continúan construyéndose en la práctica.

La incorporación del 3D interactivo en HASEN se comprende mejor si se observa el tipo de proyectos que desarrolla el estudio. Su producción incluye encargos residenciales, comerciales y culturales, es decir, programas donde la comprensión del espacio por parte del cliente resulta decisiva desde las primeras etapas. En estos proyectos, las decisiones sobre distribución, recorridos, proporciones, usos y relaciones entre ambientes no siempre pueden comunicarse con claridad mediante planos técnicos o imágenes estáticas. Por ejemplo, en proyectos residenciales o comerciales, una diferencia de interpretación sobre la escala de un ambiente, la ubicación de una circulación o la relación entre interior y exterior puede derivar en cambios tardíos, nuevas conversaciones con el cliente o ajustes en etapas más avanzadas. Por eso, la maqueta digital interactiva comienza a aparecer como una respuesta concreta frente a un problema recurrente: cómo lograr que distintos actores comprendan el proyecto antes de su ejecución y puedan participar de manera más informada en las decisiones.

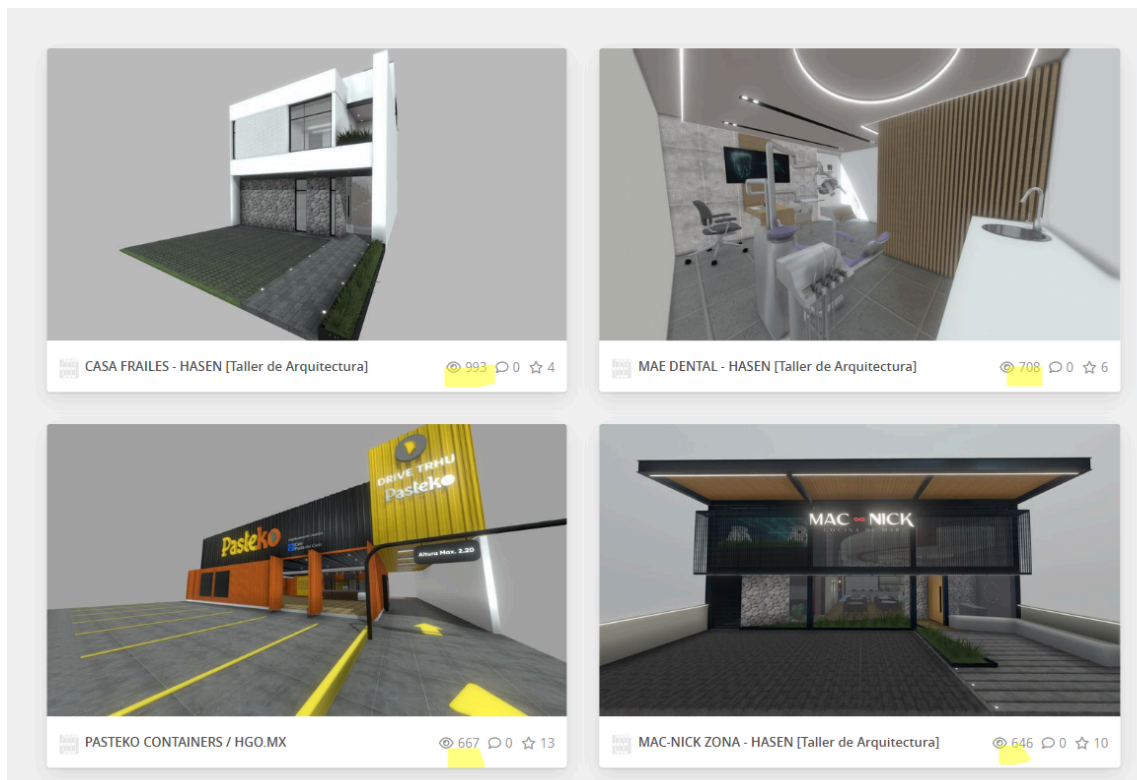
En este sentido, la continuidad de su uso parece construirse menos a partir de una decisión previa y más desde la acumulación de experiencias concretas. Proyecto tras proyecto, el equipo advierte que ciertas dificultades de interpretación, ciertas discusiones con clientes o ciertos problemas detectados en etapas tempranas encuentran en el modelo interactivo una forma distinta de abordaje. La colección pública de maquetas desarrolladas por el estudio (ver Figura 9) —correspondiente a proyectos residenciales, comerciales y culturales— permite observar no solo la persistencia del recurso, sino también su aplicación sistemática en programas

diversos. A través de esta serie de modelos, el 3D interactivo deja de aparecer como una novedad aislada y comienza, gradualmente, a incorporarse como parte del modo en que el estudio piensa, comunica y evalúa sus proyectos.

El uso de plataformas como Sketchfab introduce además una dimensión que no estaba presente en las maquetas físicas tradicionales: la posibilidad de circulación, visualización y observación por parte de otros actores antes de la construcción del proyecto. Al compartir la maqueta digital mediante un enlace, el modelo puede ser recorrido no solo por el cliente directo, sino también por colaboradores, trabajadores, usuarios potenciales o personas vinculadas al encargo. En algunos casos, la plataforma permite registrar la cantidad de visualizaciones, recibir comentarios y ampliar la instancia de validación del proyecto. Un ejemplo de esto aparece en el diseño de un restaurante de tacos Pasteko (ver Figura 9), donde la maqueta digital fue vista por más de seiscientos sesenta siete personas antes de su realización. Esta circulación permitió que el propietario pudiera compartir la propuesta con trabajadores, clientes previos u otros interlocutores, ampliando el proceso de observación y validación antes de avanzar con la construcción.

Figura 9

Colección de maquetas digitales interactivas desarrolladas por HASEN Arquitectura y publicadas en Sketchfab.



Nota. La imagen muestra una selección de modelos interactivos correspondientes a proyectos residenciales, comerciales y culturales desarrollados por el estudio. La diversidad tipológica y el volumen de modelos publicados evidencian el uso sistemático del 3D interactivo como parte del proceso proyectual, así como su circulación pública y su visibilidad profesional en plataformas abiertas.

6.1.3. Traducción espacial y mediación con los clientes

La incorporación de la maqueta digital interactiva en HASEN Arquitectura comienza a introducir transformaciones en los procesos de traducción entre el pensamiento proyectual del arquitecto y la comprensión del cliente. A través del modelo navegable, el proyecto deja de comunicarse principalmente mediante explicaciones verbales, planos técnicos o imágenes estáticas y empieza a construirse como una experiencia espacial compartida. En este punto, resulta pertinente preguntarse: ¿qué implica este nuevo modo de comunicar el proyecto? ¿Hasta qué punto la interacción directa con el espacio modifica las formas en que el cliente comprende, interpreta y participa en el proceso proyectual?

En este marco, la maqueta digital interactiva comienza a operar como una interfaz de traducción que permite transformar conceptos abstractos —como escala, proporción, relaciones espaciales, circulaciones o vínculos interior–exterior— en experiencias accesibles para usuarios no especializados. El cliente deja de observar el proyecto desde una posición externa y pasa a recorrerlo, desplazarse entre ambientes, evaluar alturas, identificar relaciones visuales y anticipar situaciones de uso cotidiano. Este pasaje parece reducir la distancia entre la intención proyectual y la interpretación del usuario final, aunque también abre interrogantes sobre los modos en que esta experiencia es guiada y construida.

La navegación del modelo también incide en la dinámica de las instancias de encuentro entre arquitectos y clientes. Este desplazamiento no se produce de manera inmediata, porque muchos clientes están habituados a interpretar el proyecto a partir de planos, renders o explicaciones verbales, y no necesariamente saben cómo recorrer un modelo interactivo ni qué aspectos observar durante la navegación. En algunos casos, pueden concentrarse en detalles secundarios —como colores, texturas o elementos puntuales del mobiliario— en lugar de atender a relaciones espaciales más generales, como recorridos, proporciones, circulaciones o vínculos entre ambientes. Por eso, la maqueta digital requiere una instancia de traducción y

acompañamiento por parte del equipo: el arquitecto no solo presenta el proyecto, sino que guía la navegación, orienta la mirada del cliente, explica qué decisiones están siendo evaluadas y ayuda a convertir la experiencia del recorrido en información útil para el proceso de diseño. De este modo, las reuniones dejan de centrarse exclusivamente en la exposición técnica del profesional y comienzan a funcionar como instancias de exploración conjunta, donde las decisiones se construyen a partir del recorrido compartido del modelo, las preguntas del cliente y los ajustes que emergen durante la experiencia.

Sin embargo, esta nueva forma de interacción no parece eliminar completamente los problemas de interpretación. En algunos casos, la posibilidad de recorrer el modelo puede generar expectativas difíciles de sostener, llamar la atención sobre aspectos secundarios o incluso producir nuevas discrepancias entre lo que el cliente imagina y aquello que el proyecto efectivamente puede resolver. Del mismo modo, no todos los usuarios se relacionan de la misma manera con el entorno interactivo: mientras algunos se apropian rápidamente del recorrido, otros continúan necesitando explicaciones, referencias tradicionales o una guía más estrecha por parte del arquitecto. En estos casos, la posibilidad de compartir la maqueta mediante un enlace no garantiza por sí sola su comprensión. Según el tipo de cliente, abrir el modelo, orientarse dentro del entorno interactivo o entender qué se espera de la navegación puede convertirse en una dificultad. Frente a esta situación, el equipo de HASEN desarrolla estrategias de acompañamiento: en algunos casos realiza videollamadas para guiar al cliente durante el recorrido y explicar el funcionamiento de la maqueta; en otros, especialmente en proyectos menos complejos, produce videos breves donde muestra cómo abrir el enlace, cómo navegar el modelo y qué aspectos observar. Estas estrategias permiten reducir el tiempo de explicación y facilitar la apropiación de la herramienta por parte de usuarios no familiarizados con entornos interactivos. Esto obliga al estudio a ajustar continuamente el modo en que diseña y presenta la experiencia.

Este proceso de traducción no es automático ni neutral. Implica decisiones por parte del estudio sobre qué mostrar, cómo estructurar el recorrido y qué grado de control otorgar al usuario. En HASEN, la interactividad se diseña de manera situada, teniendo en cuenta el tipo de cliente, el programa arquitectónico y las capacidades de interpretación de cada usuario. En algunos casos, la navegación se restringe a recorridos guiados; en otros, se permite una exploración más amplia. En este sentido, la traducción no consiste en mostrar todo, sino en construir una experiencia que permita comprender lo relevante en cada etapa del proyecto.

Asimismo, la maqueta digital interactiva comienza a operar como un dispositivo mediador entre los distintos actores del proceso proyectual. Además de los clientes, el modelo puede ser compartido con colaboradores, técnicos y equipos de obra y funciona como una referencia común para discutir decisiones espaciales antes de su materialización. De este modo, el 3D interactivo no solo traduce el proyecto al cliente, sino que participa en la articulación de lenguajes, expectativas y criterios entre múltiples participantes, contribuyendo a una mayor coherencia en el desarrollo del proyecto.

En este contexto, el rol del arquitecto comienza a desplazarse. La traducción ya no se limita a interpretar el proyecto para otros, sino que implica acompañar, guiar y mediar durante la experiencia interactiva. El profesional se posiciona como facilitador del recorrido y del diálogo, ajustando el proyecto a partir de las reacciones, preguntas y observaciones que emergen durante la navegación. En este proceso, la maqueta digital interactiva comienza a ocupar un lugar central en el diálogo proyectual. Más que reemplazar otras formas de representación, parece reorganizar la manera en que arquitectos y clientes negocian, interpretan y toman decisiones sobre el proyecto. En este punto, el caso permite comprender que la maqueta digital no funciona solo como un soporte visual, sino como una instancia de mediación que modifica las condiciones de comunicación dentro del proceso proyectual.

6.1.4. Aprendizaje proyectual y formalización del conocimiento

El uso sistemático de la maqueta digital interactiva en HASEN Arquitectura comienza a introducir transformaciones en los modos de comunicación y de traducción con los clientes, pero también incide en los procesos internos de aprendizaje proyectual del estudio. A medida que los proyectos son recorridos y evaluados mediante modelos navegables, el equipo empieza a incorporar otras formas de observar, anticipar y corregir decisiones espaciales que, en representaciones bidimensionales o en renders estáticos, resultan menos evidentes. En este punto, resulta pertinente preguntarse: ¿qué tipo de conocimiento se produce cuando el proyecto deja de ser únicamente representado y comienza a ser recorrido? ¿De qué manera estas instancias de exploración inciden en los modos de aprender, evaluar y proyectar el espacio?

Durante la exploración interactiva, determinadas decisiones proyectuales que en planta o en sección parecían adecuadas revelan inconsistencias al experimentarlas en movimiento. Este tipo de detección no se produce de manera inmediata, sino que se

construye a partir del uso reiterado de la herramienta y de la comparación entre distintos proyectos, lo que permite al equipo afinar progresivamente su capacidad de lectura espacial. Aspectos vinculados a la proporción, la continuidad de las circulaciones, la relación entre espacios contiguos o la percepción de la escala adquieren una dimensión diferente al ser recorridos digitalmente. Este proceso comienza a habilitar la detección temprana de conflictos, antes de avanzar hacia etapas de definición avanzada o de ejecución, aunque también plantea interrogantes sobre cómo estas nuevas formas de evaluación se integran en los criterios proyectuales existentes.

En algunos proyectos, estas diferencias se vuelven visibles de manera muy concreta. Circulaciones que en planta parecían fluidas resultan más estrechas o confusas al recorrerlas en el modelo; relaciones entre interior y exterior que parecían equilibradas pierden continuidad cuando se experimentan desde la perspectiva del usuario; alturas, aperturas o secuencias de acceso adquieren una escala distinta a la imaginada inicialmente. Frente a estas situaciones, el estudio comienza a introducir ajustes antes de avanzar hacia etapas posteriores del proyecto, incorporando la navegación del modelo como una instancia de verificación que no estaba prevista en sus formas tradicionales de trabajo.

En este contexto, la maqueta digital interactiva empieza a funcionar como un instrumento para pensar el proyecto. Su uso habilita instancias de ensayo, prueba y corrección que se incorporan al proceso de diseño, integrando la evaluación espacial como una etapa recurrente del flujo proyectual. El aprendizaje que se configura en este marco aparece como situado y progresivo, construido a partir de la experiencia concreta con proyectos reales más que de la aplicación de procedimientos abstractos o estandarizados externos al estudio.

Este aprendizaje no se limita a un plano técnico, sino que también incide en la toma de decisiones proyectuales. La posibilidad de recorrer el espacio desde múltiples puntos de vista favorece una mayor atención sobre el uso futuro del proyecto, los recorridos cotidianos y las situaciones de interacción entre usuarios y espacios. En este sentido, el 3D interactivo comienza a introducir una mirada proyectual más atenta a la experiencia espacial y a las condiciones de habitabilidad, integrando criterios de uso desde etapas tempranas del diseño.

Con el tiempo, estas instancias de aprendizaje comienzan a formalizarse dentro de la metodología del estudio. La maqueta interactiva deja de operar únicamente como una herramienta ocasional y pasa a incorporarse como una etapa reconocida del proceso

proyectual, con criterios que orientan cuándo y cómo utilizarla. Este proceso de formalización del conocimiento permite que experiencias inicialmente vinculadas a proyectos específicos se transformen progresivamente en saberes compartidos dentro del equipo, aunque sin eliminar del todo las dudas sobre cuándo conviene utilizar estas maquetas, cuánto detalle requieren o hasta qué punto los criterios construidos en un proyecto pueden trasladarse efectivamente a otro.

6.1.5. Cambio en la relación con los clientes

La incorporación del 3D interactivo en HASEN Arquitectura comienza a introducir transformaciones en la relación entre el estudio y sus clientes, especialmente en las etapas iniciales del proyecto. La posibilidad de recorrer el espacio proyectado de manera interactiva modifica las condiciones de participación del usuario, que deja de ocupar un rol pasivo frente a representaciones técnicas y empieza a involucrarse más activamente en la evaluación y la toma de decisiones. En este escenario, surge la pregunta por cómo esta forma de interacción incide en los modos de comprender el proyecto y hasta qué punto redefine el lugar del cliente dentro del proceso proyectual.

La maqueta digital interactiva habilita un tipo de diálogo que se apoya en la experiencia compartida del espacio. Durante las instancias de revisión, el cliente no se limita a opinar a partir de imágenes estáticas o referencias externas, sino que interactúa directamente con el proyecto, explorando distintos puntos de vista, recorriendo secuencias espaciales y focalizando la atención en aspectos específicos del diseño. Esta dinámica parece favorecer una mayor apropiación del proyecto y reducir la distancia entre la propuesta arquitectónica y las expectativas del usuario, aunque también plantea interrogantes sobre cómo se construye y se orienta esa experiencia.

Tal como se observa en el modelo interactivo con puntos de observación definidos (ver Figura 10), el recorrido no es completamente libre ni arbitrario, sino que se estructura a partir de decisiones proyectuales del estudio. Los puntos de vista, trayectorias y áreas de interés funcionan como guías de lectura espacial, orientando la experiencia del cliente hacia los aspectos relevantes del proyecto en cada etapa. En este sentido, la mediación no desaparece, sino que se reconfigura en el diseño mismo de la interacción, equilibrando la exploración del usuario con la intención proyectual del arquitecto.

El acompañamiento durante la navegación constituye un componente central de este proceso. En HASEN, la maqueta interactiva no se presenta como un archivo

autónomo, sino como un dispositivo que se activa en instancias de diálogo, ya sea en reuniones presenciales o en videollamadas. El arquitecto asume un rol activo de guía e intérprete, explicando decisiones, respondiendo preguntas y ajustando el proyecto en tiempo real a partir de las observaciones que surgen durante el recorrido.

Sin embargo, esta forma de interacción no parece producir los mismos efectos en todos los casos. Algunos clientes se apropian rápidamente del recorrido y encuentran en la maqueta una forma más clara de participar en el proyecto; otros, en cambio, continúan necesitando referencias tradicionales o tienden a concentrarse en aspectos secundarios del modelo. Por ejemplo, un cliente puede detenerse en el color de un muro, la textura de un mueble o un detalle decorativo, mientras el arquitecto intenta discutir la circulación, la escala del espacio o la relación entre ambientes. En ciertas situaciones, la posibilidad de recorrer el espacio también puede introducir nuevas tensiones, haciendo visibles discrepancias entre las expectativas del cliente y las decisiones proyectuales del estudio. Esto obliga al arquitecto no solo a mostrar el proyecto, sino a diseñar cuidadosamente el modo en que esa experiencia es guiada y acompañada.

Este cambio en la dinámica proyectual también incide en los procesos de validación. Las decisiones comienzan a definirse con mayor claridad en etapas tempranas, lo que tiende a reducir revisiones tardías y conflictos en fases avanzadas del proyecto. En este contexto, la maqueta interactiva empieza a funcionar como una interfaz compartida que organiza el diálogo entre arquitectos y clientes, favoreciendo procesos de decisión más informados y participativos, sin que estas dinámicas aparezcan completamente estabilizadas desde el inicio.

El caso HASEN Arquitectura permite indagar cómo la incorporación del 3D interactivo en estudios proyectuales consolidados no responde a una lógica de innovación tecnológica aislada, sino que se vincula con procesos situados de reorganización de la práctica profesional. La adopción de la maqueta digital interactiva se articula con problemas concretos de comunicación, interpretación y validación del proyecto, en un contexto de crecimiento del estudio y de aumento de la complejidad de los encargos.

A lo largo del caso, se pone en juego que la tecnología no opera únicamente como un instrumento de representación, sino que comienza a participar en la reconfiguración de los modos de producir, comunicar y evaluar el proyecto arquitectónico. La maqueta interactiva se configura como una interfaz de traducción entre lenguajes disciplinares y no disciplinares, permitiendo transformar conceptos abstractos en experiencias espaciales compartidas y accesibles para distintos actores del proceso proyectual.

Figura 10

Modelo 3D interactivo de HASEN Arquitectura con puntos de observación y recorridos guiados, utilizado como herramienta de mediación y toma de decisiones en la interacción con los clientes.



Nota. El modelo presenta puntos de observación predefinidos que estructuran el recorrido espacial y orientan la experiencia del usuario durante las instancias de revisión del proyecto. Estos puntos funcionan como dispositivos de mediación que facilitan la comprensión del espacio, la discusión de decisiones proyectuales y la toma de decisiones compartidas entre arquitectos y clientes.

Este proceso de traducción no es automático ni neutral, sino que implica decisiones metodológicas por parte del estudio: definir qué mostrar, cómo estructurar el recorrido y cómo acompañar la experiencia del usuario. En este sentido, el rol del arquitecto comienza a desplazarse desde la explicación técnica hacia funciones de mediación, donde el proyecto se construye a través del diálogo y la exploración conjunta.

El uso sostenido del 3D interactivo se vincula, además, con procesos de aprendizaje proyectual situados, basados en el ensayo, la validación temprana y la detección anticipada de conflictos espaciales. Estos aprendizajes, inicialmente asociados a proyectos específicos, comienzan a formalizarse progresivamente dentro de la metodología del estudio, integrando la maqueta interactiva como una etapa recurrente del flujo de trabajo y como parte de una infraestructura organizacional en construcción.

En este marco, el caso HASEN Arquitectura abre la posibilidad de pensar cómo el 3D interactivo en línea comienza a integrarse en estructuras proyectuales complejas, no como una solución completamente estabilizada, sino como una práctica todavía en construcción. La maqueta interactiva parece articular nuevas formas de mediación con los clientes, de aprendizaje interno y de organización del trabajo, aunque estas transformaciones continúan dependiendo de decisiones situadas, de ajustes sucesivos y de la capacidad del estudio para negociar entre formas de trabajo ya consolidadas y otras todavía emergentes.

Al mismo tiempo, el caso deja planteada una pregunta que atraviesa los estudios siguientes: ¿qué ocurre cuando estas dinámicas de traducción, aprendizaje y mediación deben sostenerse en proyectos de mayor escala, donde intervienen no solo arquitectos y clientes, sino también instituciones, equipos interdisciplinarios y públicos más amplios?

6.2. El 3D interactivo como infraestructura territorial y comunicacional en proyectos urbanos de gran escala (Uruguay)

6.2.1. Contexto

El caso +Colonia ocupa un lugar singular dentro de esta tesis porque permite observar el uso del 3D interactivo en una escala territorial y comunicacional mucho más amplia que la de los casos anteriores. A diferencia de experiencias centradas en trayectorias individuales o en estudios profesionales de menor escala, aquí la tecnología se articula con un proyecto urbano de gran complejidad, orientado a comunicar, anticipar y hacer comprensible un territorio que todavía no existe materialmente. En este sentido, el caso resulta relevante porque permite interpretar cómo el 3D interactivo comienza a funcionar no solo como herramienta de representación, sino como parte de una infraestructura estratégica de comunicación, mediación y proyección territorial.

La singularidad del caso se vuelve más clara al observar la escala y las condiciones de desarrollo del proyecto. Se trata de un desarrollo territorial ubicado en las afueras de Colonia del Sacramento, Uruguay, que proyecta una expansión planificada de más de 500 hectáreas hacia el oeste de la ciudad. La magnitud de esta operación lo sitúa por fuera de los encargos arquitectónicos convencionales, inscribiéndolo en el campo del urbanismo estratégico y de los proyectos territoriales de largo plazo, donde las

decisiones proyectuales se articulan con dimensiones institucionales, económicas, políticas, comunicacionales e internacionales. Su escala, su nivel de inversión y su aspiración de posicionarse como una referencia de ciudad inteligente en América Latina hacen que la comunicación del proyecto no sea un aspecto secundario, sino una condición central para su desarrollo, legitimación y proyección pública.

Entre los aspectos particulares de la propuesta urbana se destacan los criterios de sostenibilidad ambiental, conectividad y nuevas formas de habitar, con un énfasis particular en la ciudad caminable, la integración de infraestructura verde y la construcción de un tejido urbano permeable. Detalles que pueden observarse en el masterplan⁶, presentado de manera interactiva en el sitio web del proyecto, donde se prevvisualizan las células urbanas articuladas por corredores paisajísticos, sistemas de agua y espacios públicos continuos, configurando un territorio híbrido entre lo natural y lo diseñado. Cabe destacar que +Colonia se prenseta como la "ciudad del futuro" donde se fusiona la naturaleza, la tecnología y la sostenibilidad. De todas maneras para esta investigación, lo central no es interpretar sus particularidades de diseño, sino comprender dentro de la singularidad de la propuesta, qué desafíos comunicacionales, proyectuales e institucionales surgen cuando un proyecto de esta escala debe ser comprendido, evaluado y legitimado antes de su completa materialización física, teniendo como contrapunto una expectativa tecnológica muy alta.

A diferencia de los casos anteriores, donde la incorporación del 3D interactivo se vinculaba con trayectorias más exploratorias, recursos limitados o escalas proyectuales más acotadas, aquí el recorrido parece ser diferente. Si en los casos anteriores las tensiones se vinculaban a la falta de recursos y a la necesidad de inventar soluciones desde trayectorias individuales, aquí parece abrirse otro problema: cómo sostener y coordinar una infraestructura técnica compleja sin que esa misma complejidad vuelva más difícil la comunicación y la toma de decisiones. En este sentido, el caso permite desplazar la pregunta de la tesis hacia una escala mayor: ya no se trata solo de cómo un profesional o un estudio incorpora una herramienta interactiva, sino de cómo estas tecnologías participan en la construcción comunicacional, institucional y territorial de un proyecto urbano futuro.

Desde el punto de vista institucional, +Colonia se desarrolla en un marco de alta complejidad organizacional. El proyecto involucra actores públicos y privados, equipos técnicos multidisciplinarios y áreas específicas dedicadas a la comunicación y al

⁶ *Masterplan* o plan maestro es un documento estratégico integral que define la visión a largo plazo, la infraestructura, los espacios físicos y los hitos de desarrollo para proyectos urbanos, arquitectónicos o industriales.

posicionamiento territorial. Esta multiplicidad de actores introduce la necesidad de construir herramientas capaces de articular lenguajes diversos, escalas de intervención heterogéneas y horizontes temporales extendidos, en un contexto en el que el proyecto debe ser simultáneamente planificado, comunicado y legitimado ante públicos diversos.

En este escenario, la dimensión comunicacional adquiere un peso central desde las primeras etapas del desarrollo. A diferencia de otros casos analizados —donde la comunicación se vincula a proyectos en curso o ya parcialmente materializados—, +Colonia se enfrenta al desafío de hacer comprensible una propuesta de ciudad futura que todavía no puede ser experimentada plenamente en el territorio físico. Desde esta perspectiva, la incorporación de una experiencia interactiva en línea abre una serie de preguntas: ¿responde principalmente a la necesidad de comunicar con mayor claridad la complejidad del proyecto urbano? ¿O también puede leerse como un gesto simbólico orientado a evidenciar la capacidad tecnológica del desarrollo y reforzar su posicionamiento dentro del imaginario de la ciudad inteligente? ¿De qué manera se articulan, en este caso, la función comunicacional del 3D interactivo y su valor como signo de innovación?

Es en este contexto —marcado por la escala territorial del proyecto, la distancia entre el estado físico actual del sitio y la ciudad futura proyectada, y la necesidad de comunicar una propuesta urbana compleja— donde la incorporación de tecnologías digitales, y en particular de entornos 3D interactivos en línea, comienza a perfilarse como una posible respuesta. A diferencia de una fotografía, un render o una imagen estática, el 3D interactivo permite anticipar espacialmente el desarrollo urbano, recorrerlo antes de su construcción y articular en una misma plataforma información sobre diseño, usos, recorridos, edificios y proyección futura. Pero, al mismo tiempo, esta tecnología no parece cumplir solo una función explicativa: también permite que la ciudad futura se presente visualmente como un proyecto capaz de gestionar información compleja, coordinar múltiples dimensiones urbanas y manifestar una relación activa con las tecnologías del presente. Desde esta perspectiva, el caso abre una serie de preguntas: ¿de qué manera el 3D interactivo contribuye a hacer legible un territorio todavía no construido? ¿Hasta qué punto funciona como una herramienta concreta de comunicación y evaluación del proyecto? ¿Y en qué medida opera también como una forma de escenificar capacidad técnica, organización institucional y orientación hacia el futuro?

6.2.2. Adopción del 3D interactivo como estrategia institucional

En +Colonia, la adopción del 3D interactivo surge a partir de una necesidad comunicacional concreta: mostrar de manera clara las características, ubicaciones, prestaciones y posibles formas de uso de una ciudad futura que todavía no existe materialmente. Desde las primeras etapas del proyecto, el equipo de comunicación de +Colonia advierte que los planos, renders o imágenes estáticas no resultaban suficientes para comunicar la complejidad del desarrollo urbano ni para hacer comprensible la relación entre sus distintos sectores, edificios, espacios públicos, áreas verdes, recorridos y servicios. Es por ello que el comité vinculado al desarrollo tecnológico y comunicacional del proyecto comienza a considerar la necesidad de incorporar una maqueta digital interactiva en línea, integrada al sitio web de +Colonia, capaz de permitir una exploración más activa del territorio proyectado.

Esta decisión no implicaba simplemente producir una visualización adicional, sino construir un sistema digital más complejo. A diferencia de plataformas de publicación de modelos tridimensionales más acotadas, como Sketchfab, el proyecto requería un entorno interactivo robusto, capaz de alojar una representación territorial extensa, articular información urbana y arquitectónica, sostener recorridos navegables y funcionar dentro de una estrategia institucional de comunicación. Por este motivo, la adopción del 3D interactivo implicó también la búsqueda de perfiles técnicos especializados, la capacitación del equipo responsable y la necesidad de tercerizar ciertos aspectos vinculados al desarrollo, la optimización y el alojamiento web del sistema.

En este proceso, una persona vinculada al área de comunicación arquitectónica del proyecto convoca a Santiago García Uriburu como colaborador especializado para explorar posibles formas de desarrollo del entorno interactivo. Si bien se trata de un perfil con experiencia y formación en visualización digital, el caso exigía resolver problemas específicos que no estaban dados de antemano. La escala territorial del proyecto, la necesidad de integrar información urbana y arquitectónica, y la exigencia de alojar el entorno en línea implicaron nuevas instancias de aprendizaje, prueba y ajuste técnico.

Esta situación permite observar que la adopción tecnológica no se produce de manera automática, aún cuando intervienen actores capacitados. Por el contrario, requiere investigar alternativas disponibles, evaluar tecnologías de visualización en tiempo real y adaptar esos recursos a las necesidades concretas del proyecto. En +Colonia, el

desafío no era únicamente qué herramienta utilizar, sino qué tipo de entorno podía sostener una maqueta digital interactiva de gran escala, integrada al sitio web y orientada a comunicar una ciudad futura.

Dentro de las consideraciones técnicas y de las opciones evaluadas en ese momento, se decidió trabajar con Unreal Engine⁷ por su capacidad para sostener una representación territorial compleja, dinámica y actualizable. A diferencia de un modelo tridimensional aislado, el entorno requerido por +Colonia debía permitir recorridos, integrar distintos niveles de información, mostrar sectores urbanos, edificios, espacios públicos, áreas verdes, cuerpos de agua, sistemas de movilidad y posibles etapas de desarrollo. Esto exigía una herramienta más robusta que plataformas de visualización tridimensional más acotadas, como Sketchfab, y capaz de responder a una estrategia comunicacional institucional.

Sin embargo, el desarrollo de una maqueta digital interactiva de estas características no dependía solamente del modelado o de la elección del motor gráfico. También requería resolver las condiciones de publicación, optimización y alojamiento web del sistema. En este punto, el proyecto debió articular capacidades internas con servicios y saberes externos, capaces de sostener una experiencia interactiva en línea más compleja. Esta tercerización no aparece como un elemento secundario, sino como parte del propio proceso de adopción: para que la maqueta digital pudiera funcionar como recurso institucional de comunicación, debía ser técnicamente accesible, navegable y estable dentro del sitio web. A partir de allí, la adopción tecnológica comienza a implicar no solo decisiones técnicas, sino también nuevas formas de coordinación entre quienes producen la información urbana, quienes la traducen visualmente y quienes la implementan en el entorno digital.

De este modo, la adopción del 3D interactivo en +Colonia puede comprenderse como un proceso gradual de construcción de capacidades técnicas y comunicacionales. La decisión de incorporar una maqueta digital interactiva surge de una necesidad institucional de comunicación, pero su implementación exige búsqueda tecnológica, convocatoria de colaboradores especializados, aprendizaje situado, ajustes técnicos y articulación con servicios externos. Como se verá en el apartado siguiente, este proceso habilita luego una instancia de traducción territorial, en la que el masterplan comienza a convertirse en una experiencia navegable y comunicable mediante el entorno digital.

⁷ *Unreal Engine* es un potente y versátil motor gráfico 3D en tiempo real creado por Epic Games, que permite desarrollar videojuegos de alta calidad, películas, experiencias. El proceso de adopción implicó, además, un aprendizaje específico para el responsable del desarrollo visual.

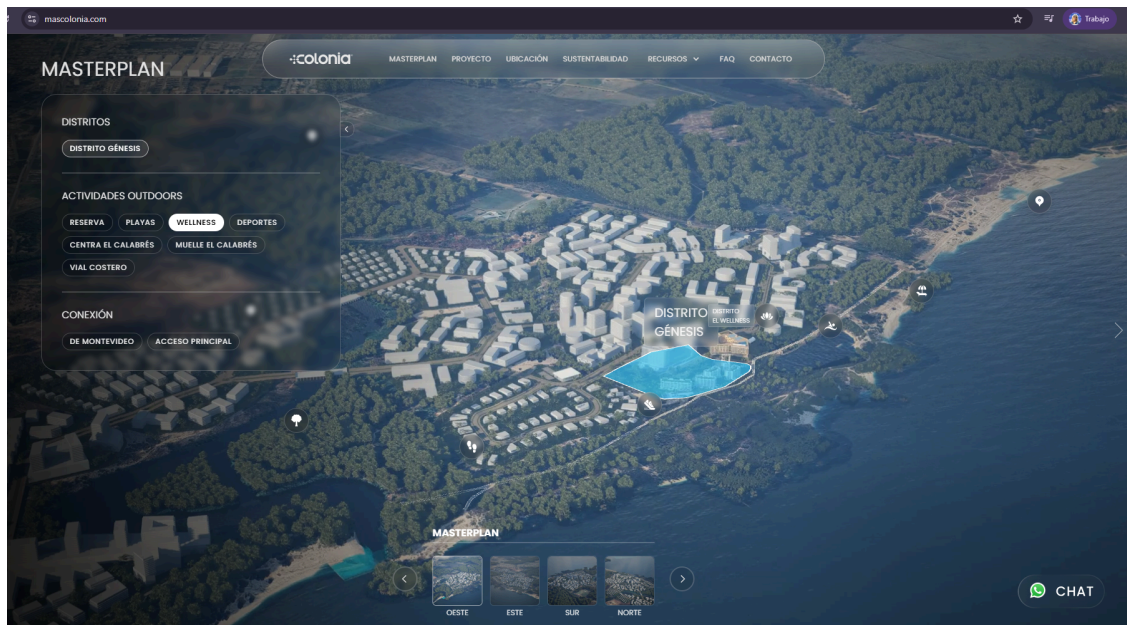
6.2.3. Traducción territorial y mediación a través del gemelo digital

Para comprender cómo opera esta traducción territorial, resulta necesario observar primero el modo en que el proyecto se presenta en la interfaz digital. No se trata únicamente de un modelo tridimensional aislado, sino de una experiencia de navegación que organiza la lectura del territorio a partir de vistas, recorridos, sectores urbanos e información asociada. La plataforma permite pasar de una mirada general del masterplan a aproximaciones más situadas, donde la ciudad futura comienza a percibirse como un espacio recorrible, aun cuando todavía se encuentra en proceso de materialización.

A través de la interfaz web, el usuario puede recorrer el masterplan como si se tratara de una ciudad ya existente. Es posible desplazarse entre vistas aéreas y recorridos a nivel del suelo, identificar distritos, corredores verdes, cuerpos de agua, infraestructuras y tramas urbanas, y aproximarse a la lógica general de organización del territorio (ver Figura 11). Esta experiencia habilita una forma de lectura espacial en la que el usuario puede articular simultáneamente la escala territorial y la percepción situada del espacio urbano, aunque también plantea interrogantes sobre cómo se construye y se orienta esa experiencia de lectura.

En este sentido, la traducción que se pone en juego en el entorno interactivo no se limita a la forma urbana, sino que articula escala, temporalidad y proyección futura. El recorrido permite pasar de la vista general del masterplan a recorridos situados, observar relaciones entre distritos, espacios verdes y cuerpos de agua, y reconocer cómo distintas áreas podrían desarrollarse en etapas sucesivas. Así, el 3D interactivo traduce un proyecto de largo plazo en una experiencia accesible en el presente, aunque sin eliminar del todo las tensiones entre planificación urbana y percepción.

Figura 11

Entorno urbano interactivo del proyecto +Colonia en plataforma web

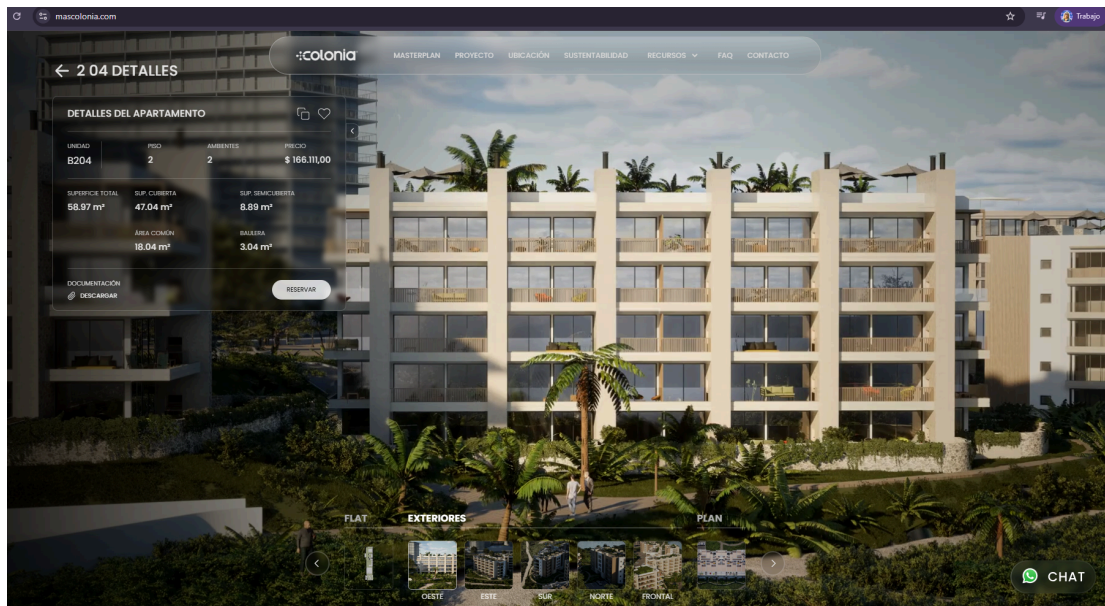
Nota. Vista del entorno 3D interactivo desarrollado para el proyecto urbano +Colonia, que permite recorrer el masterplan mediante una interfaz navegable integrada al sitio web oficial. El modelo, producido en Unreal Engine y alojado en la plataforma Vinode, presenta la organización territorial del desarrollo, los distritos urbanos, los corredores verdes, los cuerpos de agua y las tipologías edificatorias proyectadas.

La lógica de la traducción se extiende asimismo a la escala arquitectónica. El sitio web de +Colonia incorpora recorridos tridimensionales de edificios y unidades habitacionales, donde el usuario puede explorar fachadas, transiciones espaciales y espacios interiores desde una perspectiva dinámica (ver Figura 12). Estos recorridos permiten aproximarse a la experiencia arquitectónica, evaluar decisiones de diseño y explorar la relación entre el edificio y el entorno urbano, integrando arquitectura y masterplan en una misma narrativa espacial. A su vez, la incorporación de paneles interactivos con datos sobre superficies, tipologías, precios y disponibilidad vincula la exploración espacial con posibles instancias de decisión, especialmente en relación con públicos interesados en habitar, invertir o conocer el desarrollo.

En este marco, el entorno interactivo de +Colonia podría comprenderse como una plataforma virtual capaz de articular distintos lenguajes, actores e intereses en torno a un mismo territorio proyectado. Sin depender exclusivamente de los lenguajes técnicos tradicionales del urbanismo, arquitectos, urbanistas, comunicadores, inversores, instituciones, operadores inmobiliarios y públicos no especializados podrían aproximarse al proyecto desde registros diferentes, construyendo formas parciales y situadas de comprensión.

Figura 12

Recorrido arquitectónico interactivo de unidades habitacionales en +Colonia



Nota. Vista del entorno tridimensional interactivo correspondiente a una de las tipologías edilicias del proyecto +Colonia, integrada al sitio web del desarrollo urbano. La escena permite recorrer fachadas, espacios exteriores e interiores de las unidades habitacionales mediante navegación en tiempo real, incorporando paneles informativos con datos sobre superficies, usos, valores y disponibilidad.

A través del recorrido, estos actores podrían reconocer relaciones espaciales, discutir posibles decisiones —como la conexión entre sectores urbanos, la ubicación de equipamientos, la continuidad de los corredores verdes o el vínculo entre edificios y espacios públicos— y participar en una lectura compartida del territorio proyectado. En este sentido, el entorno 3D no solo parecería traducir el masterplan en una experiencia visual, sino también habilitar un espacio de mediación, donde la ciudad futura comienza a ser recorrida, interpretada y eventualmente evaluada antes de su materialización física.

Esta condición permite abrir una posible relación con ciertas lógicas propias de los entornos virtuales y de la cultura del videojuego, en tanto el usuario puede desplazarse por un espacio digital, alternar puntos de vista, explorar recorridos y construir una experiencia situada del territorio. Sin embargo, a diferencia del videojuego, la finalidad principal no parecería orientarse al juego ni a la ficción autónoma, sino a la comunicación, validación y proyección de un desarrollo urbano real. El entorno interactivo parece tomar de esos lenguajes la navegación, la inmersión y la exploración espacial, pero los reubica dentro de una estrategia urbana, institucional y comercial.

Desde esta perspectiva, cabe preguntarse hasta qué punto el 3D interactivo colabora en la comunicación del proyecto al hacer visible y recorrible una ciudad que todavía no existe plenamente en el territorio físico. Al mismo tiempo, también surge la pregunta por los efectos de esa misma potencia visual: ¿puede una experiencia fluida, ordenada y altamente controlada fijar expectativas difíciles de sostener en el proceso material de desarrollo? ¿Hasta qué punto la plataforma ayuda a comprender el proyecto y en qué medida puede producir una imagen demasiado estable, espectacular o acabada de una ciudad que aún se encuentra en transformación? Más que asumir que el entorno interactivo funciona únicamente como una herramienta de representación, el caso abre la pregunta por la función simbólica que este tipo de plataformas puede adquirir dentro de proyectos urbanos de gran escala. ¿Se trata solo de un recurso para visualizar mejor el masterplan, o comienza también a operar como una señal de sofisticación técnica, capacidad de gestión e infraestructura digital avanzada? ¿En qué medida el uso de 3D interactivo en línea comunica el proyecto urbano y, al mismo tiempo, contribuye a construir una imagen de estatus tecnológico asociada a un desarrollo que busca presentarse como anticipación del futuro?

6.2.4. Aprendizaje técnico y organizacional en entornos urbanos complejos

El desarrollo del entorno 3D interactivo en +Colonia comienza a poner en juego procesos de aprendizaje que exceden el dominio técnico de una herramienta específica y se extienden a la organización del trabajo, a la coordinación interdisciplinaria y a la gestión del proyecto urbano. En este caso, aprender no implica únicamente dominar Unreal Engine o producir una escena navegable, sino también comprender cómo transformar información urbana, arquitectónica y comunicacional en un sistema interactivo capaz de ser actualizado, publicado y recorrido en línea. Por ejemplo, cada modificación en el masterplan, en las tipologías edilicias, en los espacios públicos o en la información comercial exige coordinar decisiones entre quienes producen el proyecto urbano, quienes desarrollan la visualización y quienes definen cómo esa información debe presentarse en el sitio web.

A diferencia de prácticas en las que el aprendizaje se concentra en individuos o en estudios pequeños, en este caso el conocimiento parece construirse de manera distribuida, atravesando áreas de diseño urbano, visualización, comunicación y soporte tecnológico. En este punto, se vuelve relevante considerar qué implica aprender en un entorno donde el conocimiento no se localiza en un solo actor, sino que se distribuye entre múltiples áreas y escalas de intervención.

En el plano técnico, el aprendizaje se vincula con la necesidad de trabajar a gran escala territorial sin perder coherencia visual ni operatividad. El uso de Unreal Engine introduce la necesidad de tomar decisiones específicas sobre el nivel de detalle, la optimización de geometrías, la iluminación y el rendimiento, especialmente cuando el entorno debe funcionar en plataformas web accesibles desde distintos dispositivos. Este proceso se construye de manera situada, a partir de pruebas, ajustes y errores directamente vinculados al proyecto, más que de la aplicación de procedimientos estandarizados previos, aunque también abre interrogantes sobre cómo se estabilizan estos criterios en el tiempo.

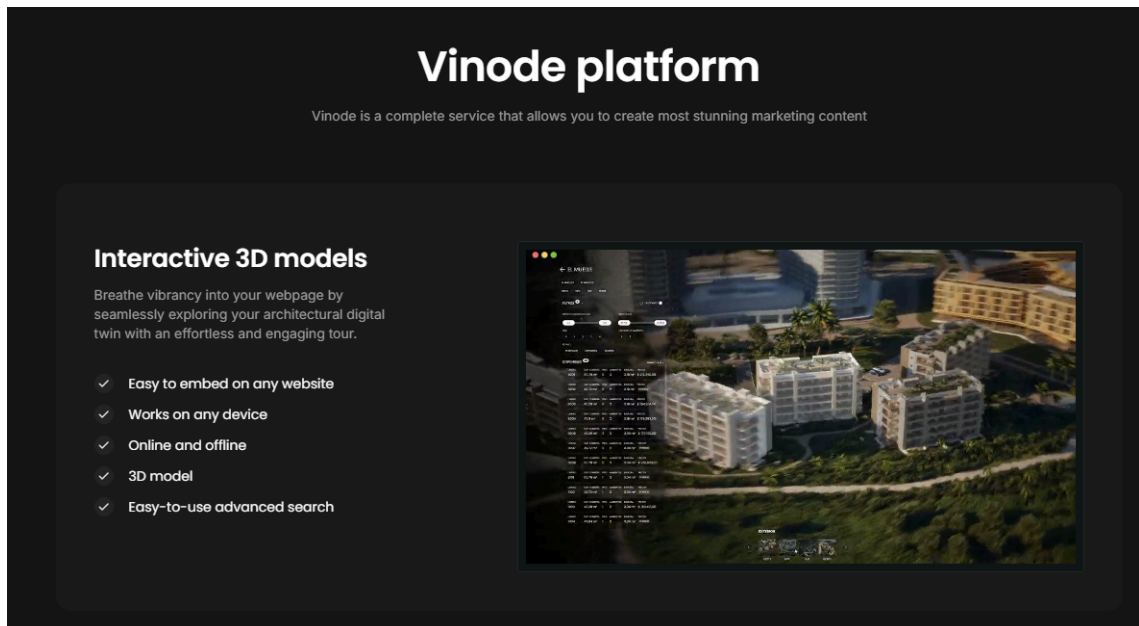
El aprendizaje no se limita al modelado y la visualización, sino que se amplía a la infraestructura que permite la circulación del entorno interactivo. Una vez definido que el proyecto requería una maqueta digital interactiva en línea, fue necesario resolver no solo su desarrollo visual, sino también su publicación, accesibilidad y funcionamiento dentro del sitio web. En este punto, el proyecto se vincula con Vinode, una plataforma especializada en visualización 3D interactiva para proyectos inmobiliarios y urbanos, capaz de alojar y hacer navegables entornos complejos desarrollados en motores como Unreal Engine. Esta integración introduce nuevas capas de conocimiento vinculadas a la optimización web, la compatibilidad multiplataforma y la escalabilidad del sistema.

La incorporación de Vinode (ver Figura 13) permite que el entorno interactivo no quede restringido a una escena técnica interna, sino que pueda circular como parte de la comunicación pública del proyecto. Sin embargo, esta circulación también introduce nuevos desafíos: adaptar el entorno a las restricciones técnicas del navegador, gestionar los tiempos de carga, sostener una experiencia fluida y considerar que los usuarios pueden acceder desde distintos dispositivos, con diferentes niveles de conectividad y familiaridad con interfaces 3D. De este modo, el aprendizaje tecnológico se desplaza desde la producción del modelo hacia las condiciones concretas de acceso, uso y circulación de la experiencia interactiva.

Este entramado técnico permite observar que el aprendizaje en +Colonia también involucra una dimensión organizacional. La producción del entorno interactivo se apoya en una red transnacional de actores y servicios —modelado en Argentina, montaje web en Europa y soporte de infraestructura en plataformas globales—, lo que introduce nuevas exigencias en términos de coordinación, comunicación técnica y toma de decisiones compartidas. En este sentido, el aprendizaje no se limita a la herramienta, sino que se vincula con formas de organización del trabajo que se ajustan a escalas y dinámicas distribuidas.

Figura 13

Proyecto +Colonia destacado en la plataforma Vinode como caso de referencia



Nota. Captura de la plataforma Vinode, servicio especializado en visualización 3D interactiva para proyectos inmobiliarios y urbanos, donde el proyecto +Colonia aparece presentado como caso destacado en su página principal.

Con el avance del proyecto, estos aprendizajes comienzan a formalizarse. El entorno interactivo deja de operar únicamente como un experimento puntual y empieza a integrarse de manera más estable en el proyecto urbano, con criterios que orientan su actualización, la información que incorpora y el lugar que ocupa en la estrategia general. El conocimiento generado a partir de la experiencia se organiza progresivamente en procedimientos, decisiones técnicas recurrentes y acuerdos entre áreas, aunque sin configurarse necesariamente como un sistema completamente cerrado. En este marco, el 3D interactivo se perfila como parte de una infraestructura digital en desarrollo que acompaña el crecimiento físico y conceptual del territorio.

6.2.5. Cambio en relación con clientes

En el caso de +Colonia, la incorporación del 3D interactivo comienza a transformar la relación entre el proyecto urbano y sus destinatarios. A diferencia de los casos residenciales o de escala arquitectónica, donde el cliente suele ser un comitente claramente identificado, aquí los públicos son múltiples, heterogéneos y, en gran medida, indeterminados: inversores, instituciones públicas, potenciales habitantes, operadores inmobiliarios, equipos técnicos y visitantes ocasionales del sitio web. Esta diversidad modifica la forma de comunicar el proyecto, ya que no todos estos actores

buscan la misma información ni poseen los mismos conocimientos para interpretar planos, renders o documentos urbanísticos.

En este contexto, el entorno 3D interactivo no se limita a funcionar como un recurso auxiliar de explicación, sino que empieza a ocupar un lugar central como interfaz de acceso al proyecto. La relación deja de estructurarse exclusivamente en torno a la mediación directa de un profesional que explica el diseño y se desplaza hacia una experiencia de exploración más autónoma. El usuario puede recorrer el masterplan, alternar entre vistas aéreas y recorridos a nivel del suelo, observar la ubicación de distritos, espacios públicos, corredores verdes, cuerpos de agua o edificios, y construir una primera comprensión del territorio proyectado antes de cualquier instancia de intercambio directo con el equipo. En este punto, se vuelve relevante considerar cómo se reconfigura el lugar del “cliente” cuando deja de ser un actor individual claramente definido y pasa a constituirse como un conjunto amplio y diverso de públicos.

Este desplazamiento incide también en la dinámica de validación. En lugar de depender únicamente de presentaciones puntuales, reuniones o piezas gráficas cerradas, el proyecto se expone de forma continua en un entorno digital accesible desde múltiples dispositivos. La comprensión del masterplan, de las tipologías edilicias y de las relaciones espaciales ya no depende exclusivamente del lenguaje técnico ni de la interpretación de planos, sino que comienza a apoyarse en una experiencia navegable que permite comparar sectores, reconocer conexiones y anticipar posibles formas de uso del territorio. En este marco, el 3D interactivo se pone en juego como mediador entre el proyecto urbano y públicos no especializados, aunque sin eliminar completamente las distancias entre planificación y comprensión.

Al mismo tiempo, esta modalidad incide en la relación comercial. La posibilidad de recorrer unidades habitacionales, acceder a información sobre superficies, valores y disponibilidad, y alternar entre vistas urbanas y arquitectónicas introduce nuevas formas de vínculo con potenciales compradores. El sitio web deja de operar únicamente como espacio informativo y comienza a participar en procesos de captación y contacto, donde el usuario establece una relación preliminar con el proyecto antes de comunicarse con el equipo desarrollador. En este sentido, el entorno interactivo no solo presenta el proyecto, sino que también puede funcionar como una instancia previa de orientación, interés y decisión.

La presencia del proyecto +Colonia como caso destacado en la plataforma Vinode refuerza este cambio de escala en la relación con los públicos. Al igual que en el caso de Diego Viegas, la visibilidad en una plataforma internacional especializada amplía la

circulación del proyecto más allá del contexto local. En este sentido, el 3D interactivo comienza a operar también como un elemento de posicionamiento y legitimación, ya que no solo comunica el contenido del proyecto urbano, sino que también lo inscribe dentro de un ecosistema tecnológico asociado a la innovación, la visualización avanzada y las nuevas formas de presentación inmobiliaria y territorial.

Este esquema relacional introduce, a su vez, nuevas tensiones. No todos los usuarios están igualmente familiarizados con la navegación en entornos interactivos, lo que requiere estrategias complementarias: recorridos guiados, explicaciones asistidas o la coexistencia con imágenes estáticas y materiales tradicionales. La relación con los públicos se complejiza y obliga a considerar no solo el diseño del proyecto urbano, sino también el diseño de la experiencia digital y los niveles de alfabetización tecnológica de quienes lo exploran. En algunos casos, esta exploración más autónoma también puede producir nuevas incertidumbres: recorridos que los usuarios interpretan de manera distinta a la prevista, expectativas construidas a partir de imágenes demasiado acabadas o dificultades para comprender que el proyecto continúa siendo, en gran medida, una proyección en transformación.

En síntesis, el caso +Colonia permite indagar un modo particular de integración del 3D interactivo en proyectos urbanos de gran escala, donde la tecnología no se incorpora únicamente como un recurso auxiliar de representación, sino que comienza a vincularse con dimensiones territoriales, comunicacionales, comerciales e institucionales más amplias. A diferencia de prácticas centradas en trayectorias individuales, estudios profesionales pequeños o encargos arquitectónicos puntuales, aquí el 3D interactivo se despliega como una capa transversal que atraviesa el diseño urbano, la comunicación pública y la proyección estratégica del territorio.

La adopción del 3D interactivo se articula con una necesidad específica del proyecto: comunicar un desarrollo urbano de largo plazo en un contexto en el que su materialización física es todavía incipiente. En este marco, el entorno interactivo permite anticipar el territorio, habilitando su recorrido, su discusión y su interpretación antes de su construcción. Este proceso no surge de una exploración individual, sino de decisiones institucionales, técnicas y comunicacionales que se articulan entre distintas áreas del proyecto, colaboradores especializados e infraestructuras digitales externas.

El análisis del caso permite observar que el 3D interactivo participa en procesos de traducción territorial, donde el masterplan —habitualmente abstracto— se vuelve

accesible a través de experiencias espaciales navegables. A través del recorrido interactivo, el proyecto urbano puede ser explorado en relación con sus escalas, temporalidades, sectores, espacios públicos, unidades arquitectónicas y modos de habitar proyectados, sin que esta traducción elimine completamente las complejidades propias del proceso urbano.

Este proceso de traducción se vincula, además, con dinámicas de mediación entre actores diversos. El entorno interactivo funciona como un lenguaje compartido que permite articular el diálogo entre arquitectos, urbanistas, comunicadores, inversores, instituciones, potenciales habitantes y públicos no especializados. Al mismo tiempo, el caso permite advertir que esta mediación implica tensiones vinculadas a la alfabetización digital, la coexistencia de formatos, la necesidad de acompañar la experiencia de navegación y la dificultad de comunicar un proyecto que todavía se encuentra en transformación.

En este sentido, +Colonia permite advertir que, en proyectos urbanos de gran escala, el 3D interactivo no solo transforma la manera de representar el territorio, sino también las condiciones a partir de las cuales ese territorio comienza a existir socialmente. Antes de su construcción material, la ciudad ya puede ser recorrida, discutida, imaginada, evaluada e incluso comercializada a través de su entorno digital. La imagen interactiva deja entonces de operar únicamente como representación y comienza a intervenir en la producción comunicacional, institucional y simbólica del proyecto urbano.

Sin embargo, este proceso no aparece exento de tensiones. La construcción de una experiencia territorial anticipada depende de infraestructuras técnicas complejas, de procesos de aprendizaje organizacional, de condiciones de acceso digital y de decisiones institucionales que determinan qué aspectos del territorio se vuelven visibles y cuáles permanecen fuera de la experiencia. Más que resolver de manera definitiva los problemas de comunicación urbana, el caso +Colonia permite indagar cómo estas tecnologías reconfiguran las relaciones entre proyecto, territorio y públicos en el contexto latinoamericano contemporáneo.

6.3. El 3D interactivo como espacio cognitivo (Argentina)

6.3.1. Contexto

La práctica de Mario Astutti introduce una variación significativa dentro del conjunto de casos analizados, ya que permite observar una forma de adopción del 3D interactivo que no se organiza principalmente en torno a la comunicación profesional ni a la planificación territorial, sino a la experimentación artística, tecnológica y transdisciplinaria.

Mientras que en HASEN la maqueta digital se integra al flujo de trabajo de un estudio profesional, y en +Colonia el 3D interactivo funciona como infraestructura territorial y comunicacional, en Astutti estas tecnologías se desplazan hacia un campo experimental, donde el 3D no aparece principalmente como herramienta para comunicar un proyecto ya definido, sino como un entorno de exploración donde se ensayan nuevas relaciones entre imagen, cuerpo, espacio, tecnología y territorio.

A diferencia de otros casos del capítulo, cuya complejidad se manifiesta de manera más evidente en la escala profesional, urbana o institucional, el caso de Mario Astutti permite observar una forma de complejidad menos visible pero especialmente relevante para esta investigación: la densidad de una red transdisciplinaria de actores, saberes, tecnologías e instituciones. Su práctica no se organiza alrededor de un estudio profesional tradicional ni de un gran emprendimiento territorial, sino de procesos de experimentación donde confluyen arte, ciencia, tecnología, educación, comunidades, dispositivos de captura y espacios culturales. En este marco, el 3D interactivo no opera únicamente como herramienta de representación, sino como medio de articulación entre campos diversos, capaz de transformar objetos, cuerpos, materiales o territorios en experiencias compartidas de exploración y conocimiento. Por ello, el caso permite ampliar la noción de estructura proyectual compleja, mostrando que la complejidad no depende solo de la magnitud física o económica de un proyecto, sino también de la intensidad de las mediaciones que lo constituyen.

La trayectoria de Mario Astutti parece inscribirse en un campo profesional que no responde plenamente a las lógicas tradicionales de especialización disciplinar ni a los formatos institucionales clásicos del diseño, la arquitectura o el arte. Su práctica se aproxima a un territorio híbrido, atravesado por la experimentación tecnológica, la producción artística, la fabricación digital y el trabajo colaborativo con instituciones culturales, científicas y comunidades diversas. Más que presentarse como el resultado de una estrategia de diferenciación previamente definida, este posicionamiento puede

leerse como parte de un recorrido formativo y profesional marcado por la circulación entre múltiples entornos de producción, donde los límites entre disciplinas se vuelven porosos y móviles.

Astutti se forma inicialmente en el ámbito del diseño y la producción interdisciplinaria dentro de la agencia Sodapasta, un espacio de trabajo caracterizado por la convergencia entre tecnología, experimentación formal y proyectos de gran escala para marcas internacionales. En ese contexto, participa de equipos integrados por diseñadores, ingenieros, programadores, realizadores audiovisuales y especialistas técnicos, desarrollando dispositivos complejos que combinan imagen, cuerpo, espacio y tecnología. Esta experiencia temprana puede considerarse significativa para comprender su modo de trabajo posterior: lejos de concebir la tecnología como una herramienta aislada, Astutti parece aproximarse desde el inicio a una lógica de producción colectiva, donde el conocimiento se construye en red y las soluciones emergen del cruce de saberes heterogéneos. En este punto, el caso permite abrir una pregunta central para esta tesis: ¿cómo se adopta el 3D interactivo cuando la práctica proyectual no parte de una disciplina claramente delimitada, sino de un campo híbrido de experimentación entre arte, diseño, tecnología y territorio?

A diferencia de otros casos del capítulo, cuya complejidad se manifiesta de manera más evidente en la escala profesional, urbana o institucional, el caso de Mario Astutti permite observar una forma de complejidad menos visible pero especialmente relevante para esta investigación: la densidad de una red transdisciplinaria de actores, saberes, tecnologías e instituciones. Su práctica no se organiza alrededor de un estudio profesional tradicional ni de un gran emprendimiento territorial, sino de procesos de experimentación donde confluyen arte, ciencia, tecnología, educación, comunidades, dispositivos de captura y espacios culturales. En este marco, el 3D interactivo no opera únicamente como herramienta de representación, sino como medio de articulación entre campos diversos, capaz de transformar objetos, cuerpos, materiales o territorios en experiencias compartidas de exploración y conocimiento. Desde esta perspectiva, el caso amplía la noción de estructura proyectual compleja, mostrando que la complejidad no depende solo de la magnitud física o económica de un proyecto, sino también de la intensidad de las mediaciones que lo constituyen.

Desde aproximadamente 2014, Astutti comienza a integrar de manera sistemática tecnologías como el escaneo 3D, la fotogrametría, el modelado tridimensional, la realidad virtual y la fabricación digital en sus procesos creativos. Estas tecnologías aparecen en proyectos donde el registro de cuerpos, objetos, territorios o materialidades se transforma en insumo para producir nuevas experiencias visuales,

espaciales o inmersivas, más que en una representación cerrada de un objeto previamente definido.

Sin embargo, esta incorporación no responde a una demanda externa ni a la necesidad de optimizar tiempos ni de comunicar un encargo, sino a una búsqueda exploratoria vinculada a las posibilidades cognitivas y sensibles de la imagen digital. En su práctica, el 3D no aparece como un medio para representar un objeto previamente definido, sino como un entorno donde ese objeto se construye, se transforma y se problematiza.

El contexto en el que se inscribe el trabajo de Astutti está atravesado, además, por una fuerte dimensión experimental. Muchos de sus proyectos se desarrollan en condiciones de prueba, ensayo y error, sin resultados predeterminados ni formatos finales cerrados. Esta lógica lo distancia tanto del campo del diseño comercial como de la arquitectura proyectual tradicional, situándolo en una zona intermedia en la que el proceso adquiere mayor relevancia que el producto. En este sentido, al desplazarse de un registro estrictamente técnico, la tecnología parece abrir otros modos de uso y de utilidad, más híbridos, exploratorios y sensibles, que no responden a funciones previamente establecidas y que permanecen, en parte, indeterminados.

Este posicionamiento resulta especialmente relevante para el análisis de esta tesis, ya que amplía el espectro de prácticas en las que el 3D interactivo adquiere sentido. Mientras que en otros casos la incorporación de estas tecnologías responde a necesidades de comunicación, coordinación o gestión de la complejidad, en Astutti el 3D permite abrir la pregunta por su posible condición de espacio de pensamiento proyectual.

Su práctica permite explorar un escenario en el que la interactividad no se subordina a una estructura profesional preexistente, sino que contribuye a construir el propio marco de trabajo, habilitando modos de relación entre cuerpo, tecnología y territorio que parecen depender, en buena medida, de la mediación digital.

6.3.2. Adopción del 3D interactivo experimental

La adopción del 3D interactivo en la práctica de Mario Astutti no responde a una decisión puntual ni a la incorporación progresiva de una herramienta específica en un flujo de trabajo preexistente. A diferencia de los casos de HASEN Arquitectura o +Colonia, donde la adopción se vincula a necesidades estructurales de comunicación, coordinación o gestión de proyectos complejos, en Astutti el ingreso al 3D se despliega

como un proceso acumulativo, no lineal y profundamente exploratorio. En este punto, el caso permite preguntar qué significa adoptar el 3D interactivo cuando no existe un flujo de trabajo previamente estabilizado, sino una práctica que se arma proyecto a proyecto, entre experimentación técnica, búsqueda artística y colaboración transdisciplinaria.

Su aproximación a estas tecnologías se construye a partir de la experimentación con distintos dispositivos y técnicas —escaneo 3D, fotogrametría, modelado digital, simulación, realidad virtual— que se integran según las necesidades conceptuales de cada proyecto. Este proceso implicó tiempos de prueba extensos, errores técnicos recurrentes y ajustes sucesivos, en los que la inestabilidad de los dispositivos, las limitaciones de captura y la necesidad de rehacer modelos forman parte constitutiva del trabajo, introduciendo zonas de incertidumbre donde los resultados no siempre son previsibles.

A esto se suma la necesidad de acceder a equipamiento altamente especializado —en muchos casos adquirido en el extranjero o vinculado a circuitos tecnológicos de difícil acceso—, lo que implica no solo una inversión económica significativa, sino también una apuesta por tecnologías cuya continuidad, actualización o vigencia no está completamente asegurada en el tiempo. Esta situación introduce, además, una tensión entre centro y periferia: gran parte de las tecnologías necesarias para estos procesos se producen, distribuyen y actualizan fuera del contexto local, lo que obliga a trabajar en condiciones de dependencia técnica, demora e incertidumbre respecto de su continuidad.

No se identifica un “momento de adopción” claramente delimitado, sino una serie de aproximaciones sucesivas en las que el 3D comienza a ocupar un lugar cada vez más central como medio de investigación. En este sentido, la adopción puede pensarse menos como la incorporación de una herramienta y más como la configuración progresiva de un entorno técnico que se redefine constantemente en función de cada proyecto.

El caso de la Fotogrametría de la Cigarra resulta ilustrativo de esta lógica. Allí, la incorporación del 3D se inicia con el registro minucioso de un insecto mediante técnicas de fotogrametría de alta precisión, proceso que deriva en la construcción de un modelo digital detallado que luego se despliega en múltiples materialidades: visualizaciones navegables, animaciones y esculturas impresas en 3D (Figura 14). En este proceso, lo digital no se limita a reproducir un objeto existente, sino que comienza a intervenir en una cadena de transformaciones en la que se ponen en juego

dimensiones simbólicas, materiales y perceptivas. La captura inicial, el procesamiento de datos y la traducción entre formatos implicaron múltiples intentos fallidos, reformulaciones y decisiones técnicas que no solo condicionaron el ritmo del trabajo, sino que introdujeron tensiones entre precisión, legibilidad y materialización, obligando a redefinir continuamente los criterios de producción.

De manera similar, en sus experimentaciones con escáneres de luz estructurada —tecnologías originalmente desarrolladas para la industria automotriz— la incorporación del 3D implica un desplazamiento funcional. Astutti reapropia estos dispositivos para capturar cuerpos humanos, rostros y gestos, produciendo esculturas digitales y modelos tridimensionales que luego sirven como materia prima para obras interactivas e inmersivas (Figura 15). En este contexto, se abre la posibilidad de pensar que la tecnología no se incorpora únicamente por su eficiencia técnica, sino por su potencial para activar nuevas preguntas en torno a la corporalidad, la identidad y la presencia, aunque este proceso también expone límites en la captura, deformaciones y pérdidas que obligan a reconsiderar qué significa representar un cuerpo en entornos digitales.

La adopción del 3D interactivo se vincula así con una lógica de traducción constante entre campos. Tecnologías industriales se integran en prácticas artísticas; procedimientos técnicos se convierten en operaciones poéticas; modelos digitales devienen objetos físicos o entornos inmersivos. Esta movilidad técnica implica que cada proyecto redefine el modo de uso de las herramientas, evitando su fijación en protocolos estables y manteniendo un margen de indeterminación que forma parte del propio proceso.

En proyectos como *Fulguraciones*, realizados en colaboración con Renata Schussheim, el 3D interactivo se incorpora desde las etapas iniciales como un espacio de ensayo. Las figuras humanas escaneadas y modeladas digitalmente son trasladadas a entornos virtuales donde se experimentan posiciones, escalas, relaciones espaciales y condiciones de iluminación antes de materializar la instalación física (Figura 16). En este proceso, el 3D no se orienta a anticipar un resultado final cerrado, sino a explorar posibilidades, tensiones y recorridos para el espectador, en un contexto donde muchas decisiones se toman sin garantías previas, apoyadas en la experiencia acumulada y en la capacidad de ajustar sobre la marcha.

Figura 14

Fotogrametría de la Cigarra: modelo digital y objeto material derivado



Nota. La imagen muestra el modelo digital resultante y una de sus materializaciones físicas, impresa en 3D. El proyecto explora procesos de traducción entre la materia orgánica y el entorno digital, activando desplazamientos entre archivo, escultura y experiencia visual. Fuente: Mario Astutti, *Fotogrametría de la Cigarra*, registro del proyecto, 2022.

Figura 15

Escaneo 3D experimental de cuerpo humano mediante luz estructurada



Nota. Captura tridimensional de rostros y cuerpos humanos realizada con tecnologías de luz estructurada originalmente desarrolladas para la industria automotriz. En la práctica de Astutti, estos dispositivos son reapropiados con fines artísticos y experimentales, generando esculturas digitales que funcionan como materia prima para obras interactivas, visualizaciones inmersivas e instalaciones. Fuente: Mario Astutti, experimentaciones de escaneo corporal 3D, 2024.

Figura 16

Fulguraciones: modelado digital y simulación espacial previa a la instalación



Nota. Proyecto realizado en colaboración con Renata Schussheim y presentado en el Centro Cultural Borges (Buenos Aires). La figura articula el modelo tridimensional del cuerpo digitalizado y su simulación en un entorno virtual, utilizada como laboratorio para estudiar escala, iluminación, posición y relaciones espaciales antes de la

materialización de la instalación física. Fuente: Mario Astutti, *Fulguraciones*, registro del proceso de diseño y montaje, 2023.

Desde esta perspectiva, la adopción del 3D en la práctica de Astutti se despliega como un proceso abierto e intuitivo. Las herramientas se seleccionan, combinan y modifican según las preguntas que cada proyecto plantea. No se observa una jerarquía estable de técnicas ni una preferencia por plataformas específicas, sino una práctica que se sostiene en la experimentación continua y en la necesidad de confiar en el propio expertise para tomar decisiones en escenarios de incertidumbre. Esta condición no solo atraviesa la dimensión técnica, sino también la relación con quienes encargan o financian los proyectos, donde la comprensión del proceso no siempre es completa y la confianza se vuelve un elemento central para sostener el desarrollo de propuestas cuyos resultados no están totalmente definidos de antemano.

Este modo de adopción resulta especialmente relevante para la tesis en la medida en que permite ampliar la comprensión del 3D interactivo más allá de su dimensión instrumental. En el caso de Astutti, el 3D parece configurarse como un entorno en el que los problemas no solo se resuelven, sino que también se formulan y se transforman, sin que este proceso se estabilice completamente. Esta condición abre líneas de indagación en torno a los procesos de traducción tecnológica, de aprendizaje y a los efectos que estas prácticas pueden generar, aspectos que se desarrollan en los apartados siguientes.

6.3.3. Traducción: del cuerpo y la materia al entorno digital interactivo

En la práctica de Mario Astutti, la traducción no se limita a un pasaje técnico entre un objeto físico y su representación digital. A diferencia de los casos en los que el 3D interactivo traduce un proyecto para hacerlo comprensible a terceros —clientes, instituciones o usuarios finales—, aquí la traducción comienza a desplegarse como un proceso interno de investigación: al escanear un cuerpo, un insecto o una materialidad, el objeto no solo cambia de soporte, sino que se convierte en una superficie manipulable, ampliable y reconfigurable dentro del entorno digital. En este punto, se vuelve relevante considerar en qué medida traducir implica no tanto aclarar o simplificar, sino operar en un terreno donde intervienen desplazamientos, pérdidas y reformulaciones que no siempre pueden anticiparse completamente.

Este proceso se inicia, en muchos de sus proyectos, con la traducción de cuerpos, objetos naturales o gestos performáticos al entorno digital mediante técnicas de

escaneo 3D y de fotogrametría. Este pasaje no está exento de fricciones: problemas de captura, errores de reconstrucción, zonas faltantes o deformaciones inesperadas forman parte del proceso y condicionan las decisiones posteriores, incorporando el error como insumo activo del trabajo. Lejos de constituir un registro neutral, estas operaciones introducen una distancia productiva entre lo físico y lo digital. El objeto escaneado deja de estar sometido a las condiciones materiales originales —escala, gravedad, textura, estabilidad— y pasa a existir como una superficie explorable, fragmentable y reconfigurable, aunque atravesada por imprecisiones, vacíos de información y tensiones que obligan a redefinir continuamente qué se conserva y qué se pierde en ese pasaje.

En este contexto, las decisiones no responden únicamente a protocolos técnicos, sino que se apoyan en una forma de intuición que no es inmediata ni espontánea, sino construida a partir de la acumulación de saberes provenientes de distintos campos —video, cámara, fotografía, producción audiovisual, modelado, escultura— que se entrelazan en la práctica. Esta intuición orienta el proceso en escenarios donde los resultados no pueden preverse con exactitud, aunque al mismo tiempo expone la dificultad de operar en condiciones de alta indeterminación, donde cada ajuste puede alterar significativamente el resultado final. De algún modo esta intuición parece orientar decisiones como cuánto detalle conservar, qué errores aceptar, cuándo rehacer una captura, cómo iluminar una escena, qué escala utilizar o de qué manera trasladar el modelo hacia una instalación física.

En *Fotogrametría de la Cigarra*, esta lógica se manifiesta de manera explícita. El insecto, inicialmente capturado como entidad biológica, es traducido en un modelo tridimensional que puede ser ampliado, recorrido y materializado en distintos soportes (Figura 14). En este proceso, la traducción no se orienta únicamente a la fidelidad mimética, sino que da lugar a una serie de transformaciones en las que intervienen decisiones técnicas, interpretaciones y márgenes de error. El objeto natural comienza a operar como una especie de archivo expandido, aunque este pasaje no está exento de tensiones entre precisión, legibilidad y materialización, ni de la aparición de artefactos digitales que modifican su percepción. En este sentido, el modelo tridimensional no solo conserva o registra un objeto natural, sino que produce una forma particular de patrimonio digital, en la que el archivo deja de ser estático para transformarse en una experiencia navegable, ampliable y reconfigurable.

Algo similar ocurre en las experimentaciones de escaneo corporal, donde la traducción del cuerpo humano a un modelo tridimensional introduce una ruptura con las formas tradicionales de representación del retrato o de la anatomía (Figura 15). El cuerpo

digitalizado no parece orientarse a fijar una identidad ni a capturar una presencia estable, sino que comienza a operar como una entidad intermedia entre lo humano y lo técnico. Este cuerpo–dato puede ser suspendido, deformado, fragmentado o reubicado en entornos virtuales, generando un campo de exploración en el que la noción de corporalidad se vuelve inestable y relacional. Sin embargo, estas operaciones también ponen en evidencia límites técnicos, pérdidas de continuidad y distorsiones que no siempre pueden controlarse completamente, introduciendo un margen de incertidumbre en la representación.

La traducción también se produce entre disciplinas, lenguajes y regímenes de uso tecnológico. Herramientas desarrolladas para contextos industriales —como los escáneres de luz estructurada— son desplazadas hacia prácticas artísticas y culturales, donde sus funciones originales se desactivan o se reconfiguran. Este pasaje implica una traducción cultural y epistemológica en la que tecnologías pensadas para medir y controlar se insertan en procesos donde lo sensible, lo expresivo y lo incierto adquieren mayor protagonismo. Este desplazamiento no es lineal ni completamente estable, y puede implicar desajustes entre el funcionamiento esperado de la herramienta y los usos que se le asignan.

En proyectos como *Fulguraciones*, la traducción adquiere una dimensión espacial y temporal más compleja. Las figuras humanas escaneadas y modeladas digitalmente se trasladan a entornos virtuales donde se ensayan relaciones espaciales, escalas y condiciones lumínicas antes de la construcción de la instalación física (Figura 16). El entorno interactivo funciona como un espacio intermedio en el que el proyecto se piensa, se prueba y se ajusta. La traducción no se da en una única dirección —del modelo a la obra—, sino en un movimiento de ida y vuelta entre lo virtual y lo material, donde cada pasaje introduce variaciones que pueden desestabilizar decisiones previas y obligar a reformular el proyecto.

Este proceso exige decisiones constantes sobre qué aspectos del objeto o del cuerpo se conservan y cuáles se transforman en cada pasaje. Traducir implica seleccionar, enfatizar, omitir y reinterpretar, en un escenario donde no siempre es posible anticipar completamente los efectos de estas operaciones. El modelo 3D no actúa como reflejo de lo real, sino como una construcción situada, atravesada por criterios técnicos, estéticos y conceptuales que se redefinen a lo largo del proceso, muchas veces bajo condiciones de incertidumbre.

Desde una perspectiva interpretativa, el caso de Astutti permite explorar una modalidad de traducción en la que el 3D interactivo no media principalmente entre

actores externos, sino que comienza a organizar el propio proceso de pensamiento y de producción. En este marco, la traducción no necesariamente estabiliza el proyecto ni fija su sentido, sino que puede mantenerlo abierto, en estado de ensayo permanente. En este sentido, el 3D interactivo puede pensarse como un entorno cognitivo en el que las preguntas no siempre encuentran una resolución inmediata, y donde el conocimiento se construye en tensión con la imprecisión, el error y la exploración.

6.3.4. Aprendizaje: el 3D interactivo como proceso de investigación situada

En la práctica de Mario Astutti, el aprendizaje no aparece como una etapa diferenciada del proceso proyectual ni como un momento previo a la producción, sino que se entrelaza con el hacer mismo. A diferencia de modelos de adopción tecnológica basados en la capacitación formal, la transferencia de saberes o la adquisición progresiva de competencias específicas, aquí el aprendizaje comienza a desplegarse de manera situada, distribuida y estrechamente vinculado a la experimentación con los propios proyectos. En este punto, se vuelve relevante considerar en qué medida aprender implica operar en escenarios donde el conocimiento no está previamente estabilizado, sino que se construye en condiciones de incertidumbre.

El uso del 3D interactivo se vincula con este proceso como un motor de aprendizaje continuo, aunque no necesariamente lineal ni acumulativo. Cada obra introduce un conjunto singular de problemas técnicos, conceptuales y materiales que obligan a redefinir herramientas, métodos y criterios de trabajo. No parece haber un repertorio fijo de procedimientos que se apliquen de manera repetitiva; por el contrario, cada proyecto exige volver a aprender cómo escanear, cómo modelar, cómo simular, cómo materializar o cómo articular lo digital con lo físico. En este sentido, el conocimiento no se organiza como un manual de soluciones, sino como una experiencia que se construye en la práctica, con avances, retrocesos y reformulaciones.

Este aprendizaje se apoya fuertemente en el ensayo y el error. Las decisiones técnicas no se toman a partir de protocolos cerrados, sino mediante pruebas sucesivas que permiten evaluar qué efectos produce cada operación en el entorno digital y cómo estos efectos transforman la obra. El error no se presenta únicamente como una falla a corregir, sino como una instancia que introduce información relevante para el proceso. Sin embargo, este modo de operar también implica trabajar en condiciones donde los

resultados no siempre son previsibles, y donde cada decisión puede abrir nuevas dificultades en lugar de resolverlas.

En este sentido, el entorno 3D puede pensarse como un espacio de experimentación que permite ensayar hipótesis sin ciertas restricciones materiales, económicas o logísticas del mundo físico, aunque esta condición no elimina completamente el riesgo, sino que lo desplaza hacia otras dimensiones, vinculadas a la inestabilidad del modelo, a la incertidumbre de los resultados o a la necesidad de reinterpretar constantemente lo que ocurre en el entorno digital.

El carácter distribuido del aprendizaje resulta central en este caso. Astutti no aprende de manera aislada, sino en diálogo permanente con otros actores: técnicos en escaneo, programadores, performers, artistas visuales, científicos, diseñadores y artesanos que participan de los proyectos. Cada colaboración introduce saberes específicos que se integran al proceso, aunque no siempre de manera lineal ni completamente articulada. El conocimiento comienza a construirse en un entramado colectivo donde las contribuciones se superponen, se ajustan o incluso entran en tensión, desdibujando la idea de un control total sobre el proceso.

Asimismo, el aprendizaje se produce mediante la interacción directa con las herramientas. El 3D interactivo no funciona únicamente como un medio para ejecutar una idea previa, sino como un entorno que devuelve información constantemente: revela problemas de escala, de continuidad formal, de relación espacial o de percepción que solo emergen al navegar, simular o manipular el modelo. En este proceso, el conocimiento no se anticipa completamente, sino que aparece en la fricción entre la intención inicial y las respuestas no previstas que el entorno digital produce durante la interacción.

En proyectos como *Fotogrametría de la Cigarra* o *Fulguraciones*, el aprendizaje también se vincula con la comprensión de nuevas materialidades. El pasaje del modelo digital a la impresión 3D o a la instalación física introduce nuevas variables: peso, estabilidad, textura, comportamiento estructural. El entorno digital permite anticipar ciertos aspectos, pero no sustituye la experiencia material, lo que genera un movimiento de ida y vuelta en el que las decisiones deben ajustarse continuamente. En este tránsito, lo que parecía resuelto en el modelo puede reabrirse en la materialización, introduciendo nuevas instancias de aprendizaje.

Desde una perspectiva más amplia, el aprendizaje en la práctica de Astutti no se orienta exclusivamente a la eficiencia ni a la optimización de tiempos o recursos. Más

bien, parece vincularse con la expansión del campo proyectual, aunque este proceso no se presenta como lineal ni necesariamente acumulativo. Aprender implica también enfrentarse a lo que no funciona, a lo que no se logra estabilizar o a aquello que requiere ser replanteado. En este sentido, el 3D interactivo no transmite un saber ya constituido, sino que participa en su producción en condiciones de ensayo, incertidumbre y ajuste constante.

Este modo de aprendizaje resulta especialmente significativo para la tesis en la medida en que permite indagar una forma de apropiación tecnológica que no responde a modelos lineales ni acumulativos. El conocimiento no parece estabilizarse en estándares ni formalizarse completamente en procedimientos replicables, sino que permanece abierto, contextual y dependiente de cada situación. En este marco, el 3D interactivo puede pensarse como un entorno en el que el aprendizaje no se cierra, sino que se sostiene en una dinámica continua de exploración, error y reformulación.

6.3.5. Efectos: reconfiguración de los vínculos, los roles y la noción de “cliente”

En la práctica de Mario Astutti, los efectos del uso del 3D interactivo no se manifiestan principalmente en la optimización de procesos ni en la mejora de la comunicación con un cliente entendido en términos tradicionales. A diferencia de otros casos analizados en esta tesis, en los que el 3D actúa como mediador entre profesionales y comitentes, en este caso los efectos comienzan a desplegarse en una redefinición más amplia de los vínculos entre los distintos actores involucrados en el proyecto y, especialmente, en una transformación de la noción misma de destinatario del trabajo proyectual.

En muchos de sus proyectos, Astutti no trabaja para un cliente individual con una demanda claramente definida, sino para instituciones culturales, museos, equipos curatoriales, investigadores científicos o comunidades locales. En este contexto, el 3D interactivo no se limita a funcionar como herramienta de validación externa de una propuesta cerrada, sino que comienza a operar como un espacio compartido de exploración. El entorno digital se convierte en un lugar donde las decisiones se discuten, se prueban y se reformulan colectivamente, aunque este proceso no siempre resulta fluido y puede implicar desacuerdos, interpretaciones divergentes o dificultades para articular criterios entre actores con marcos de referencia distintos.

El uso de modelos tridimensionales interactivos permite que actores con saberes y lenguajes muy distintos participen en el proceso. Artistas, técnicos, curadores, científicos o performers pueden interactuar con el modelo, recorrerlo, señalar aspectos

problemáticos o proponer modificaciones desde su propio marco de referencia. En este sentido, el 3D puede pensarse como un objeto fronterizo que habilita el diálogo entre mundos heterogéneos, aunque esta mediación no garantiza una traducción completa entre ellos y, en algunos casos, puede poner en evidencia incompatibilidades, malentendidos o dificultades de interpretación que no se resuelven fácilmente en el proceso.

En proyectos como *Fulguraciones*, el entorno digital funciona como un espacio previo de negociación espacial y perceptiva. La simulación tridimensional permite anticipar cómo se relacionarán los cuerpos suspendidos, cómo incidirá la iluminación en la percepción del espectador y qué recorridos se habilitarán en el espacio expositivo. Este uso del 3D incide en la toma de decisiones colectivas: el proyecto comienza a discutirse a partir de la experiencia simulada, no solo a partir de descripciones verbales o bocetos bidimensionales. Sin embargo, estas discusiones no siempre derivan en acuerdos claros y, en algunos casos, pueden abrir nuevas incertidumbres o reformulaciones en lugar de cerrar decisiones de manera definitiva.

De manera similar, en *Fotogrametría de la Cigarra*, el modelo digital opera como mediador entre ámbitos que rara vez dialogan directamente: el científico, el artístico y el público en general. El entorno tridimensional permite que un objeto natural sea abordado simultáneamente como archivo biológico, como forma estética y como experiencia interactiva. Este desplazamiento amplía las posibilidades de lectura del objeto, aunque no necesariamente conduce a una interpretación compartida, sino que puede generar lecturas divergentes según el marco desde el cual cada actor se aproxima al modelo.

Estos usos también introducen un desplazamiento en el rol del propio Astutti. Lejos de posicionarse exclusivamente como proveedor de soluciones visuales, su función comienza a aproximarse a la de un coordinador de procesos o un mediador de experiencias. El 3D interactivo le permite establecer condiciones de encuentro, organizar instancias de exploración conjunta y acompañar a los distintos actores en la comprensión del proyecto. En este contexto, el control autoral se vuelve más poroso y distribuido, aunque no desaparece, sino que se redefine en relación con los intercambios, tensiones y negociaciones que se producen durante el proceso.

Desde esta perspectiva, los efectos del 3D interactivo no se limitan al resultado final de la obra, sino que inciden en la estructura misma del proceso proyectual. El entorno digital comienza a intervenir en los tiempos, los modos de discusión y las formas de participación, desplazando parcialmente la lógica secuencial tradicional del proyecto.

El proceso deja de organizarse de manera estrictamente lineal —idea, representación, ejecución— para desarrollarse como una serie de aproximaciones sucesivas, en las que el modelo interactivo funciona como soporte de reflexión, negociación y toma de decisiones colectivas. Sin embargo, este proceso no siempre resulta completamente controlable y puede introducir nuevas complejidades en la coordinación entre actores, en la interpretación del proyecto o en la toma de decisiones.

Este modo de operar contrasta con los casos de HASEN y de +Colonia. Mientras que en HASEN el 3D interactivo tiende a fortalecer la relación con el cliente al aclarar decisiones espaciales y reducir ciertos niveles de incertidumbre, y en +Colonia se articula como una interfaz estratégica entre proyecto urbano, mercado e instituciones, en Astutti el uso del 3D parece vincularse más con la apertura del proceso. En este sentido, se vuelve relevante considerar en qué medida esta apertura constituye una condición productiva o si, por el contrario, introduce nuevas tensiones en la articulación entre actores, saberes y expectativas.

En conjunto, el caso permite explorar cómo el 3D interactivo puede generar efectos que exceden la mejora de la comunicación o la eficiencia del diseño. Más que funcionar únicamente como herramienta al servicio de un encargo, el entorno digital comienza a operar como un espacio relacional que reconfigura los vínculos entre actores, redistribuye roles y habilita formas de participación más abiertas, aunque no exentas de tensiones, desajustes y zonas de incertidumbre.

El caso de Mario Astutti permite aproximarse a una modalidad particular de incorporación del 3D interactivo dentro del conjunto de experiencias analizadas en este capítulo. A diferencia de los estudios arquitectónicos o desarrollos urbanos, donde estas tecnologías se integran para optimizar flujos proyectuales, coordinar actores o comunicar propuestas complejas, en este caso el 3D interactivo comienza a configurarse como un espacio de investigación y pensamiento proyectual en sí mismo. La tecnología no se incorpora únicamente para resolver un problema previamente definido, sino que participa en la construcción de un terreno en el que ese problema puede emerger, transformarse o incluso desplazarse.

A lo largo del análisis, se advierte que la adopción del 3D en la práctica de Astutti no responde a una lógica estrictamente instrumental ni a una secuencia lineal de incorporación tecnológica. Más bien, se despliega como un proceso acumulativo, situado y abierto, en el que distintas herramientas —escaneo, fotogrametría, modelado, simulación, realidad virtual— se combinan de manera flexible según las

preguntas que cada proyecto plantea, sin que estas combinaciones se estabilicen completamente ni se traduzcan en modelos fácilmente replicables.

El proceso de traducción ocupa un lugar central en esta práctica. Los pasajes entre cuerpo, objeto natural, dato digital y materialización física no parecen orientarse a la fidelidad o equivalencia, sino que introducen desplazamientos perceptivos y conceptuales que reconfiguran la relación con el objeto. En este sentido, el 3D interactivo no necesariamente estabiliza el proyecto, sino que puede mantenerlo abierto, en tensión con sus propias transformaciones.

El aprendizaje que emerge de estos procesos no se organiza en torno a la adquisición progresiva de competencias técnicas, sino como un conocimiento situado que se construye en el hacer, en el ensayo y error y en la colaboración interdisciplinaria. Este conocimiento no siempre se formaliza en protocolos replicables, sino que permanece ligado a contextos específicos, a materiales particulares y a relaciones concretas entre actores.

En términos relacionales, el uso del 3D interactivo introduce desplazamientos en la noción misma de destinatario del proyecto. En lugar de un cliente que valida una propuesta cerrada, aparecen múltiples actores —artistas, técnicos, curadores, científicos, comunidades— que participan en el proceso en distintos niveles. El entorno digital se configura como una zona de encuentro donde se negocian sentidos, se prueban hipótesis y se toman decisiones colectivas, aunque sin eliminar completamente las tensiones entre los distintos marcos de referencia.

En el mapa general de esta investigación, el caso Astutti puede situarse hacia un extremo más abierto y experimental del espectro analizado. Mientras que en HASEN el 3D interactivo tiende a consolidarse como método dentro de una estructura arquitectónica profesional, y en +Colonia se articula como infraestructura estratégica para organizar y comunicar un proyecto territorial de gran escala, en Astutti el 3D se vincula con formas de exploración donde la interacción antecede a la forma y el proceso adquiere un peso significativo.

Este caso abre, finalmente, la posibilidad de pensar el 3D interactivo más allá de su función representacional. Más que ofrecer una respuesta cerrada, permite indagar cómo estas tecnologías pueden participar en la reorganización de prácticas, en la generación de aprendizajes situados y en la producción de conocimiento proyectual en contextos donde la estabilidad no está completamente garantizada.

6.4. El 3D interactivo en estructuras proyectuales complejas, síntesis.

A diferencia del bloque anterior —centrado en trayectorias individuales, procesos autodidactas y apropiaciones situadas—, los casos de HASEN Arquitectura, +Colonia y Mario Astutti permiten delinear un segundo modo de integración del 3D interactivo en el contexto latinoamericano. En este conjunto, la tecnología ya no emerge principalmente desde la exploración personal o la necesidad inmediata, sino que comienza a articularse en estructuras proyectuales más complejas, donde intervienen organizaciones profesionales, instituciones o configuraciones transdisciplinarias con cierto grado de estabilidad y continuidad.

En este marco, el 3D interactivo deja de presentarse como un recurso emergente para asumir funciones más estructuradas dentro del proceso proyectual. Según el caso, puede operar como método de trabajo, como infraestructura de comunicación o como entorno de pensamiento. En HASEN, se integra al flujo proyectual como herramienta sistemática para anticipar decisiones y reducir incertidumbre; en +Colonia, se expande a escala territorial como infraestructura estratégica de comunicación y proyección urbana; y en Astutti, se desplaza hacia un uso experimental, donde el 3D no estabiliza el proceso sino que lo mantiene abierto como espacio de exploración.

Estas diferencias permiten observar que la adopción del 3D interactivo no responde a un modelo único, sino a configuraciones diversas según las condiciones organizacionales, los objetivos del proyecto y los marcos de acción en los que se inserta. Sin embargo, en los tres casos se advierte un desplazamiento común: el 3D deja de operar exclusivamente como herramienta de representación para asumir un rol activo en la organización del proceso proyectual. La interactividad no solo permite visualizar, sino que interviene en la toma de decisiones, en la coordinación entre actores y en la construcción de conocimiento situado.

En este pasaje hacia estructuras proyectuales más complejas, las tensiones identificadas en el bloque anterior no desaparecen, sino que se reconfiguran. La relación entre centro y periferia, por ejemplo, deja de expresarse únicamente en términos de acceso a recursos o formación, y comienza a vincularse con la dependencia de infraestructuras tecnológicas, plataformas y redes globales que condicionan el desarrollo de los proyectos. Del mismo modo, la tensión entre lo artesanal y lo profesional no se resuelve completamente, sino que se desplaza:

incluso en contextos organizados, la incorporación del 3D interactivo continúa implicando procesos de ajuste, experimentación y aprendizaje en el hacer. Finalmente, las relaciones entre lo lúdico, lo virtual y lo patrimonial adquieren nuevas dimensiones, ya no solo como formas de exploración individual, sino como parte de estrategias comunicacionales, institucionales o territoriales. En este sentido, más que desaparecer, estas tensiones persisten bajo otras formas, evidenciando que la integración del 3D interactivo en estructuras complejas no elimina las condiciones de incertidumbre, sino que las reorganiza.

Al mismo tiempo, estos casos permiten identificar distintos modos de adopción que anticipan algunos de los patrones que serán desarrollados en el análisis comparativo de la tesis. Por un lado, se observa una integración del 3D en estructuras profesionales consolidadas, donde la tecnología se articula con metodologías existentes (HASSEN). Por otro, aparece como infraestructura institucional vinculada a la comunicación, la proyección y la gestión territorial (+Colonia). Finalmente, se configura como entorno experimental, donde el 3D no se estabiliza sino que se redefine constantemente en el proceso (Astutti). Más que categorías cerradas, estas configuraciones permiten reconocer distintas formas de apropiación que coexisten dentro del contexto latinoamericano.

En conjunto, estos casos permiten reconocer que el 3D interactivo no solo acompaña el aumento de la escala y la complejidad proyectual, sino que participa activamente en la redefinición de lo proyectual como práctica. Este desplazamiento se vincula directamente con el problema central de la tesis: la adopción del 3D interactivo no implica únicamente la incorporación de una nueva tecnología, sino una reconfiguración de los modos de proyectar, comunicar y organizar el trabajo.

En este contexto, lo virtual adquiere un lugar particularmente relevante. A diferencia de los casos anteriores, donde funcionaba principalmente como soporte de aprendizaje o circulación, aquí comienza a operar como una dimensión estructural del proceso proyectual. Ya sea como maqueta navegable, entorno territorial o espacio de experimentación, lo virtual no aparece como instancia posterior, sino como un ámbito donde se construyen decisiones, se articulan actores y se anticipan escenarios. De manera menos visible, se convierte en el elemento común que atraviesa estas prácticas, reorganizando las relaciones entre representación, experiencia y producción del proyecto.

Sin embargo, la integración del 3D interactivo en estructuras complejas no elimina las tensiones, sino que las desplaza. La coordinación entre actores, la interpretación de los modelos, la articulación entre lo digital y lo material, la dependencia de infraestructuras técnicas o las dificultades para estabilizar ciertos procedimientos continúan siendo espacios de negociación. Más que resolver definitivamente los problemas del proyecto, el 3D interactivo reconfigura las condiciones en las que ese proyecto se piensa, se comunica y se produce.

En este sentido, los casos no conducen a una forma única de estabilización. Mientras que en HASEN el 3D tiende a consolidarse como método dentro de una estructura profesional, en +Colonia se convierte en una infraestructura que organiza la construcción simbólica y comunicacional del territorio, y en Astutti permanece como un entorno abierto, donde la incertidumbre y la experimentación continúan siendo centrales. Esta diversidad resulta clave para la tesis, ya que muestra que el 3D interactivo no produce un único modelo de práctica, sino formas múltiples —y a veces contradictorias— de reorganizar el trabajo proyectual contemporáneo.

A partir de estas experiencias, se abre una nueva pregunta para el desarrollo de la investigación: ¿qué ocurre cuando estas formas de integración tecnológica se sistematizan, se comparan y se analizan en conjunto? ¿Qué patrones, tensiones y regularidades pueden identificarse en los modos de adopción del 3D interactivo en América Latina? Estas cuestiones serán abordadas en el capítulo siguiente, donde se construye una lectura transversal de los casos.

Capítulo 7

¿Qué patrones de adopción del 3D interactivo emergen en las prácticas proyectuales latinoamericanas?

7.1. Introducción

En el capítulo anterior se presentaron los casos de estudio de manera individual, atendiendo a sus contextos, trayectorias, tecnologías utilizadas y modos específicos de adopción del 3D interactivo en América Latina. Esa lectura permitió comprender cada experiencia en su singularidad: desde trayectorias autodidactas y experimentales hasta estudios profesionales que incorporan la maqueta digital como herramienta de comunicación, proyectos urbanos que utilizan entornos interactivos para anticipar territorios futuros y prácticas artísticas donde el 3D funciona como laboratorio de exploración.

En este capítulo, la lectura avanza desde la reconstrucción singular de cada caso hacia una interpretación transversal del conjunto. El objetivo es poner en relación las experiencias analizadas para reconocer patrones, tensiones y recurrencias en los modos de adopción del 3D interactivo en prácticas proyectuales latinoamericanas. Esta comparación no busca homogeneizar los casos ni establecer una secuencia evolutiva, sino comprender cómo distintas trayectorias profesionales, escalas de proyecto, condiciones técnicas y formas de colaboración configuran modos situados de apropiación tecnológica.

Para ello, el análisis se organiza en tres dimensiones derivadas de los núcleos problemáticos de la investigación: la traducción tecnológica, la mediación entre actores y la formalización del conocimiento. Estas dimensiones permiten observar cómo las herramientas 3D interactivas son incorporadas, ajustadas y resignificadas en cada contexto; cómo modifican las relaciones entre profesionales, clientes, usuarios, instituciones o equipos técnicos; y cómo los aprendizajes producidos en la práctica pueden estabilizarse en criterios, rutinas, recursos o métodos de trabajo.

A partir de esta lectura transversal, el capítulo busca identificar configuraciones emergentes de adopción tecnológica. En ese recorrido se abren algunas preguntas orientadoras: ¿en qué se parecen y en qué se diferencian los modos de adopción observados en los casos? ¿Qué patrones comienzan a repetirse entre trayectorias

individuales, estudios profesionales, proyectos urbanos y prácticas experimentales? ¿Qué formas de traducción, mediación y aprendizaje se estabilizan, y cuáles permanecen abiertas o en disputa? Estas preguntas permiten poner en relación tensiones que atraviesan el conjunto: entre exploración individual e institucionalización profesional, entre herramientas globales y apropiaciones locales, entre representación y experiencia, y entre el 3D interactivo como recurso puntual y como parte de una infraestructura de trabajo más amplia.

Desde el enfoque interpretativo y reconstructivo de la investigación, esta lectura dialoga con la lógica propuesta por Samaja (1993) y con la noción de “situaciones de investigación” de Ynoub (2007). Los casos no se entienden aquí como unidades cerradas, sino como configuraciones complejas en las que convergen actores, tecnologías, discursos, plataformas, condiciones materiales y prácticas profesionales. Por ello, la comparación no busca establecer una clasificación rígida ni una secuencia evolutiva, sino recomponer el fenómeno de la adopción tecnológica a partir de sus múltiples expresiones: experimentales, profesionales, institucionales, territoriales y simbólicas.

Las tablas comparativas que acompañan el capítulo funcionan como instrumentos de lectura interpretativa: permiten ordenar relaciones, contrastes y recurrencias entre los casos, sin reemplazar el análisis cualitativo.

En síntesis, este capítulo propone una lectura transversal de los casos con el propósito de interpretar cómo se configuran, se traducen y se formalizan las prácticas de adopción del 3D interactivo en América Latina. La secuencia del capítulo —lectura por dimensiones, comparación entre casos e identificación de patrones— busca mostrar que estas tecnologías no se incorporan como herramientas neutras ni producen transformaciones automáticas. Por el contrario, adquieren sentido en contextos concretos de uso, donde redefinen modos de colaborar, traducir, aprender, comunicar, validar y proyectar. A partir de esta lectura, el capítulo permite avanzar hacia una comprensión más amplia de los patrones de adopción tecnológica y de las tensiones que atraviesan la práctica proyectual contemporánea en la región.

7.2. De los casos a los patrones: dimensiones para una lectura transversal

7.2.1. ¿De qué manera las interacciones configuran redes de apropiación tecnológica?

Esta primera dimensión permite observar cómo la adopción del 3D interactivo no depende únicamente de una decisión individual ni del acceso a una herramienta específica, sino de las redes de actores, plataformas, saberes, dispositivos e instituciones que hacen posible su incorporación. En este marco, una red no se entiende solo como un conjunto de personas conectadas entre sí, sino como una configuración sociotécnica donde intervienen profesionales, clientes, comunidades, software, hardware, plataformas de publicación, motores gráficos, recursos económicos, formas de aprendizaje y condiciones materiales de trabajo. Esta lectura retoma la perspectiva sociotécnica desarrollada en el marco teórico, según la cual la tecnología no actúa como instrumento aislado, sino como parte de un entramado de actores humanos y no humanos que intervienen en la configuración de la práctica proyectual (Latour, 2005). Por ejemplo, en una maqueta digital compartida en línea no actúan solamente el arquitecto y el cliente: también intervienen la plataforma que aloja el modelo, la conectividad disponible, los criterios de navegación, los saberes técnicos del profesional, las expectativas del usuario y las posibilidades de actualización del sistema.

Desde esta perspectiva, el eje de interacción estudia cómo se organizan esas relaciones y qué formas de colaboración, mediación o dependencia emergen en cada caso. La pregunta no es solo quién usa el 3D interactivo, sino con quiénes, a través de qué medios, bajo qué condiciones y con qué efectos sobre la comunicación, la toma de decisiones y la validación del proyecto. Al comparar los casos, se advierte que estas redes adoptan formas diversas: en algunos casos se organizan desde aprendizajes autodidactas y comunidades abiertas; en otros, desde estructuras profesionales e institucionales; y en otros, desde configuraciones transdisciplinarias donde arte, tecnología, territorio y comunicación se articulan de manera situada.

A partir de esta dimensión, se abren algunas preguntas que conectan con los problemas más amplios de la tesis: ¿qué actores intervienen en la adopción del 3D interactivo y qué roles asumen en cada contexto? ¿De qué manera las redes de colaboración condicionan las posibilidades de apropiación tecnológica? ¿Qué diferencias aparecen entre aprender desde comunidades abiertas, integrar la tecnología en estudios profesionales o incorporarla en proyectos urbanos e institucionales? ¿Hasta qué punto estas redes permiten sostener la adopción

tecnológica y cuándo, por el contrario, evidencian desigualdades de acceso, dependencia técnica o fragilidad organizacional?

Redes autodidactas y abiertas: aprender, probar y sostener la práctica

Un primer modo de interacción que observamos corresponde a las redes autodidactas y abiertas, donde la adopción del 3D interactivo se sostiene en comunidades digitales, aprendizajes informales y procesos de experimentación personal. En estos casos, la red no aparece como una estructura institucional formalizada, sino como un entorno de apoyo distribuido que permite aprender, probar, publicar y sostener una práctica profesional en transformación.

Este modo se observa en trayectorias como las de Diego Viegas y Natalia Martínez Hurtado, aunque con orientaciones diferentes. En Viegas, la práctica se construye desde Bariloche, en una posición periférica respecto de los centros tradicionales de producción tecnológica y artística. Su aprendizaje se apoya en plataformas abiertas, foros, comunidades online y circulación horizontal del conocimiento. La red funciona como un espacio de acceso a saberes técnicos que no necesariamente provienen de instituciones formales, sino de comunidades de práctica, tutoriales, intercambios entre pares y experimentación sostenida.

En Natalia Martínez Hurtado, la adopción se vincula con una transformación progresiva del perfil profesional. La interacción no ocurre solo con otros actores humanos, sino también con plataformas como Sketchfab, Wix o KeyShotXR, que funcionan como espacios de aprendizaje, visibilidad y redefinición del oficio. En este caso, la red permite traducir una trayectoria previa vinculada al dibujo, la representación y el diseño hacia nuevas formas de presentación profesional en entornos digitales.

En ambos casos, la adopción tecnológica depende en gran medida de la capacidad individual para buscar, seleccionar y traducir conocimientos dispersos. Esta condición abre posibilidades de autonomía y reinención profesional, pero también introduce tensiones. El aprendizaje depende del tiempo disponible, del acceso a equipos, de la conectividad, de la comprensión de lenguajes técnicos y de la capacidad de convertir saberes fragmentarios en una práctica profesional viable. Por ello, estas redes muestran simultáneamente una potencia democratizadora y una fragilidad estructural: permiten acceder a herramientas globales, pero dejan buena parte del proceso de apropiación en manos del esfuerzo individual.

Redes profesionales e institucionales: coordinar, comunicar y validar

Un segundo modo de interacción aparece en redes profesionales e institucionales, donde el 3D interactivo se integra a flujos de trabajo más organizados y a procesos de comunicación con clientes, equipos técnicos o públicos específicos. A diferencia de las redes autodidactas, aquí la interacción no se orienta principalmente al aprendizaje inicial de la herramienta, sino a su integración dentro de un sistema de producción, validación y toma de decisiones.

En HASEN Arquitectura, la maqueta digital opera como mediadora entre arquitectos y clientes. Permite revisar decisiones, anticipar conflictos, construir una comprensión compartida del proyecto y reducir la distancia entre el lenguaje técnico del estudio y la experiencia cotidiana del usuario. La interacción se organiza alrededor de un modelo que no solo muestra el proyecto, sino que habilita preguntas, ajustes y formas de validación temprana.

En Marco Virtual, la red profesional se articula de otro modo: allí convergen saberes provenientes del videojuego, la programación, la visualización y la arquitectura. La lógica del gaming no se incorpora como entretenimiento, sino como una estructura de navegación y simulación que permite producir experiencias espaciales recorribles. En este caso, la interacción se sostiene en la traducción entre campos profesionales distintos y en la capacidad de articular lenguajes técnicos que no pertenecen originalmente al campo arquitectónico.

En +Colonia, esta red se amplía hacia una escala territorial e institucional. Intervienen desarrolladores, arquitectos, comunicadores, plataformas, inversores, instituciones y públicos diversos en torno a la construcción digital de una ciudad futura. La interacción ya no se limita al vínculo entre profesional y cliente, sino que se despliega en una red más compleja donde el entorno 3D interactivo funciona como infraestructura de comunicación, anticipación y posicionamiento institucional.

En este segundo modo, el 3D interactivo funciona como una interfaz común que permite poner en relación lenguajes técnicos, comerciales, proyectuales e institucionales. En lugar de limitarse a mostrar un resultado final, el modelo navegable o el entorno digital participa en reuniones, presentaciones, validaciones tempranas, procesos de venta, comunicación pública o toma de decisiones. Sin embargo, esta integración también genera nuevas exigencias: requiere coordinación entre actores, criterios de actualización, mantenimiento técnico, acompañamiento de la experiencia y acuerdos sobre qué se muestra, cómo se muestra y qué expectativas produce.

Redes transdisciplinarias y experimentales: abrir preguntas y producir conocimiento situado

Un tercer modo de interacción corresponde a redes transdisciplinarias y experimentales, donde la tecnología funciona como espacio de articulación entre saberes heterogéneos. En este tipo de experiencias, el 3D interactivo no se incorpora únicamente para resolver un problema proyectual predefinido, sino para abrir preguntas, ensayar materialidades, registrar cuerpos, explorar territorios o construir experiencias sensibles.

El caso de Mario Astutti permite observar con claridad esta modalidad. Su práctica convoca artistas, científicos, educadores, técnicos, comunidades e instituciones culturales, y muestra cómo el 3D interactivo puede operar como lenguaje compartido entre campos que no siempre comparten los mismos códigos. La interacción no se limita a coordinar tareas, sino que participa en la construcción misma del proyecto y del conocimiento que emerge de él.

A diferencia de las redes profesionales más orientadas a la comunicación con clientes o a la validación comercial, en estas redes la experimentación ocupa un lugar central. El conocimiento se produce en el cruce entre tecnologías, cuerpos, objetos, materiales, archivos, territorios y públicos. La red no funciona solo como soporte de producción, sino como laboratorio situado donde cada proyecto redefine sus propias condiciones de trabajo.

Esta modalidad permite observar que la adopción del 3D interactivo también puede activar formas de investigación proyectual. La tecnología no se limita a representar algo previamente definido, sino que habilita procesos de indagación en los que el resultado no siempre está cerrado desde el inicio. Sin embargo, esta apertura también introduce fricciones: cada disciplina aporta tiempos, lenguajes, criterios de validación y expectativas distintas. La colaboración exige negociar continuamente los objetivos, los métodos y los sentidos del proyecto.

Estos patrones no deben entenderse como categorías cerradas ni excluyentes. Por el contrario, permiten reconocer distintas configuraciones sociotécnicas de adopción tecnológica en América Latina, atravesadas por tensiones entre centro y periferia, experimentación e institucionalización, aprendizaje informal y profesionalización, herramientas globales y apropiaciones locales. La interacción no aparece entonces como un aspecto secundario del proceso, sino como una condición de posibilidad: el 3D interactivo se adopta, se transforma y se estabiliza en la medida en que logra

articular redes humanas, técnicas e institucionales capaces de darle sentido dentro de cada práctica.

En este marco, la Tabla 7 sintetiza los modos de interacción y colaboración presentes en los seis casos analizados. La tabla no busca ordenar los casos en una jerarquía evolutiva, sino mostrar distintas configuraciones relacionales a partir de las cuales el 3D interactivo adquiere funciones específicas en la práctica proyectual latinoamericana.

Tabla 7

Redes: Modos de interacción y colaboración en la adopción del 3D interactivo en América Latina

Caso / Actor principal	Tipo de red o colaboración	Mediaciones tecnológicas	Actores implicados	Forma de adopción del 3D interactivo	Valor o aporte principal
Diego Viegas (Argentina)	Autogestiva / comunidad digital autodidacta	Plataformas abiertas, foros, software libre, motores 3D	Artistas digitales, científicos, comunidad online	Aprendizaje experimental y colaborativo; producción colectiva de conocimiento	Democratización del saber técnico y circulación horizontal del conocimiento.
Mario Astutti (Argentina)	Transdisciplinaria / comunitaria	Escáner 3D, fotogrametría, VR, laboratorios colaborativos	Artistas, científicos, educadores, comunidad es locales	Integración del 3D en proyectos artísticos y educativos situados	Mediación cultural y cocreación entre arte, ciencia y territorio.
Hasen (México)	Institucional / profesional	SketchUp, Enscape, Unreal Engine, Twinmotion	Arquitectos, diseñadores, clientes	Uso del 3D interactivo como interfaz de comunicación proyectual	Profesionalización del render interactivo y validación del diseño con el cliente.
José Ripalda (México–Perú)	Interdisciplinaria / híbrida (arte–videojuego–arquitectura)	Unity, Unreal Engine, modelado 3D interactivo	Diseñadores, programadores, arquitectos	Transferencia de tecnologías del gaming al entorno arquitectónico	Innovación a través de la convergencia entre industrias creativas.
+Colonia (Uruguay)	Colaborativa / institucional y comunitaria	Gemelos digitales, recorridos inmersivos,	Desarrolladores, arquitectos, instituciones	Uso del 3D interactivo para comunicación y	Ampliación de la comunicación pública del proyecto

		modelado urbano	s públicas y ciudadanía	participación territorial	urbano mediante visualización 3D.
Natalia Martínez Hurtado (Colombia)	Individual / red de aprendizaje guiado	Sketchfab, Wix, KeyShotXR, plataformas de visualización online	Diseñadora, mentores, comunidad virtual	Adopción progresiva del 3D interactivo en la práctica profesional individual	Transformación del perfil profesional y empoderamiento digital.

Nota. Elaboración propia a partir de las entrevistas y el relevamiento documental realizado para la presente investigación.

Como se desprende de la Tabla 7, los casos configuran un mapa heterogéneo de interacciones en el que el 3D interactivo opera como una tecnología relacional. En algunos casos, habilita aprendizajes autodidactas y circulación horizontal del conocimiento; en otros, fortalece la comunicación profesional y la validación con clientes; y en otros, permite articular redes institucionales, territoriales o transdisciplinarias. Estas diferencias se vuelven visibles en situaciones concretas: desde el aprendizaje apoyado en comunidades digitales y plataformas abiertas, hasta la maqueta digital utilizada para orientar decisiones con clientes, el entorno urbano interactivo empleado para comunicar un territorio futuro o las prácticas experimentales que conectan arte, ciencia y tecnología. El proceso de adopción no responde, por lo tanto, a una trayectoria evolutiva homogénea, sino a distintas configuraciones sociotécnicas de colaboración en las que cada entorno redefine el sentido, los usos y los alcances del 3D interactivo según sus condiciones materiales, organizativas y simbólicas.

7.2.2. ¿Cómo se traducen las tecnologías 3D interactivas en cada contexto de práctica?

Esta segunda dimensión permite observar cómo las tecnologías 3D interactivas no se incorporan de manera directa, neutral ni estandarizada en las prácticas proyectuales. Su adopción implica procesos de traducción, adaptación y resignificación, en los que cada actor ajusta la herramienta a sus propios objetivos, recursos, lenguajes y condiciones de trabajo. En este sentido, traducir una tecnología no significa únicamente aprender a usar un software, sino transformar sus posibilidades técnicas en funciones concretas dentro de una práctica situada.

Desde esta perspectiva, la traducción tecnológica se entiende como un proceso de ajuste entre herramientas, saberes previos, necesidades proyectuales y contextos de uso. Esta idea se vincula directamente con la pregunta central de la tesis: ¿cómo se adoptan, integran y resignifican las tecnologías de imágenes 3D interactivas en línea en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina? Una misma tecnología puede adquirir funciones muy distintas según el caso: puede convertirse en maqueta digital para dialogar con clientes, en entorno navegable para comunicar una ciudad futura, en laboratorio de exploración artística, en interfaz de simulación arquitectónica o en plataforma de visibilidad profesional. Por eso, la pregunta central de esta dimensión no es solo qué tecnología se utiliza, sino qué función termina adquiriendo dentro de cada práctica y qué transformaciones produce en los modos de representar, comunicar, aprender o validar el proyecto.

A partir de esta lectura, surgen algunas preguntas que orientan el análisis: ¿qué ocurre cuando tecnologías provenientes de campos como el videojuego, la simulación, la fotogrametría o la visualización online ingresan en prácticas de arquitectura, diseño, arte o urbanismo? ¿Qué se conserva de sus usos originales y qué se modifica en el proceso de adopción? ¿De qué manera estas herramientas globales son reinterpretadas desde condiciones latinoamericanas específicas? ¿Qué patrones de traducción permiten reconocer los casos cuando se leen en conjunto?

Un primer patrón puede entenderse como una traducción del lenguaje técnico hacia lenguajes proyectuales y comunicacionales. En este grupo, el 3D interactivo deja de funcionar únicamente como recurso técnico de visualización y comienza a operar como mediador entre profesionales y destinatarios del proyecto. En HASEN, por ejemplo, la maqueta digital interactiva traduce planos, proporciones y decisiones espaciales en una experiencia navegable que permite mejorar la comprensión del cliente y anticipar ajustes proyectuales. En este caso, la traducción no consiste solo en pasar de un modelo técnico a una imagen más atractiva, sino en convertir el proyecto en una herramienta de conversación, validación y toma de decisiones.

Algo similar, aunque en otra escala, ocurre en +Colonia. Allí, lo que se traduce no es una vivienda o un edificio, sino un masterplan urbano de gran complejidad. El entorno 3D interactivo transforma información territorial, arquitectónica, comercial e institucional en una experiencia digital navegable, capaz de hacer visible una ciudad que todavía no existe materialmente. En este caso, la traducción tecnológica articula comunicación, anticipación y legitimación: permite explicar el proyecto, pero también proyectar una imagen de capacidad técnica, organización institucional y orientación hacia el futuro.

Un segundo patrón corresponde a la traducción entre campos culturales y profesionales distintos. En el caso de José Ripalda, las lógicas provenientes del videojuego —navegación, inmersión, interacción, motores gráficos y experiencia espacial— se trasladan al campo arquitectónico. Esta traducción no implica copiar el lenguaje del gaming, sino reubicarlo en una práctica proyectual donde el espacio ya no se representa solo como imagen estática, sino como entorno recorrible. Así, tecnologías y saberes asociados al ocio digital se resignifican como recursos para la comunicación arquitectónica, la simulación y la exploración espacial.

Este desplazamiento también permite reconocer una tensión más amplia entre lo lúdico y lo profesional. La navegación, la exploración libre y la experiencia inmersiva provienen de lenguajes asociados al videojuego, pero en los casos analizados se reorientan hacia fines proyectuales, comerciales, urbanos o culturales. En este pasaje, el 3D interactivo se convierte en un lenguaje híbrido: conserva rasgos de la cultura digital y de la experiencia interactiva, pero adquiere nuevas funciones dentro del campo de la arquitectura, el diseño y la planificación.

Un tercer patrón puede observarse en las traducciones del objeto, el cuerpo o la materia hacia entornos digitales manipulables. En las prácticas de Mario Astutti y Diego Viegas, el 3D interactivo no se orienta principalmente a comunicar un proyecto arquitectónico a un cliente, sino a explorar nuevas formas de conocimiento visual, sensible o material. En Astutti, tecnologías como el escaneo 3D, la fotogrametría, la realidad virtual o la fabricación digital permiten traducir cuerpos, objetos naturales y gestos performáticos en entidades digitales que pueden ser ampliadas, deformadas, recorridas o materializadas nuevamente. La traducción no busca simplificar una información técnica, sino abrir un campo de experimentación donde el objeto se transforma en el proceso.

En el caso de Diego Viegas, la traducción se produce en el cruce entre arte, ciencia y divulgación tecnológica. Los modelos 3D generados a partir de escaneo o fotogrametría no funcionan solo como réplicas digitales de lo existente, sino como materiales de conocimiento que permiten observar, compartir y experimentar objetos desde nuevas perspectivas. En estos casos, traducir implica transformar datos, cuerpos o materialidades en experiencias perceptivas, educativas o patrimoniales, donde el 3D interactivo amplía las formas de acceso y circulación del conocimiento.

Un cuarto patrón se vincula con la traducción de la trayectoria profesional y la identidad del diseñador. En el caso de Natalia Martínez Hurtado, la adopción de plataformas interactivas no solo transforma las herramientas de trabajo, sino también

la manera de presentarse profesionalmente, comunicar servicios y sostener una práctica en entornos digitales. El pasaje desde el dibujo técnico, el render estático o los modos tradicionales de presentación hacia plataformas como Sketchfab, Wix o KeyShotXR puede leerse como una forma de traducción del propio perfil profesional. En este sentido, traducir una herramienta también implica traducirse a sí misma dentro de un nuevo ecosistema de visibilidad, aprendizaje y comunicación.

En conjunto, estos patrones de traducción permiten reconocer tanto similitudes como diferencias entre los casos. En todos ellos, el 3D interactivo exige algún tipo de ajuste entre la herramienta y la práctica: ningún caso muestra una adopción directa, automática o completamente estandarizada. Sin embargo, las formas que asume esa traducción varían significativamente. En algunos casos, la tecnología se orienta a mejorar la comunicación con clientes; en otros, a construir experiencias urbanas anticipadas; en otros, a explorar cuerpos, objetos o materialidades; y en otros, a redefinir la visibilidad y la identidad profesional. Esta diversidad muestra que la traducción no consiste solo en trasladar una tecnología de un campo a otro, sino en hacerla operar dentro de una red concreta de actores, saberes, expectativas y condiciones materiales.

En un plano más general, estos procesos permiten comprender que la traducción tecnológica no consiste solamente en adaptar una herramienta a una práctica existente, sino en reorganizar las relaciones entre representación, oficio, comunicación y decisión proyectual. Al incorporar el 3D interactivo, el profesional no traduce únicamente un plano, un modelo, un objeto o un territorio hacia una experiencia navegable; también traduce modos de mirar, de explicar, de orientar la comprensión y de construir acuerdos con otros actores. En ese pasaje, algo se amplía y algo se tensiona. Se gana legibilidad espacial, capacidad de anticipación, posibilidad de participación y mayor cercanía con clientes, usuarios o públicos no especializados. Pero también se pierde parte del control sobre la lectura de la imagen, se multiplican las interpretaciones posibles y se generan nuevas expectativas sobre proyectos que todavía no existen materialmente. Por ello, la traducción mediante el 3D interactivo interpela al oficio proyectual: el arquitecto o diseñador ya no solo representa una decisión, sino que diseña las condiciones para que esa decisión pueda ser recorrida, comprendida, discutida y validada por otros.

Desde esta perspectiva, los casos permiten comprender que la adopción tecnológica no ocurre cuando una herramienta simplemente se instala, se aprende o se incorpora al flujo de trabajo, sino cuando logra adquirir una función situada dentro de la práctica. En el caso del 3D interactivo en línea, esa función no se limita a mejorar la

representación ni a volver más atractiva una imagen técnica: introduce una nueva condición virtual para la comunicación del proyecto. No se trata solo de que el modelo pueda recorrerse, sino de que la imagen adquiere una forma de existencia distinta: puede circular, ser consultada, compartida, reinterpretada y permanecer disponible más allá del momento puntual de la reunión, la entrega o la explicación profesional. En ese pasaje, el profesional no traduce únicamente planos, modelos o datos hacia una visualización navegable; también traduce decisiones proyectuales, criterios de oficio, lenguajes técnicos y expectativas de uso hacia un medio que posee reglas e incertidumbres propias. La representación deja de ser una pieza cerrada y comienza a operar como un relato interactivo en línea, donde el proyecto se vuelve parcialmente habitable, discutible y actualizable antes de su materialización. Esto modifica la manera de mirar, porque la imagen ya no se organiza solo desde un punto de vista controlado; modifica la relación con el oficio, porque el arquitecto o diseñador debe construir condiciones de comprensión, orientación y validación; y modifica la relación con el cliente, usuario o público, porque este ya no se ubica solamente frente a una imagen, sino ante un entorno que puede interpretar activamente. Allí aparece una tensión central: el 3D interactivo amplía la comunicación, la anticipación y la participación, pero también expone el proyecto a nuevas lecturas, expectativas y formas de negociación. En este sentido, cada traducción revela una forma de apropiación y, al mismo tiempo, deja abierta una pregunta más amplia para la práctica proyectual contemporánea: ¿qué nuevas formas de diseño, comunicación y validación emergen cuando los proyectos comienzan a existir también como entornos virtuales compartibles, navegables y persistentes dentro del ecosistema digital?

7.2.3. ¿Cómo se formaliza el conocimiento producido en la adopción del 3D interactivo?

Esta tercera dimensión permite observar cómo los saberes técnicos y proyectuales asociados al 3D interactivo se producen, circulan y, en algunos casos, comienzan a estabilizarse dentro de prácticas profesionales, institucionales o experimentales. La pregunta ya no se centra únicamente en cómo se adopta una herramienta ni en cómo se traduce su uso a un contexto determinado, sino en qué sucede con el conocimiento que emerge de esa experiencia: ¿queda limitado a una práctica individual?, ¿se comparte con otros actores?, ¿se transforma en método?, ¿se vuelve parte de un flujo de trabajo o permanece como aprendizaje abierto y situado?

En este marco, la formalización del conocimiento no debe entenderse como un proceso lineal ni como la simple creación de protocolos cerrados. En los casos

analizados, el saber vinculado al 3D interactivo aparece primero como conocimiento práctico, construido en el hacer: probar una plataforma, resolver problemas de exportación, ajustar modelos, aprender a navegar interfaces, explicar el funcionamiento a un cliente, coordinar con equipos técnicos o traducir una experiencia digital a una instalación física. Solo en algunos casos esos aprendizajes se estabilizan luego como procedimientos, rutinas, criterios de trabajo, bibliotecas de recursos, estrategias de comunicación o formas de enseñanza.

A partir de esta dimensión surgen algunas preguntas que conectan con los problemas centrales de la tesis: ¿cómo se transforma un aprendizaje experimental en conocimiento profesional? ¿Qué condiciones permiten que un saber inicialmente tácito se vuelva compartido, transmisible o reutilizable? ¿Qué diferencias aparecen entre aprender de manera autodidacta, formalizar procedimientos dentro de un estudio o construir conocimiento en redes institucionales y transdisciplinarias? ¿Hasta qué punto la formalización fortalece la práctica profesional y cuándo puede, al mismo tiempo, limitar la experimentación?

Un primer modo de formalización puede reconocerse en los aprendizajes autodidactas e informales, donde el conocimiento se produce mediante exploración, ensayo y error, consulta de comunidades digitales y resolución de problemas concretos. Este modo aparece en trayectorias como las de Diego Viegas y Natalia Martínez Hurtado, aunque con orientaciones diferentes. En Viegas, el dominio del escaneo, la fotogrametría y el modelado se construye desde una práctica autogestiva, apoyada en comunidades online, foros, plataformas abiertas y experimentación personal. El conocimiento no surge de una institución formal, sino de una acumulación de pruebas, errores y hallazgos que luego pueden circular entre pares.

En Natalia Martínez Hurtado, este aprendizaje informal se vincula más directamente con la transformación del perfil profesional. El pasaje desde el dibujo técnico o el render estático hacia plataformas interactivas implica aprender nuevas herramientas, reorganizar formas de presentación y construir autonomía en entornos digitales. En ambos casos, la formalización no adopta necesariamente la forma de un protocolo institucional, sino de una capacidad profesional que se consolida en la práctica. El saber se vuelve operativo porque permite sostener una actividad, comunicar mejor el trabajo y ampliar las posibilidades de inserción profesional.

Un segundo modo corresponde a la formalización profesional y aplicada, donde el conocimiento comienza a integrarse a flujos de trabajo más estables. En estudios como HASEN, el uso de la maqueta digital interactiva no queda como una prueba

aislada, sino que empieza a formar parte de una metodología de comunicación con clientes, revisión de decisiones y validación proyectual. La experiencia acumulada permite definir cuándo conviene usar la herramienta, cómo presentarla, qué aspectos guiar durante la navegación y qué tipo de información resulta necesaria para evitar malentendidos. En este caso, el aprendizaje se convierte progresivamente en criterio de oficio.

Algo similar, aunque desde otra procedencia disciplinar, puede observarse en Marco Virtual. Allí, los saberes provenientes del videojuego, la programación y la visualización interactiva se reconfiguran para el campo arquitectónico. La formalización no consiste solo en dominar motores gráficos como Unity o Unreal, sino en traducir ese conocimiento a procesos de representación espacial, comunicación proyectual y desarrollo de experiencias navegables para arquitectura. En este tipo de casos, el conocimiento técnico se estabiliza en una práctica profesional híbrida, donde la experiencia acumulada permite ofrecer servicios, resolver encargos y construir una posición diferenciada en el mercado.

Un tercer modo de formalización aparece en experiencias institucionales, urbanas o transdisciplinarias, donde el conocimiento se produce en redes más amplias y depende de la coordinación entre múltiples actores. A diferencia de los aprendizajes individuales o de las metodologías profesionales más estabilizadas, en este grupo el saber se formaliza a través de ecologías complejas de colaboración: equipos técnicos, instituciones, plataformas, comunidades, áreas de comunicación, espacios culturales o redes de especialistas. Lo común entre estas experiencias es que el conocimiento no pertenece a un único actor, sino que se distribuye entre personas, dispositivos, infraestructuras y situaciones de trabajo.

En +Colonia, esta formalización se orienta hacia la construcción de una capacidad organizacional para sostener una infraestructura digital compleja: actualizar el entorno interactivo, coordinar áreas, optimizar el modelo, articular comunicación pública y hacer circular una ciudad futura en plataformas web. En la práctica de Mario Astutti, en cambio, la formalización adquiere un carácter más experimental y situado: el saber se estabiliza menos como protocolo cerrado que como memoria práctica acumulada en proyectos sucesivos, colaboraciones transdisciplinarias, montajes, pruebas materiales y articulaciones entre arte, ciencia, tecnología y territorio. Aunque ambos casos difieren en escala, finalidad y grado de institucionalización, permiten observar un mismo problema transversal: cómo formalizar conocimiento cuando la adopción del 3D interactivo depende de redes amplias, saberes heterogéneos y condiciones de producción que no pueden reducirse a un procedimiento único.

Esta modalidad corresponde al tercer tipo sintetizado en la Tabla 8, donde la formalización del conocimiento no se produce únicamente por autoaprendizaje ni por estandarización profesional, sino por la articulación entre experimentación, instituciones, infraestructuras y redes transdisciplinarias.

Estos modos permiten observar que la formalización del conocimiento no ocurre de una sola manera. En algunos casos, el saber se consolida como autonomía profesional; en otros, como metodología de trabajo; en otros, como servicio especializado; y en otros, como capacidad institucional o experiencia transdisciplinaria. Lo común entre los casos es que el conocimiento asociado al 3D interactivo no aparece dado desde el inicio, sino que se produce en la práctica, a partir de problemas concretos, ajustes sucesivos y situaciones de uso.

En este punto, la formalización puede entenderse como un movimiento entre apertura y estabilización. Por un lado, la experimentación permite descubrir usos no previstos, adaptar herramientas globales a necesidades locales y construir soluciones situadas. Por otro lado, para que esas soluciones puedan sostenerse en el tiempo, necesitan algún grado de organización: criterios, rutinas, documentación, acuerdos entre actores o formas de transmisión. La tensión entre experimentar y estabilizar atraviesa todo el conjunto de casos y muestra que la adopción tecnológica no se completa cuando se aprende una herramienta, sino cuando el conocimiento generado puede circular, sostenerse y proyectarse hacia nuevas prácticas.

A partir del análisis comparativo de los casos, se identifican tres modos emergentes de formalización del conocimiento vinculado al 3D interactivo en América Latina, que se sintetizan en la Tabla 8. El primero corresponde al aprendizaje informal, basado en la práctica, los foros, las comunidades digitales y la colaboración horizontal. El segundo corresponde a formas académicas, experimentales o transdisciplinarias, donde el conocimiento se produce en espacios híbridos vinculados al arte, la ciencia, la educación o la cultura. El tercero corresponde a formas profesionales e institucionales, donde el saber se integra a protocolos, servicios, flujos de trabajo o estrategias de comunicación y validación proyectual.

Tabla 8

Modos emergentes de formalización del conocimiento 3D interactivo en América Latina

Tipo de formalización	Características principales	Ejemplos	Potencialidad / Riesgo
-----------------------	-----------------------------	----------	------------------------

Aprendizaje informal	Aprendizaje por práctica, foros, redes y colaboración horizontal.	Diego Viegas, comunidades maker.	Alta innovación, baja estabilidad institucional.
Académica y experimental	Producción de conocimiento en espacios híbridos (arte, ciencia, educación).	Mario Astutti, +Colonia.	Genera metodologías nuevas; depende del sostenimiento institucional.
Corporativa y profesional	Protocolos estandarizados, especialización técnica, aplicación comercial.	HASEN, Marco Virtual.	Profesionaliza el campo; riesgo de pérdida de diversidad creativa.

Nota. La distinción entre formación autodidacta y académica no es excluyente; se refiere al modo predominante de adquisición de las competencias específicas en 3D interactivo.

Como se desprende de la Tabla 8, estos modos de formalización no deben entenderse como categorías opuestas ni como etapas evolutivas. Más bien, funcionan como configuraciones que pueden coexistir, superponerse y retroalimentarse. Un profesional puede aprender de manera autodidacta y luego convertir ese saber en servicio; un estudio puede institucionalizar una herramienta sin abandonar la experimentación; una práctica artística puede producir conocimiento transferible sin transformarse necesariamente en protocolo cerrado.

En el contexto latinoamericano, esta lectura permite advertir que la innovación tecnológica no depende únicamente de la disponibilidad de recursos, de la adquisición de software especializado o del acceso a plataformas avanzadas. También depende de las redes de interacción que hacen posible aprender, compartir, adaptar y sostener esos usos en el tiempo. En este punto, la formalización del conocimiento se relaciona directamente con los patrones analizados en la dimensión anterior: las redes autodidactas y abiertas permiten acceder a saberes técnicos por fuera de los circuitos formales; las redes profesionales e institucionales transforman esos aprendizajes en criterios de trabajo, servicios o metodologías; y las redes transdisciplinarias producen conocimientos situados que no siempre se codifican como protocolo, pero que dejan huellas en prácticas, lenguajes y modos de colaboración. Esta situación abre una pregunta relevante sobre el lugar de la educación formal y de la universidad en estos procesos. En varios casos, el aprendizaje del 3D interactivo no proviene inicialmente de estructuras académicas consolidadas, sino de comunidades digitales, tutoriales,

experimentación personal, encargos profesionales o colaboraciones entre campos. Esto no implica que la universidad pierda relevancia, sino que su papel se ve interpelado: ¿cómo acompañar, ordenar y legitimar saberes que muchas veces nacen en la práctica, circulan informalmente y se estabilizan antes en el oficio que en los programas de formación? Desde esta perspectiva, la formalización no aparece como el cierre definitivo de la experimentación, sino como un proceso dinámico de consolidación, transmisión y apertura, donde el conocimiento técnico se transforma en criterio profesional, lenguaje compartido y posibilidad de proyección futura.

7.3. De los patrones a los arquetipos: configuraciones de adopción tecnológica

Luego de analizar las tres dimensiones transversales —interacción, traducción tecnológica y formalización del conocimiento—, es posible avanzar hacia una síntesis interpretativa de los casos. Esta síntesis no busca establecer una clasificación rígida ni proponer una escala evolutiva de adopción tecnológica, sino reconocer configuraciones recurrentes que permiten comprender cómo el 3D interactivo adquiere sentido en distintos contextos profesionales, experimentales e institucionales.

En este marco, los arquetipos que se presentan a continuación deben entenderse como construcciones analíticas elaboradas a partir de la comparación entre casos. No representan tipos puros ni niveles jerárquicos de desarrollo, sino modelos interpretativos que ayudan a ordenar tendencias predominantes: prácticas donde el 3D interactivo opera como medio de exploración artística y cognitiva; prácticas donde se integra como herramienta profesional y colaborativa; y prácticas donde se consolida como infraestructura institucional, territorial o estratégica.

Esta forma de organización dialoga con el enfoque cualitativo e interpretativo de la investigación, en tanto permite pasar de la descripción de casos singulares a la construcción de patrones de lectura. Los arquetipos no reemplazan la complejidad de cada experiencia, sino que permiten observar relaciones, contrastes y zonas de superposición entre ellas. Un mismo caso puede presentar rasgos de más de una configuración, según la escala del proyecto, los actores involucrados, el grado de formalización del conocimiento o la función que adquiere la tecnología dentro de la práctica.

Desde esta perspectiva, la pregunta que orienta este apartado ya no es solamente cómo se adopta el 3D interactivo en cada caso, sino qué formas de apropiación

tecnológica comienzan a reconocerse cuando los casos se leen en conjunto. ¿Qué diferencia una adopción exploratoria de una adopción profesional o institucional? ¿Qué condiciones permiten que una herramienta se transforme en lenguaje, método, infraestructura o estrategia? ¿Qué nos dicen estas configuraciones sobre los modos en que el campo proyectual latinoamericano está incorporando tecnologías interactivas en línea?

A partir de esta lectura, la Tabla 9 sintetiza tres arquetipos de adopción del 3D interactivo y sus características predominantes.

Tabla 9

Arquetipos de adopción del 3D interactivo y sus características predominantes

Arquetipo de adopción	Interacción entre actores	Traducción tecnológica	Formalización del conocimiento	Casos de referencia
Exploratorio y artístico	Predominan redes abiertas, autodidactas, experimentales o transdisciplinarias. La interacción se construye mediante comunidades digitales, colaboraciones flexibles, talleres, laboratorios o vínculos entre arte, ciencia y tecnología.	El 3D interactivo se traduce como laboratorio de exploración visual, sensible o material. Puede operar como archivo, cuerpo digital, objeto patrimonial, experiencia perceptiva o espacio de experimentación.	El conocimiento se formaliza de manera situada, a través del ensayo y error, la memoria práctica, los criterios personales, la acumulación de experiencia y el aprendizaje por proyecto.	Diego Viegas / Mario Astutti

Arquetipo de adopción	Interacción entre actores	Traducción tecnológica	Formalización del conocimiento	Casos de referencia
Profesional y colaborativo	Predominan redes profesionales, clientes, equipos técnicos, diseñadores, programadores o comunidades de práctica. La interacción se orienta a comunicar, coordinar y validar decisiones proyectuales.	El 3D interactivo se traduce como maqueta digital, interfaz de comunicación, simulación arquitectónica, espacio navegable o herramienta de validación con clientes y equipos.	El conocimiento comienza a estabilizarse como criterio de oficio, metodología de trabajo, servicio profesional, flujo de presentación o capacidad comunicacional.	HASEN / Marco Virtual / Natalia Martínez Hurtado
Institucional, territorial y estratégico	Predominan redes amplias e institucionalizadas: desarrolladores, arquitectos, comunicadores, plataformas, inversores, equipos técnicos, instituciones y públicos diversos.	El 3D interactivo traduce un territorio futuro, un masterplan, una promesa urbana y una imagen institucional. Opera como entorno navegable, infraestructura comunicacional y plataforma de legitimación.	El conocimiento se formaliza como capacidad organizacional: actualización del modelo, coordinación entre áreas, optimización técnica, alojamiento web, mantenimiento y gestión de información compleja.	+Colonia

Nota. Los arquetipos no constituyen categorías cerradas ni etapas evolutivas de madurez tecnológica. Funcionan como modelos interpretativos contruidos a partir de la lectura transversal de los casos. Cada configuración articula de manera particular modos de interacción, formas de traducción tecnológica y procesos de formalización del conocimiento, y puede presentar zonas de superposición con otras configuraciones.

Como se observa en las tablas anteriores, los arquetipos propuestos no constituyen categorías cerradas ni niveles evolutivos de madurez tecnológica. Más bien funcionan como modelos interpretativos que permiten ordenar las configuraciones predominantes observadas en los casos. Cada arquetipo articula de manera particular modos de interacción entre actores, formas de traducción tecnológica y procesos de formalización del conocimiento. Por ello, no se trata de ubicar a cada caso en una posición fija, sino de reconocer qué rasgos predominan en cada experiencia y qué zonas de superposición aparecen entre ellas.

En este sentido, el arquetipo exploratorio y artístico permite comprender prácticas donde el 3D interactivo se vincula con la experimentación, el aprendizaje situado y la ampliación de los lenguajes visuales. El arquetipo profesional y colaborativo permite observar usos orientados a la comunicación con clientes, la validación proyectual, la coordinación de equipos y la construcción de nuevos servicios. Por su parte, el arquetipo institucional, territorial y estratégico muestra situaciones en las que el 3D interactivo comienza a funcionar como infraestructura de comunicación, legitimación y gestión de información compleja.

Esta lectura permite reconocer que la adopción del 3D interactivo en América Latina no responde a una única trayectoria de incorporación tecnológica. Tampoco puede explicarse solamente por la disponibilidad de software, hardware o plataformas. Lo que emerge del análisis es una constelación de prácticas situadas, donde la tecnología adquiere sentido en relación con problemas concretos: sostener una práctica profesional, mejorar la comunicación de un proyecto, traducir información técnica, construir confianza con clientes, articular actores diversos, explorar nuevas materialidades o anticipar territorios futuros.

De este modo, el capítulo 7 permite pasar de la comparación entre casos a una interpretación más amplia de los procesos de adopción tecnológica. La lectura transversal mostró que el 3D interactivo no opera únicamente como una herramienta de representación, sino como un dispositivo que reorganiza redes de interacción, procesos de aprendizaje, traducciones tecnológicas y criterios de validación dentro de la práctica proyectual. En este cruce, la adopción no aparece como un acto individual ni como una transferencia técnica directa, sino como una construcción situada donde intervienen profesionales, clientes, plataformas, comunidades, instituciones, saberes previos y condiciones materiales específicas.

La conjunción entre interacción, traducción y formalización permite comprender que el cambio no se produce solo en la herramienta, sino en la forma misma de ejercer el

oficio. El diseñador o arquitecto ya no se limita a producir imágenes, planos o modelos para representar un proyecto, sino que comienza a operar como mediador entre lenguajes técnicos, experiencias digitales, expectativas de uso y formas de comprensión compartida. Esto modifica su relación con los clientes y públicos, que dejan de ser receptores pasivos de una representación cerrada para participar de modos más activos en la interpretación, validación y discusión del proyecto. Al mismo tiempo, exige nuevas capacidades: aprender de manera continua, traducir herramientas globales a condiciones locales, coordinar redes de colaboración y formalizar saberes que muchas veces nacen en la práctica antes que en la educación formal.

En este sentido, los patrones y arquetipos construidos en el capítulo no clausuran el análisis, sino que abren un conjunto de preguntas para la discusión final de la tesis. ¿Qué lugar ocupará el diseñador en un escenario donde la comunicación del proyecto se vuelve cada vez más interactiva, distribuida y virtual? ¿Cómo se redefinen la autoridad profesional, la enseñanza del proyecto y la validación del diseño cuando los clientes, usuarios o públicos pueden explorar y reinterpretar los modelos por sí mismos? ¿Qué nuevas formas de conocimiento proyectual emergen cuando la práctica se sostiene en redes de interacción, aprendizajes situados y tecnologías en permanente traducción?

A partir de esta base, el capítulo siguiente avanza hacia una discusión más conceptual sobre las nuevas configuraciones del diseño en el ecosistema digital. Allí, los patrones y arquetipos aquí construidos permitirán pensar el 3D interactivo como plataforma de comunicación y pensamiento proyectual, como medio comunicacional y cognitivo, y como posible umbral hacia formas híbridas de diseño que articulan lo físico, lo virtual, lo técnico y lo simbólico.

Capítulo 8

Nuevas configuraciones en el ecosistema digital

En el capítulo anterior, la lectura transversal permitió pasar de la reconstrucción singular de los casos a la identificación de patrones de adopción, apropiación y estabilización del 3D interactivo en América Latina. A partir de las dimensiones de interacción, traducción tecnológica y formalización del conocimiento, se observó que estas tecnologías no se incorporan de manera uniforme ni producen efectos automáticos. Por el contrario, su sentido parece construirse en situaciones concretas, allí donde profesionales, estudios, instituciones, plataformas, clientes y comunidades negocian modos de uso, criterios de valor, formas de comunicación y posibilidades de continuidad.

Este capítulo parte de esa lectura, pero desplaza la pregunta hacia un nivel más amplio: ¿qué comienza a cambiar en la práctica proyectual cuando el 3D interactivo deja de funcionar solo como imagen o representación final y empieza a operar como espacio de interacción, traducción y aprendizaje? ¿Qué sucede cuando una maqueta digital ya no se limita a mostrar un proyecto, sino que permite recorrerlo, discutirlo, validarlo, compartirlo o incluso anticiparlo antes de su materialización? ¿Hasta qué punto estas tecnologías están configurando nuevas formas de diseñar, comunicar y pensar el proyecto?

Estas preguntas retoman una tensión ya planteada en el estado de la cuestión. La literatura revisada mostró que las tecnologías 3D interactivas suelen ser abordadas por su potencial técnico, perceptivo y comunicacional: permiten visualizar espacios, producir experiencias inmersivas, mejorar la comprensión del usuario y abrir nuevas formas de colaboración. Sin embargo, también quedó planteada una vacancia central: todavía resulta necesario comprender cómo esas posibilidades se integran efectivamente en prácticas profesionales situadas, atravesadas por recursos desiguales, aprendizajes parciales, infraestructuras inestables, expectativas de clientes, condiciones de mercado y formas específicas de legitimación profesional.

Desde esa vacancia, los casos analizados permiten volver sobre el problema desde otro lugar. Ya no se trata solo de preguntar qué prometen estas tecnologías, sino qué logran hacer cuando son apropiadas por actores concretos en contextos latinoamericanos. En algunas experiencias, el 3D interactivo aparece como una

maqueta navegable que facilita el diálogo con clientes; en otras, como una plataforma capaz de anticipar territorios aún no construidos; en otras, como un laboratorio de exploración artística, patrimonial o material; y en otras, como una vía para redefinir la presencia profesional en entornos digitales. Esta diversidad muestra que el 3D interactivo no posee una función única, sino que adquiere sentidos diferentes según las redes, los lenguajes y las condiciones de uso en las que se inserta.

En este punto, reaparecen con fuerza algunas nociones desarrolladas en el marco teórico. El 3D interactivo puede pensarse como un mediador entre actores heterogéneos, en la medida en que permite articular saberes técnicos, expectativas de clientes, decisiones proyectuales, plataformas digitales y formas de validación. También puede ser leído como un objeto suficientemente flexible para ser interpretado por distintos actores y, al mismo tiempo, suficientemente estable para sostener una referencia común en el proceso proyectual. Esta condición resulta especialmente relevante en contextos donde el proyecto ya no se comunica únicamente mediante planos, renders o explicaciones verbales, sino a través de entornos navegables que reorganizan la experiencia de comprensión y de decisión.

Al mismo tiempo, los casos muestran que esta transformación no depende solo del uso de herramientas sofisticadas. Buena parte de los aprendizajes se produce en el hacer: al probar una plataforma, resolver un problema de visualización, ajustar un modelo para que pueda circular online, guiar a un cliente durante un recorrido, traducir un archivo técnico en una experiencia comprensible o sostener una infraestructura digital a lo largo del tiempo. En este sentido, el conocimiento proyectual no aparece como algo dado de antemano, sino como un saber que se construye en la práctica, en la interacción con las herramientas y en la necesidad de responder a situaciones concretas.

El capítulo se organiza, entonces, alrededor de un supuesto interpretativo: el 3D interactivo en línea no solo amplía las formas de representación, sino que comienza a configurar nuevas mediaciones del diseño en el ecosistema digital. Estas mediaciones son comunicacionales, porque traducen información técnica en experiencias compartidas; son cognitivas, porque permiten ensayar, simular y anticipar relaciones espaciales; son relacionales, porque modifican el vínculo entre profesionales, clientes, usuarios y plataformas; y son proyectuales, porque inciden en los modos de validar, negociar y sostener decisiones de diseño.

No se trata de afirmar que estas tecnologías hayan reemplazado las prácticas tradicionales ni que hayan alcanzado una adopción plena en la región. Por el contrario,

una de las tensiones centrales que atraviesa este capítulo es la distancia entre promesa tecnológica y apropiación efectiva. Mientras los discursos sobre innovación anuncian entornos inmersivos, colaboración en tiempo real, gemelos digitales, realidad aumentada y experiencias híbridas, los casos muestran procesos más parciales, situados y desiguales. En muchos contextos, la computadora personal, el teléfono inteligente, las plataformas web accesibles y las soluciones combinadas siguen siendo los dispositivos reales a través de los cuales se sostiene la práctica cotidiana.

Desde esta perspectiva, el capítulo no propone una definición cerrada de un nuevo campo, sino una exploración de configuraciones emergentes en la práctica proyectual contemporánea. El interés no está puesto en anunciar una ruptura total con las formas tradicionales de representación, ni en afirmar que el 3D interactivo haya reemplazado al plano, al render, a la maqueta o a la explicación verbal. Por el contrario, se busca comprender cómo estas tecnologías se incorporan a un ecosistema de medios ya existente y cómo, en esa convivencia, reorganizan las formas de comunicar, interpretar, validar y pensar el proyecto.

El recorrido del capítulo avanza en tres momentos. En primer lugar, se analiza el 3D interactivo en línea como una herramienta proyectual emergente, todavía en proceso de definición dentro del campo profesional. En segundo lugar, se profundiza en su condición de zona de mediación y pensamiento proyectual, atendiendo a la manera en que permite articular visualización, interacción, discusión, validación y formas incipientes de codiseño. Finalmente, se examina la virtualización situada de la práctica proyectual, considerando cómo los proyectos comienzan a existir también como entornos digitales compartibles, navegables y discutibles, aunque atravesados por desigualdades de acceso, aprendizajes parciales y condiciones materiales específicas.

De este modo, el capítulo busca abrir una discusión sobre aquello que comienza a configurarse en el cruce entre diseño, arquitectura, virtualidad e interactividad. Más que celebrar la innovación o anticipar un futuro cerrado, interesa comprender qué formas de mediación, aprendizaje y pensamiento proyectual emergen cuando el 3D interactivo se vuelve parte del ecosistema digital contemporáneo, y qué tensiones permanecen abiertas para su apropiación situada en América Latina.

8.1. Inmersión en la imagen: el 3D interactivo en línea como herramienta proyectual en transformación

El título de esta tesis, *Inmersión en la imagen. Adopción y resignificación de las tecnologías 3D interactivas en línea en la arquitectura y el diseño en América Latina*, encuentra en este capítulo una instancia de síntesis interpretativa. Luego de haber reconstruido los casos de manera individual y de haber identificado patrones y arquetipos de adopción tecnológica en el capítulo anterior, se vuelve posible retomar la pregunta por la naturaleza misma del 3D interactivo en línea: qué tipo de herramienta es, qué funciones adquiere en la práctica proyectual, qué formas de mediación habilita y qué tensiones introduce en los modos de producir, comunicar y validar proyectos. En este sentido, la “inmersión en la imagen” no se entiende aquí sólo como una experiencia visual o perceptiva, sino como una condición emergente del diseño contemporáneo, en la que la imagen deja de ser únicamente representación para convertirse en espacio de acción, interpretación y negociación.

Una de las cuestiones que atraviesa esta tesis, aunque no siempre aparezca formulada de manera explícita, es la pregunta por la naturaleza del 3D interactivo en línea dentro de la práctica profesional contemporánea. ¿Se trata simplemente de una evolución del render? ¿De una herramienta de visualización más avanzada? ¿De una maqueta digital navegable? ¿De una plataforma de comunicación? ¿De un medio de validación proyectual? ¿O de una configuración más compleja, todavía en proceso de estabilización, que articula representación, interacción, comunicación, aprendizaje y toma de decisiones?

Este capítulo parte de esa pregunta para avanzar sobre una cuestión central: las tecnologías 3D interactivas en línea no parecen constituir únicamente un recurso técnico incorporado al repertorio de arquitectos y diseñadores, sino una herramienta proyectual en transformación, capaz de operar como mediación entre representación, comunicación, validación y aprendizaje. Su especificidad no reside solo en la tridimensionalidad ni en el realismo visual, sino en la posibilidad de recorrer, manipular, compartir, actualizar y discutir la imagen en entornos digitales accesibles. En este sentido, el 3D interactivo en línea se ubica en una zona intermedia entre la representación, la interfaz, la maqueta, la simulación y la plataforma de trabajo.

Esta condición permite diferenciarlo del render estático tradicional. Mientras el render suele funcionar como una imagen final destinada a presentar una apariencia posible del proyecto, el 3D interactivo introduce una lógica más abierta y operativa. El proyecto

ya no se ofrece únicamente como una imagen para ser observada, sino como un entorno que puede ser explorado por distintos actores. La imagen deja de ser una superficie cerrada y se convierte en un espacio de acción: el usuario puede desplazarse, cambiar el punto de vista, aproximarse a un detalle, activar información, comparar alternativas o construir una comprensión situada del objeto, del espacio o del territorio proyectado.

En esta transformación se retoman discusiones desarrolladas en el estado de la cuestión, especialmente aquellas vinculadas con el pasaje de la representación a la interacción y con la comprensión de la imagen tridimensional interactiva como dispositivo de mediación proyectual. La literatura revisada mostró que estas tecnologías poseen un fuerte potencial técnico, perceptivo y comunicacional: permiten mejorar la comprensión espacial, enriquecer la experiencia del usuario, facilitar la colaboración y ampliar los modos de visualización. Sin embargo, también dejó planteada una vacancia relevante: comprender cómo estas posibilidades se incorporan efectivamente en prácticas profesionales situadas, atravesadas por recursos desiguales, condiciones de conectividad, aprendizajes parciales, expectativas de clientes, tiempos de trabajo y estructuras organizativas diversas.

Los casos analizados permiten abordar esa vacancia desde experiencias concretas. En ellos, el 3D interactivo en línea no aparece como una tecnología abstracta ni como una solución universal, sino como una herramienta proyectual que adquiere funciones distintas según el contexto de uso. En algunos casos, se convierte en maqueta digital para facilitar el diálogo con clientes y validar decisiones arquitectónicas; en otros, en entorno navegable para comunicar un territorio futuro; en otros casos, en laboratorio de exploración artística, patrimonial o material; y en otros, en plataforma de visibilidad profesional y comercial. Esta diversidad sugiere que el 3D interactivo en línea todavía no posee una definición única dentro del campo proyectual, sino que se encuentra en un proceso de resignificación práctica.

Desde el marco teórico de esta tesis, esta condición puede comprenderse a partir de la idea de que las tecnologías no actúan como instrumentos aislados, sino como parte de redes sociotécnicas. El 3D interactivo en línea no funciona por sí solo: depende de plataformas, motores gráficos, dispositivos de acceso, conectividad, saberes profesionales, expectativas de usuarios, criterios de navegación, modelos de negocio y formas de validación. Su adopción no se explica únicamente por la disponibilidad de una herramienta, sino por la manera en que esa herramienta logra articularse con actores, prácticas y condiciones materiales concretas.

En este sentido, el 3D interactivo puede pensarse también como un objeto de mediación entre mundos sociales diversos. Para el arquitecto o diseñador, puede funcionar como herramienta de control proyectual; para el cliente, como experiencia de comprensión espacial; para el programador, como sistema técnico que debe optimizarse; para el inversor, como recurso de evaluación; para una institución, como estrategia de comunicación; y para un usuario final, como modo de anticipar una experiencia de uso. Esta flexibilidad interpretativa explica parte de su potencia, pero también sus tensiones: cuanto más amplia es la red de actores que interviene, mayor es la necesidad de orientar la experiencia, traducir lenguajes y sostener acuerdos sobre lo que la imagen muestra, promete o deja fuera.

Por eso, una de las transformaciones más significativas del 3D interactivo en línea es que desplaza la representación hacia la mediación. La imagen ya no solo muestra un proyecto, sino que organiza una relación entre actores. Permite que un cliente comprenda una decisión espacial sin dominar el lenguaje técnico del plano; que un equipo revise alternativas antes de ejecutar; que un proyecto urbano pueda circular públicamente antes de existir materialmente; que un objeto escaneado se convierta en archivo patrimonial navegable; o que un diseñador independiente construya una presencia profesional en entornos digitales. En todos estos casos, la imagen interactiva no es solamente una salida gráfica, sino una interfaz de relación.

Esta dimensión relacional introduce cambios en la autoridad proyectual. En la representación tradicional, el profesional conservaba un mayor control sobre la imagen presentada: elegía el punto de vista, la iluminación, el encuadre y el relato visual. En el entorno interactivo, en cambio, el destinatario puede recorrer, preguntar, detenerse, comparar y construir su propia lectura. Esto no elimina la autoridad del arquitecto o del diseñador, pero la transforma. La autoridad ya no se funda sólo en mostrar una imagen convincente, sino en diseñar las condiciones de navegación, comprensión y validación del proyecto. El profesional no solo representa: también guía, traduce, contextualiza y media.

Al mismo tiempo, el 3D interactivo en línea no debe ser idealizado. Su incorporación introduce problemas específicos. Requiere conocimientos técnicos, criterios de optimización, compatibilidad entre plataformas, actualización de modelos, selección de información, disponibilidad de dispositivos y estrategias de acompañamiento para usuarios con distintos niveles de alfabetización digital. Una maqueta navegable puede facilitar la comprensión, pero también producir expectativas excesivamente acabadas sobre un proyecto todavía en proceso. Un entorno virtual puede ampliar el acceso a cierta información, pero también depende de infraestructuras, costos y saberes que no

siempre están disponibles. Una experiencia interactiva puede abrir instancias de participación, pero también orientar la mirada de manera controlada.

Esta tensión entre potencia y dificultad resulta especialmente relevante en América Latina. El estado de la cuestión mostró que la expansión de tecnologías digitales suele estar acompañada por discursos de innovación, eficiencia y democratización del acceso. Sin embargo, los casos estudiados evidencian que la adopción real ocurre de manera heterogénea y situada. En muchos contextos, el 3D interactivo en línea se desarrolla a partir de soluciones híbridas, aprendizajes autodidactas, plataformas accesibles, redes informales, colaboraciones técnicas y ajustes sucesivos. La innovación no aparece necesariamente como resultado de grandes infraestructuras, sino como capacidad de traducir herramientas disponibles a problemas concretos de la práctica profesional.

Aquí se vuelve importante la dimensión del aprendizaje. El 3D interactivo en línea no se incorpora de una vez y para siempre. Se aprende haciendo, probando, ajustando, fallando, volviendo a exportar, reduciendo geometrías, cambiando plataformas, explicando el recorrido a un cliente, resolviendo problemas de carga o encontrando maneras de que el modelo pueda circular online. En ese proceso, el conocimiento deja de ser solamente técnico y se convierte en saber proyectual. No se trata solo de aprender un software, sino de aprender cuándo usarlo, cómo presentarlo, qué mostrar, qué ocultar, cómo guiar la experiencia y cómo convertir la interacción en una instancia significativa de diseño.

De este modo, el 3D interactivo en línea comienza a participar en la formalización del conocimiento profesional. Cuando su uso se repite, se ajusta y se estabiliza, puede transformarse en método de trabajo, criterio de comunicación, servicio especializado, infraestructura institucional o recurso de legitimación. En algunos casos, esta formalización se produce dentro de estudios profesionales; en otros, en redes autodidactas; en otros, en proyectos urbanos complejos; y en otros, en espacios artísticos o transdisciplinarios. Lo importante es que el conocimiento generado por estas prácticas no queda necesariamente encerrado en una experiencia puntual, sino que puede circular, transmitirse y proyectarse hacia nuevos usos.

Desde esta perspectiva, el 3D interactivo en línea puede ser comprendido como una herramienta proyectual en transformación porque, aunque sus bases técnicas existen desde hace tiempo, todavía se encuentran en proceso de definición sus usos, sus límites, sus nombres y sus formas de integración dentro del campo profesional. A veces se lo llama maqueta digital, render interactivo, recorrido virtual, visualización

inmersiva, gemelo digital, visor 3D, experiencia XR o plataforma web interactiva. Esta diversidad terminológica no constituye una debilidad menor, sino un indicio de que la práctica se encuentra en transformación. El campo aún está buscando cómo nombrar una herramienta que no pertenece por completo al render, al plano, al modelo BIM, al videojuego, al e-commerce, a la realidad virtual ni a la maqueta tradicional, aunque toma elementos de todos ellos.

En ese sentido, esta herramienta proyectual en transformación condensa varias de las nuevas configuraciones del diseño en el ecosistema digital. En primer lugar, transforma la comunicación del proyecto, porque permite pasar de la explicación técnica a la experiencia navegable. En segundo lugar, transforma la relación con los destinatarios, porque habilita formas más activas de interpretación y validación. En tercer lugar, transforma los procesos de aprendizaje, porque exige nuevas competencias técnicas, visuales y comunicacionales. En cuarto lugar, transforma la producción de valor profesional, porque convierte la capacidad de mostrar, explicar y hacer comprensible un proyecto en parte central del servicio ofrecido. Finalmente, transforma el modo de pensar el diseño, porque permite ensayar relaciones espaciales, materiales y simbólicas antes de su actualización física.

El capítulo 7 mostró que estas transformaciones se organizan en patrones de interacción, traducción y formalización. Este capítulo retoma esos patrones para preguntarse por sus implicancias más amplias. Si el 3D interactivo en línea se vuelve cada vez más relevante como mediación proyectual, entonces no solo cambia la manera de representar: cambia también la manera de proyectar, de conversar, de validar, de aprender y de construir confianza en torno al diseño. Por ello, el análisis de esta herramienta emergente permite abrir una discusión más amplia sobre las condiciones actuales del campo proyectual latinoamericano.

Esta ampliación permite situar los casos analizados dentro de un ecosistema proyectual más extenso. La Tabla 10 funciona, en este sentido, como un mapeo orientativo de usos y configuraciones del 3D interactivo en distintos dominios de aplicación. No busca agotar el fenómeno ni convertirlo en una clasificación cerrada, sino mostrar que una misma lógica interactiva puede operar de manera diferente en arquitectura, diseño industrial, comercio digital, colaboración remota o manufactura avanzada. Esta diversidad no implica una dispersión del fenómeno, sino que permite reconocer la amplitud de una herramienta proyectual en transformación, cuya función se redefine según el contexto de uso.

Tabla 10*Usos y configuraciones del 3D interactivo en arquitectura y diseño industrial*

Dominio de aplicación	Uso principal del 3D interactivo	Herramientas / Tecnologías asociadas	Actores implicados	Ejemplo / Aplicación observada
Arquitectura (ArchViz)	Comunicación visual con el cliente y validación del diseño.	SketchUp + Enscape / Unreal Engine / Twinmotion / Unity / SwiftXR.	Arquitectos, clientes, programadores.	Visualizaciones interactivas en línea del proyecto (Hasen, Ripalda).
Diseño industrial / mobiliario	Simulación de uso y personalización de producto.	Modelado 3D + WebAR + Sketchfab / Wix 3D Viewer / Shopify AR.	Diseñadores, fabricantes, usuarios finales.	Tiendas online con visualización de muebles en 3D y opción de AR.
E-commerce/ marketing digital	Experiencia inmersiva del usuario antes de la compra.	Realidad aumentada (ARKit, ARCore), modelado en glTF/USDZ.	Marcas, diseñadores, usuarios.	Inserción virtual del objeto en el entorno mediante tablet o smartphone.
Codiseño y colaboración remota	Trabajo simultáneo entre actores en tiempo real.	Hololens / Spatial / Microsoft Mesh / Twinmotion Cloud.	Equipos interdisciplinarios (diseñadores, arquitectos, ingenieros).	Visualización colaborativa de proyectos en entornos XR.
Industria automotriz / manufactura avanzada	Prototipado virtual, ensamble y revisión de producto en 3D.	HoloLens, Unreal Engine, CAD XR.	Ingenieros, diseñadores, fabricantes.	Ensamble de modelos a escala real en un entorno virtual compartido.

Nota. El mapeo identifica configuraciones tecnológicas y finalidades operativas del 3D interactivo en distintos dominios proyectuales. Algunas aplicaciones se derivan del análisis de los casos estudiados y otras se incorporan como referencias del estado actual del campo, con el propósito de situar los hallazgos

de la tesis dentro de un ecosistema profesional más amplio. La tabla no agota las posibilidades técnicas ni proyectuales del medio.

Tal como se desprende de la Tabla 10, el 3D interactivo en línea no se estabiliza de la misma manera en todos los dominios de aplicación. En arquitectura aparece más asociado a la comunicación visual, la comprensión espacial y la validación con clientes; en el diseño industrial y el mobiliario se vincula con la simulación de uso, la personalización y la anticipación de la experiencia del producto; en el comercio digital se orienta a reducir la incertidumbre antes de la compra; mientras que en entornos colaborativos o de manufactura avanzada comienza a relacionarse con el codiseño, el prototipado virtual y la revisión conjunta de información compleja.

Estas configuraciones muestran que el 3D interactivo no opera como una herramienta aislada, sino como una mediación que transforma los vínculos entre proyectistas, usuarios, clientes, plataformas y objetos. Al habilitar instancias de exploración, circulación y discusión en línea, desplaza parcialmente la autoridad interpretativa del profesional hacia una experiencia más compartida, donde otros actores participan activamente en la comprensión y validación de las decisiones proyectuales. En este sentido, su valor no reside únicamente en la eficacia visual, sino en su capacidad para convertir saber técnico en experiencias legibles, navegables y discutibles dentro del ecosistema digital.

En este marco, las nuevas configuraciones del diseño no deben entenderse como una ruptura total con la tradición disciplinar. El dibujo, el render, la maqueta física, el plano técnico y la materialidad del objeto siguen ocupando lugares fundamentales. Lo que cambia es la red de mediaciones en la que esas prácticas se inscriben. El 3D interactivo en línea no reemplaza necesariamente a las herramientas previas, sino que las reorganiza dentro de un ecosistema donde lo visual, lo digital, lo comunicacional y lo relacional adquieren un peso creciente. La práctica proyectual se expande hacia entornos híbridos donde diseñar implica también producir experiencias, interfaces, recorridos y condiciones de interpretación.

De allí que resulte necesario precisar, antes de avanzar sobre sus dimensiones comunicacionales, cognitivas y virtuales, qué tipo de herramienta proyectual comienza a configurarse en estas prácticas. El 3D interactivo en línea no es solo una tecnología de visualización, sino una configuración proyectual en proceso de definición: una forma de imagen habitable, compatible y operativa que articula representación, comunicación, aprendizaje y validación en el ecosistema digital contemporáneo.

8.2. Inmersión en la imagen: El 3D interactivo como zona de mediación y pensamiento proyectual

Si el apartado anterior permitió caracterizar el 3D interactivo en línea como una herramienta proyectual en transformación, en esta sección interesa profundizar en una dimensión específica de esa transformación: su capacidad para operar como zona de mediación y pensamiento proyectual. Esta cuestión resulta central porque el pasaje de la imagen estática al entorno interactivo no solo modifica la forma de presentar un proyecto, sino también las condiciones bajo las cuales este se comprende, se discute y se valida entre distintos actores.

En las prácticas proyectuales tradicionales, la comunicación del proyecto se apoyó históricamente en una combinación de planos, croquis, maquetas físicas, renders, memorias descriptivas y explicaciones verbales. Cada uno de estos soportes permitió traducir parcialmente el pensamiento del diseñador hacia otros actores, aunque también implicó distintos grados de abstracción. El plano técnico, por ejemplo, requiere una alfabetización disciplinar específica; el render facilita una aproximación visual más inmediata, pero suele fijar un punto de vista; la maqueta física permite comprender relaciones espaciales, aunque no siempre resulta accesible, actualizable o compartible a distancia. Frente a estos medios, el 3D interactivo en línea introduce una condición diferente: convierte la imagen proyectual en un entorno explorable, donde la comprensión se produce a través de la navegación, la acción y la interacción.

Desde esta perspectiva, el 3D interactivo no debe entenderse únicamente como una mejora de la visualización, sino como un medio que reorganiza la comunicación proyectual. La posibilidad de recorrer un espacio, rotar un objeto, acercarse a un detalle, alternar puntos de vista o activar información modifica la relación entre quien diseña y quien interpreta el proyecto. La comunicación deja de depender exclusivamente de una explicación lineal del profesional y se desplaza hacia una experiencia compartida, en la que el destinatario puede construir una comprensión más activa del objeto, del espacio o del territorio representado.

De este modo, el apartado permite retomar una de las preguntas centrales de la investigación: cómo la imagen 3D interactiva transforma la comunicación entre profesionales y destinatarios del proyecto, no solo al hacer más legible la información técnica, sino al modificar las condiciones mismas de comprensión, participación y validación. La cuestión no reside únicamente en si el modelo se ve mejor o resulta más

atractivo, sino en cómo reorganiza las relaciones entre saber técnico, experiencia del usuario y toma de decisiones proyectuales.

Esta transformación dialoga con la idea del proyecto como proceso reflexivo. En términos proyectuales, diseñar no implica aplicar una solución predefinida, sino sostener una conversación con la situación, con los materiales, con los límites técnicos, con los usuarios y con las decisiones que emergen durante el proceso. En este marco, el 3D interactivo amplía esa conversación porque introduce un entorno que responde visual, espacial y operativamente a las decisiones del diseñador. El modelo ya no funciona solo como resultado de una idea previa, sino como un medio para pensarla, probarla, modificarla y ponerla en discusión.

La diferencia no es menor. Una imagen estática puede mostrar una decisión; un entorno interactivo permite recorrer sus consecuencias. Allí donde el render fija una escena, el 3D interactivo habilita variaciones de recorrido, escala, proximidad y punto de vista. Esta posibilidad incide en la comprensión espacial, pero también en la construcción de criterio proyectual. Al navegar un modelo, tanto el profesional como el cliente o usuario pueden advertir relaciones que no siempre resultan evidentes en una imagen fija: distancias, proporciones, vínculos entre ambientes, continuidad entre interior y exterior, jerarquías espaciales, secuencias de uso o tensiones entre una decisión formal y su experiencia concreta.

En los casos analizados, esta dimensión comunicacional y cognitiva adopta formas diferentes. En HASEN, la maqueta digital permite que el cliente participe de una comprensión más directa del proyecto residencial, reduciendo la distancia entre el lenguaje técnico del estudio y la experiencia cotidiana del usuario. En Marco Virtual, la incorporación de lógicas provenientes del videojuego permite pensar la arquitectura como un entorno recorrible, donde la navegación se vuelve parte de la construcción de sentido. En +Colonia, la plataforma interactiva permite anticipar un territorio urbano todavía no materializado y convertir un masterplan abstracto en una experiencia espacial navegable. En las experiencias de Astutti y Viegas, el 3D interactivo se orienta menos a la validación comercial y más a la exploración sensible, patrimonial o material, mostrando que el pensamiento proyectual también puede expandirse hacia zonas artísticas, científicas y experimentales. En Natalia Martínez Hurtado, la adopción de plataformas interactivas aparece asociada a la posibilidad de construir una nueva forma de presentar, comunicar y proyectar su perfil profesional.

Estas diferencias permiten reconocer que el 3D interactivo no produce un único tipo de pensamiento proyectual. En algunos casos, favorece la comprensión espacial del

cliente; en otros, permite coordinar actores y decisiones; en otros, habilita la exploración de objetos, cuerpos o territorios; y en otros, fortalece la visibilidad profesional en entornos digitales. Sin embargo, en todos ellos aparece una operación común: la imagen interactiva funciona como un medio para hacer pensable algo que antes permanecía más abstracto, distante o difícil de compartir.

Esta condición vuelve relevante la noción de mediación. El 3D interactivo no transmite simplemente una información ya cerrada, sino que participa en la construcción de esa información. Al organizar recorridos, jerarquizar elementos, permitir acciones y abrir puntos de vista, la herramienta interviene en el modo en que el proyecto se percibe y se comprende. Por eso, no puede pensarse como un canal neutro entre el profesional y el destinatario. Su interfaz, sus posibilidades de navegación, sus tiempos de carga, su nivel de detalle, sus restricciones técnicas y sus decisiones de diseño condicionan la experiencia de interpretación.

En este punto, la imagen interactiva también puede comprenderse como un espacio común entre actores que no comparten necesariamente el mismo lenguaje técnico. El profesional puede leer en el modelo relaciones constructivas, materiales o espaciales; el cliente puede reconocer usos posibles, atmósferas o expectativas de habitabilidad; el programador puede identificar problemas de rendimiento; la institución puede observar una herramienta de comunicación pública; el usuario puede experimentar una anticipación del espacio o del objeto. La misma representación sostiene lecturas distintas, pero permite que esas lecturas se articulen alrededor de una referencia compartida.

Esta capacidad de construir una referencia común resulta especialmente importante en contextos donde la comunicación proyectual enfrenta asimetrías de conocimiento. En arquitectura y diseño, el profesional suele manejar códigos técnicos que no siempre son accesibles para los destinatarios del proyecto. El 3D interactivo no elimina por completo esa distancia, pero puede reducirla al convertir información abstracta en experiencia navegable. En este sentido, su valor comunicacional no reside únicamente en mostrar más, sino en hacer que ciertos aspectos del proyecto puedan ser comprendidos, recorridos y discutidos por actores no especializados.

Sin embargo, esta apertura también introduce tensiones. La navegación autónoma puede generar una sensación de mayor participación, pero no siempre garantiza una comprensión más profunda. Un usuario puede recorrer un modelo sin advertir decisiones estructurales, técnicas o proyectuales relevantes; puede concentrarse en aspectos superficiales; puede interpretar como definitivo algo que aún está en proceso;

o puede construir expectativas difíciles de sostener en la materialización posterior. Por ello, el 3D interactivo no reemplaza la mediación profesional, sino que la transforma. El arquitecto o diseñador sigue siendo necesario, pero su rol se desplaza: ya no solo produce una imagen, sino que diseña las condiciones para que esa imagen pueda ser interpretada de manera situada.

Esta tensión permite matizar ciertos discursos celebratorios sobre la interactividad. La posibilidad de recorrer un proyecto no implica automáticamente democratización, participación o mejor comprensión. Todo depende de cómo se construye la experiencia, qué información se vuelve visible, qué decisiones quedan ocultas, qué grado de autonomía se ofrece al usuario y qué acompañamiento se propone durante la navegación. En algunos casos, el 3D interactivo puede abrir la conversación; en otros, puede reforzar una imagen demasiado cerrada, espectacular o persuasiva del proyecto. Por eso, su análisis debe atender tanto a sus posibilidades comunicacionales como a sus efectos simbólicos.

En el contexto latinoamericano, esta discusión adquiere una relevancia particular. La adopción del 3D interactivo se produce en un escenario atravesado por desigualdades de acceso, diferencias en la formación técnica, brechas de infraestructura y modos diversos de inserción profesional. Esto significa que el potencial cognitivo y comunicacional de estas herramientas no se actualiza del mismo modo en todos los casos. Mientras algunos estudios pueden integrarlas como parte de una estrategia profesional o institucional, otros actores las incorporan de manera parcial, experimental o autodidacta, combinando recursos disponibles, tutoriales, plataformas accesibles y redes informales de aprendizaje.

Lejos de debilitar el fenómeno, esta heterogeneidad permite comprenderlo con mayor precisión. El 3D interactivo en línea no se consolida en América Latina como una tecnología única y homogénea, sino como un conjunto de prácticas situadas que combinan herramientas globales con apropiaciones locales. En algunos contextos, la interacción se apoya en motores gráficos avanzados; en otros, en visores web, plataformas de bajo costo o soluciones híbridas. En algunos casos, la experiencia se orienta al cliente; en otros, al público, al territorio, al archivo, al museo, al comercio digital o al propio proceso de aprendizaje profesional.

Esta lectura también permite comprender que la adopción del 3D interactivo no implica la sustitución inmediata de los medios proyectuales previos, sino su rearticulación dentro de nuevas formas de trabajo, donde plano, render, maqueta, video y entorno navegable conviven y adquieren funciones diferenciadas. El cambio no se produce

como reemplazo total, sino como reorganización de los soportes, los lenguajes y las mediaciones que estructuran la práctica proyectual.

Desde esta perspectiva, el 3D interactivo funciona también como un medio de producción de conocimiento. No solo comunica decisiones ya tomadas, sino que permite producir nuevas preguntas durante el proceso. Al recorrer un modelo, pueden aparecer conflictos no previstos; al compartir una maqueta digital, pueden surgir interpretaciones diferentes; al adaptar un entorno para la web, pueden definirse criterios de simplificación, jerarquización y optimización; al usar un modelo con clientes, pueden ajustarse modos de explicación y validación. El conocimiento proyectual se produce, entonces, en la interacción entre actores, herramientas y situaciones concretas.

Esta idea se conecta con los procesos de aprendizaje observados en los casos. Buena parte del saber asociado al 3D interactivo no proviene únicamente de instancias formales de enseñanza, sino de prácticas de experimentación, ajuste y uso reiterado. el medio interactivo no solo comunica el proyecto; también forma al profesional que lo utiliza.

Al mismo tiempo, el uso reiterado de estas herramientas puede comenzar a estabilizar criterios de oficio. El profesional aprende qué nivel de detalle conviene mostrar, cuándo una experiencia debe ser guiada, cómo evitar que el modelo resulte pesado, qué información debe acompañar la navegación, qué aspectos generan confianza y qué elementos pueden producir confusión. Estos aprendizajes, inicialmente prácticos y situados, pueden transformarse luego en rutinas de trabajo, servicios especializados o metodologías de comunicación proyectual. Así, el 3D interactivo participa en la formalización del conocimiento profesional.

En este punto, el 3D interactivo no solo comunica conocimiento proyectual, sino que también contribuye a producirlo y formalizarlo, en la medida en que convierte aprendizajes situados en criterios de trabajo, modos de presentación, estrategias de validación y formas de transmisión profesional. Esta lectura confirma el supuesto general de la investigación: el 3D interactivo no se incorpora como una herramienta neutra ni como una innovación lineal, sino como una mediación sociotécnica que se ajusta, se negocia y se resignifica en cada contexto de práctica.

Esta dimensión permite comprender que el 3D interactivo es comunicacional y cognitivo al mismo tiempo. Es comunicacional porque traduce información técnica en experiencias compartibles; es cognitivo porque permite pensar espacialmente,

anticipar decisiones, construir criterio y aprender a través de la interacción. Ambas dimensiones no se separan: se refuerzan mutuamente. Comunicar un proyecto mediante un entorno interactivo implica también decidir cómo debe ser pensado, recorrido, jerarquizado y validado.

En este sentido, el pasaje del 3D como técnica al 3D como medio proyectual supone una transformación en la cultura del diseño y la arquitectura. El proyecto deja de ser representado únicamente como objeto final y comienza a configurarse como proceso explorable. La imagen interactiva opera como un espacio de articulación entre lo que se imagina, lo que se comunica, lo que se valida y lo que puede llegar a construirse. Allí reside una de sus contribuciones más relevantes: no solo amplía la representación, sino que reorganiza las condiciones de comprensión y producción del proyecto.

En este punto resulta pertinente recuperar la perspectiva de Pierre Lévy (1998) sobre lo virtual. Más que oponerse a lo real, lo virtual puede comprenderse como un campo de potencialidades que permite actualizar, transformar y reorganizar la experiencia. Esta idea resulta especialmente relevante para pensar el 3D interactivo en línea: el entorno virtual no reemplaza el proyecto material, sino que habilita un espacio intermedio donde este puede ser ensayado, discutido, interpretado y parcialmente experimentado antes de su construcción o producción. Desde esta mirada, la imagen interactiva no funciona como una copia menor de lo real, sino como un medio donde el proyecto adquiere nuevas posibilidades de exploración, comunicación y pensamiento.

Desde esta perspectiva, los casos permiten reconocer distintas configuraciones de uso del 3D interactivo en las prácticas proyectuales: como medio de comprensión espacial en arquitectura, como recurso de anticipación y validación en proyectos urbanos, como plataforma de exploración sensible en experiencias artísticas o patrimoniales, como soporte de aprendizaje situado en contextos educativos y como herramienta de visibilidad profesional en entornos digitales. Más allá de sus diferencias, estas configuraciones comparten una condición común: el entorno tridimensional interactivo no opera solo como soporte visual, sino como ámbito relacional donde se negocian sentidos, se construyen referencias compartidas y se producen nuevas formas de conocimiento proyectual.

En síntesis, el pasaje del 3D como técnica al 3D como medio comunicacional implica una transformación en los modos de producir y validar conocimiento proyectual. Los entornos interactivos ya no se conciben solo como herramientas de representación,

sino como espacios de pensamiento, donde se experimenta, se simula y se aprende colectivamente.

En este sentido, el 3D interactivo articula al menos tres niveles complementarios:

- **Cognitivo:** favorece la comprensión espacial y la toma de decisiones mediante la simulación.
- **Colaborativo:** habilita la participación de diversos actores en entornos compartidos.
- **Cultural:** funciona como una interfaz simbólica que permite articular lenguajes técnicos, artísticos y sociales.

No obstante, esta reorganización permanece abierta. El 3D interactivo todavía convive con soportes tradicionales, lenguajes disciplinares heredados y prácticas profesionales que no siempre incorporan plenamente la interactividad. En muchos casos, su uso se suma al render, al plano, a la maqueta o al video, sin reemplazarlos. Esta coexistencia revela que el cambio no es absoluto, sino gradual y acumulativo. La innovación no se presenta como ruptura, sino como recomposición de medios, saberes y relaciones.

De este modo, el 3D interactivo como medio de comunicación y pensamiento proyectual permite comprender una de las nuevas configuraciones del diseño en el ecosistema digital: la emergencia de entornos donde representar, comunicar, aprender y validar comienzan a formar parte de un mismo proceso. Esta transformación no elimina las tensiones de la práctica profesional, pero permite observar cómo la imagen interactiva se vuelve cada vez más relevante en la construcción de conocimiento proyectual situado, especialmente en contextos donde la claridad comunicacional, la colaboración remota y la legitimación profesional se vuelven condiciones centrales para sostener la práctica.

8.3. Inmersión en la imagen: virtualidad, apropiación tecnológica y formalización del conocimiento proyectual

Los apartados anteriores permitieron comprender el 3D interactivo en línea como una herramienta proyectual en transformación y como una zona de comunicación y pensamiento proyectual. A partir de esa lectura, este apartado se detiene en una tercera dimensión: la manera en que estas tecnologías participan en los procesos de

aprendizaje y formalización del conocimiento producido en la práctica profesional. Esta cuestión resulta central para la tesis porque permite comprender que la adopción del 3D interactivo no se agota en el uso de una herramienta visual, sino que puede dar lugar a nuevos criterios, procedimientos, servicios, lenguajes y modos de validación dentro del campo proyectual.

El 3D interactivo en línea puede comprenderse como un dispositivo de aprendizaje porque obliga a los profesionales a resolver problemas que no son únicamente técnicos, sino también proyectuales, comunicacionales y organizativos. Para que un modelo pueda ser recorrido, compartido, comprendido o validado por otros actores, el profesional debe decidir qué información mostrar, qué nivel de detalle conservar, qué elementos simplificar, cómo ordenar el recorrido, qué aspectos jerarquizar, cómo orientar la experiencia y de qué manera articular el modelo con otros soportes de comunicación. Estas decisiones no pertenecen solamente al dominio del software: forman parte de un saber proyectual que se construye en el uso.

La práctica con 3D interactivo produce aprendizajes que no siempre aparecen codificados desde el inicio. Se aprende cómo optimizar un modelo para que funcione en línea, cómo preparar un archivo para distintos dispositivos, cómo guiar a un cliente durante una navegación, cómo evitar que una experiencia resulte confusa, cómo reducir la complejidad visual sin perder sentido proyectual, cómo anticipar dudas del destinatario y cómo transformar una visualización en una instancia de validación. Estos aprendizajes suelen nacer de la prueba, del error, de la repetición y del ajuste, pero con el tiempo pueden consolidarse como modos de hacer reconocibles.

En este proceso, el aprendizaje no ocurre fuera de la práctica, sino dentro de ella. Cada vez que un profesional resuelve un problema de visualización, adapta una plataforma, construye una forma de presentación o encuentra una manera más eficaz de comunicar el proyecto, está produciendo conocimiento. Cuando esa solución se repite, se mejora y se vuelve transmisible, comienza a formar parte del repertorio profesional. La tecnología, entonces, no solo representa un proyecto: también ayuda a estabilizar las condiciones bajo las cuales ese proyecto puede ser comprendido, discutido y validado.

Los casos analizados muestran distintas formas de este proceso. En HASEN, la maqueta digital interactiva tiende a formalizarse como parte del flujo de trabajo del estudio y como herramienta estratégica de comunicación con clientes. Su uso repetido permite construir criterios sobre cuándo incorporar el modelo, cómo presentarlo, qué tipo de información incluir y de qué manera utilizarlo para facilitar la validación de

decisiones proyectuales. La formalización aparece allí asociada a una práctica profesional organizada, donde el 3D interactivo se integra como recurso estable dentro de una metodología de trabajo.

En +Colonia, la formalización adquiere una escala territorial e institucional. El 3D interactivo no funciona únicamente como representación visual de una ciudad futura, sino como infraestructura comunicacional capaz de articular planificación, inversión, discurso urbano y anticipación territorial. En este caso, el conocimiento formalizado no se limita al uso de una herramienta específica, sino que se vincula con la construcción de un sistema de comunicación del proyecto, donde el modelo digital permite estabilizar una visión urbana, hacerla circulable y sostenerla frente a actores diversos.

En el caso de Mario Astutti, la formalización adopta una forma menos protocolar y más experimental. Allí, el conocimiento no se estabiliza necesariamente como procedimiento cerrado, sino como una metodología de exploración transdisciplinaria. El uso de tecnologías 3D, escaneo, fotogrametría, realidad virtual o fabricación digital se articula con prácticas artísticas, educativas, científicas y territoriales. Lo que se formaliza no es una receta técnica, sino una manera de producir conocimiento a través de la experimentación, la mediación entre campos y la construcción de experiencias sensibles.

En las trayectorias de Natalia Martínez Hurtado, Diego Viegas y José Ripalda, la formalización se vincula de manera más directa con aprendizajes autodidactas y procesos de profesionalización progresiva. En Natalia, el 3D interactivo permite trasladar saberes provenientes del trabajo material y artesanal hacia plataformas digitales de visualización y comunicación. En Viegas, el aprendizaje sostenido en comunidades online, encargos comerciales y proyectos científicos consolida criterios técnicos y visuales que amplían su práctica profesional. En Ripalda, la traducción de lógicas provenientes del videojuego hacia la arquitectura, el patrimonio y la visualización urbana produce un saber híbrido, construido a partir de la adaptación de recursos interactivos a nuevos contextos de uso.

Estas diferencias permiten observar que el aprendizaje y la formalización del conocimiento no siguen una única trayectoria. En algunos casos, se producen dentro de estudios profesionales; en otros, en redes autodidactas; en otros, en proyectos institucionales; y en otros, en laboratorios transdisciplinarios. Sin embargo, en todos ellos aparece una operación común: el 3D interactivo transforma aprendizajes prácticos en formas relativamente estables de trabajo. Aquello que en un primer

momento puede aparecer como exploración, ensayo o solución puntual comienza a adquirir continuidad, valor profesional y capacidad de transmisión.

Esta dimensión permite matizar la idea de innovación tecnológica. La adopción del 3D interactivo no se vuelve relevante **sólo** porque introduce una tecnología más avanzada, sino porque reorganiza las condiciones de producción y circulación del conocimiento proyectual. El valor no reside únicamente en el modelo generado, sino en los saberes que se construyen alrededor de su producción, publicación, navegación, interpretación y validación. En este sentido, la tecnología no opera como una solución automática, sino como un medio a través del cual se producen ajustes, aprendizajes y criterios profesionales.

La formalización también transforma la relación entre conocimiento tácito y conocimiento explícito. Muchas decisiones proyectuales se construyen inicialmente desde la experiencia, la intuición, la prueba material o el criterio visual del profesional. Al trasladarse al entorno interactivo, parte de ese conocimiento debe hacerse visible, navegable y comunicable. El modelo obliga a explicitar relaciones espaciales, jerarquías, recorridos, escalas, detalles y decisiones que antes podían permanecer contenidas en la interpretación del profesional. Así, el 3D interactivo contribuye a convertir ciertos saberes tácitos en experiencias compartibles y discutibles.

Esta transformación no implica que todo conocimiento proyectual pueda codificarse completamente. Por el contrario, los casos muestran que siempre persisten dimensiones abiertas, intuitivas, sensibles o contextuales que no se reducen al modelo digital. Sin embargo, el 3D interactivo permite construir una zona intermedia entre el saber experto y la comprensión de otros actores. Allí, el conocimiento no se transmite únicamente mediante explicaciones verbales o documentos técnicos, sino a través de una experiencia navegable que permite observar, comparar, preguntar y validar.

En este punto, el 3D interactivo se aproxima a la figura de un dispositivo de mediación del conocimiento. No sólo comunica información, sino que organiza condiciones para que esa información pueda ser interpretada por actores con distintos niveles de formación técnica. El cliente, el usuario, el inversor, el programador, la institución o el público no leen el modelo de la misma manera, pero pueden reunirse alrededor de una referencia común. Esta capacidad de sostener interpretaciones diversas sin perder una identidad compartida explica parte de su potencia como recurso proyectual.

La formalización del conocimiento, por lo tanto, no debe pensarse como cierre del proceso, sino como estabilización provisional. Cada nuevo proyecto puede modificar

los criterios anteriores, exigir nuevos ajustes o poner en cuestión procedimientos que parecían consolidados. En este sentido, el conocimiento formalizado a través del 3D interactivo permanece abierto a la revisión. Su estabilidad no depende de fijar una metodología definitiva, sino de construir una base de aprendizaje acumulable, adaptable y reutilizable en nuevas situaciones.

Esta condición resulta especialmente relevante en el contexto latinoamericano. En los casos analizados, la formalización no siempre se produce a partir de grandes infraestructuras tecnológicas, equipos especializados o sistemas institucionales consolidados. Muchas veces emerge de soluciones híbridas, plataformas accesibles, aprendizajes parciales, comunidades digitales, redes informales y estrategias de adaptación. Lejos de constituir una debilidad, esta condición permite comprender cómo el conocimiento profesional se construye en escenarios atravesados por desigualdades de acceso, pero también por una fuerte capacidad de apropiación y resignificación.

De este modo, la incorporación del 3D interactivo en línea permite pensar una transformación más amplia de la práctica proyectual. El profesional no solo produce una representación del proyecto, sino que organiza un sistema de comprensión, interacción y validación. Su tarea ya no se limita a mostrar una solución, sino que incluye diseñar las condiciones para que esa solución pueda ser recorrida, interpretada, discutida y eventualmente aceptada por otros actores. En esa operación, la imagen interactiva se convierte en una herramienta de conocimiento.

Esta lectura confirma uno de los supuestos centrales de la investigación: el 3D interactivo en línea no constituye una innovación lineal ni una herramienta neutra. Su adopción implica procesos de traducción, mediación y aprendizaje que pueden estabilizarse en nuevas prácticas profesionales. Allí donde el uso se repite, se ajusta y se transmite, el 3D interactivo deja de ser una novedad técnica para convertirse en parte de una cultura proyectual en transformación.

En síntesis, comprender el 3D interactivo como dispositivo de aprendizaje y formalización del conocimiento permite reconocer su relevancia más allá de la visualización. Su aporte no consiste únicamente en producir imágenes más inmersivas o atractivas, sino en habilitar formas de aprendizaje, comunicación, validación y transmisión del saber proyectual. En el ecosistema digital contemporáneo, estas tecnologías participan en la construcción de nuevas formas de oficio, donde representar, pensar, comunicar y aprender comienzan a articularse dentro de un mismo proceso.

8.4. Modalidades emergentes de uso del 3D interactivo en línea en América Latina

A partir del análisis desarrollado en esta investigación, comienzan a observarse distintas modalidades emergentes de uso del 3D interactivo en línea en el campo de la arquitectura y el diseño en América Latina. No se trata de categorías cerradas ni de una clasificación definitiva, sino de aproximaciones conceptuales provisionarias que permiten reconocer la amplitud de un campo todavía en desarrollo, expansión e incluso incertidumbre terminológica. Esta cuestión se vincula directamente con una de las problemáticas planteadas a lo largo de la tesis: la dificultad de nombrar con precisión herramientas, prácticas y experiencias que ya están transformando la labor profesional, aun cuando sus límites técnicos, disciplinares y culturales todavía no se encuentran completamente estabilizados.

Como se observó en el estado de la cuestión y en los casos analizados, estas tecnologías reciben denominaciones diversas: render interactivo, recorrido virtual, modelo navegable, entorno 3D online, visualización inmersiva, experiencia interactiva, maqueta digital, entre otras. Esta multiplicidad de nombres no constituye un dato menor, sino un síntoma de un campo en proceso de consolidación. Nombrar estas prácticas no implica fijarlas de manera definitiva, sino construir herramientas conceptuales que permitan comprender mejor qué hacen, cómo se usan, qué relaciones habilitan y qué transformaciones producen en la práctica proyectual. En este sentido, a partir de la investigación pueden distinguirse al menos tres modalidades emergentes: el 3D interactivo como maqueta digital, el 3D interactivo como fotografía navegable o registro espacial interactivo, y el 3D interactivo como zona de trabajo inmersiva.

En primer lugar, se observa una modalidad proyectiva, en la que el 3D interactivo en línea puede comprenderse como maqueta digital. Esta denominación resulta especialmente relevante porque recupera una herramienta históricamente conocida en arquitectura y diseño: la maqueta como medio de comprensión, ensayo, comunicación y validación del proyecto. En algunos ámbitos profesionales latinoamericanos, como se observa en el caso de HASEN en México, la expresión maqueta digital ya aparece asociada a estas formas de representación navegable e interactiva. Sin embargo, la maqueta digital no debe entenderse como una simple traducción de la maqueta física a la pantalla. Su especificidad reside en que permite recorrer, manipular, compartir y discutir el proyecto en un entorno digital, muchas veces en línea y accesible mediante enlaces, plataformas o dispositivos diversos.

En esta modalidad, el 3D interactivo permite anticipar, comunicar o validar algo que aún no existe materialmente. Al igual que la maqueta tradicional, permite observar relaciones espaciales, escalas, proporciones, recorridos y decisiones proyectuales; pero, a diferencia de aquella, incorpora la posibilidad de navegación, cambio de punto de vista, circulación remota y participación más activa de clientes, usuarios o actores involucrados. Por ello, la maqueta digital interactiva no funciona únicamente como una representación más atractiva del proyecto, sino como una mediación que transforma la relación entre quien diseña y quien interpreta, evalúa o valida la propuesta. En casos como HASEN, esta modalidad permite comprender cómo el modelo interactivo puede operar como puente entre el lenguaje técnico del arquitecto y la comprensión espacial del cliente. En +Colonia, esta lógica adquiere otra escala, ya que el entorno interactivo permite anticipar y comunicar un territorio urbano futuro todavía en proceso de materialización.

En segundo lugar, se observa una modalidad documental o reconstructiva, en la que el 3D interactivo se aproxima a la idea de fotografía navegable o registro espacial interactivo. Esta modalidad remite a prácticas de captura, relevamiento, documentación, escaneo, fotogrametría o reconstrucción de objetos, espacios, territorios o patrimonios existentes. A diferencia de la maqueta digital proyectiva, aquí el 3D interactivo no se orienta principalmente a anticipar algo que todavía no existe, sino a hacer visible, recorrible o comunicable una realidad ya existente. En este sentido, puede pensarse como una expansión de ciertas lógicas de la fotografía, el registro documental y el relevamiento, pero desplazadas hacia una experiencia tridimensional, navegable e interactiva.

La expresión fotografía navegable no busca reemplazar términos técnicos como fotogrametría, escaneo 3D o documentación espacial, sino señalar una dimensión perceptiva y cultural de estas prácticas: aquello que antes podía ser registrado en una imagen fija ahora puede ser reconstruido, recorrido, observado desde múltiples ángulos y compartido como experiencia digital. Esta modalidad resulta especialmente pertinente para pensar experiencias vinculadas con patrimonio, territorio, ciencia, educación, archivo o reconstrucción material. En estos casos, el valor del 3D interactivo no reside sólo en producir una copia digital, sino en generar nuevas formas de acceso, exploración y comunicación de aquello que forma parte del mundo material. La imagen tridimensional interactiva se convierte así en un registro espacial capaz de conservar, comunicar y activar relaciones entre memoria, conocimiento y experiencia.

En tercer lugar, se observa una modalidad generativa o experimental, en la que el 3D interactivo puede comprenderse como zona de trabajo inmersiva. En esta modalidad,

la herramienta no se limita a mostrar un proyecto ni a reconstruir algo existente, sino que funciona como un espacio de creación, prueba, pensamiento y experimentación. Puede pensarse, en términos simples, como una suerte de hoja de trabajo tridimensional: un entorno donde el profesional puede dibujar, modelar, ensayar, recorrer, ajustar o producir dentro del propio espacio digital. Esta modalidad desplaza la relación tradicional con el software, ya que el diseñador o arquitecto no opera únicamente frente a una pantalla bidimensional, sino dentro de un entorno espacial, navegable y eventualmente inmersivo.

Esta zona de trabajo inmersiva resulta relevante para comprender prácticas experimentales, autodidactas, artísticas, técnicas o transdisciplinarias, donde el 3D interactivo se convierte en laboratorio de exploración. Allí pueden cruzarse lógicas provenientes del videojuego, la simulación, la realidad virtual, el modelado interactivo, el arte digital o la experimentación proyectual. En estos casos, el 3D interactivo no actúa solamente como una instancia final de presentación, sino como un medio de pensamiento y producción. Permite probar posibilidades, equivocarse, corregir, experimentar con recorridos, construir entornos y desarrollar criterios de trabajo que no siempre estaban previstos desde el inicio. Esta modalidad ayuda a comprender por qué, en muchos casos, la adopción del 3D interactivo está asociada a procesos de aprendizaje, ensayo y error, más que a una implementación técnica cerrada.

Estas tres modalidades no son excluyentes. Una misma experiencia puede combinar la anticipación proyectual, el registro de lo existente y la experimentación conceptual. Un entorno urbano interactivo puede funcionar, al mismo tiempo, como maqueta digital de un futuro posible, como registro territorial y como laboratorio de prueba para distintos actores. Una experiencia patrimonial puede documentar algo existente y, a la vez, abrir un espacio de exploración educativa o artística. Un modelo desarrollado para comunicar un proyecto puede terminar funcionando también como recurso de visibilidad profesional, plataforma de discusión o espacio de aprendizaje técnico.

Por ello, más que fijar una clasificación definitiva, esta distinción permite reconocer algunas zonas de uso que comienzan a delimitarse en un campo todavía inestable. La maqueta digital, la fotografía navegable o registro espacial interactivo y la zona de trabajo inmersiva constituyen formas provisionarias de nombrar operaciones diferentes del 3D interactivo en línea. Su valor reside en mostrar que esta tecnología no posee una única función dentro de la práctica proyectual, sino que puede actuar como anticipación, documentación, experimentación, mediación, comunicación y aprendizaje. Esta apertura confirma el carácter híbrido del 3D interactivo en línea y

permite proyectar nuevas líneas de investigación sobre sus usos, sus denominaciones y sus efectos en la arquitectura y el diseño contemporáneos en América Latina

En conjunto, los apartados de este capítulo permiten comprender que la adopción del 3D interactivo en línea no se limita a la incorporación de una herramienta de visualización, sino que implica una reconfiguración más amplia de la práctica proyectual. Como herramienta proyectual en transformación, como zona de comunicación y pensamiento, como dispositivo de aprendizaje y formalización del conocimiento, y como tecnología capaz de asumir distintas modalidades de uso, el 3D interactivo participa en la construcción de nuevas formas de representar, mediar, validar y transmitir saberes profesionales en el ecosistema digital.

La discusión desarrollada permitió reconocer que estas tecnologías no poseen una función única ni producen efectos homogéneos. Por el contrario, adquieren sentido en relación con los contextos de uso, las trayectorias profesionales, los recursos disponibles, las plataformas empleadas y los actores involucrados. En algunos casos, operan como maqueta digital para anticipar proyectos futuros; en otros, como registro espacial interactivo para reconstruir o comunicar realidades existentes; y en otros, como zona de trabajo inmersiva para crear, ensayar y pensar dentro del propio entorno digital. Esta diversidad confirma el carácter híbrido del 3D interactivo en línea y la necesidad de analizarlo desde una perspectiva situada.

De este modo, el capítulo retoma los hallazgos de los casos y los desplaza hacia una lectura conceptual más amplia. La imagen tridimensional interactiva en línea puede comprenderse como una mediación sociotécnica que articula tecnologías, actores, saberes, plataformas y contextos de práctica. Su relevancia no reside únicamente en la calidad visual o en el grado de inmersión que ofrece, sino en su capacidad para reorganizar relaciones profesionales, procesos de comunicación, formas de aprendizaje y modos de validación proyectual.

Esta lectura permite cerrar la discusión iniciada en los capítulos de análisis y preparar el pasaje hacia la Parte 3 de la tesis. Allí se sintetizarán los principales aportes de la investigación, se retomarán los supuestos y núcleos problemáticos planteados inicialmente, y se precisará de qué manera el estudio del 3D interactivo en línea contribuye a comprender las transformaciones contemporáneas de la arquitectura y el diseño en América Latina.

PARTE 3

Parte 3

Conclusiones

Capítulo 9

Síntesis del recorrido

En esta tesis se propuso indagar cómo se adoptan, adaptan y resignifican las tecnologías de imágenes 3D interactivas en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina. A partir de un enfoque cualitativo, se desarrolló una estrategia metodológica basada en el análisis de casos y entrevistas en profundidad, que permitió reconstruir experiencias situadas de incorporación tecnológica, con énfasis en los procesos sociales, simbólicos y organizacionales que intervienen en dicha apropiación.

El recorrido comenzó con una introducción general al fenómeno, donde se definió el objeto de estudio, se presentó el problema de investigación y se expusieron los supuestos y las preguntas centrales. Luego, en el estado de la cuestión, se revisaron antecedentes teóricos y empíricos sobre tecnologías 3D, visualización proyectual, diseño interactivo y transformación digital, detectando vacancias específicas tanto en el contexto latinoamericano como en los enfoques que articulan tecnología, práctica y experiencia.

Posteriormente, se desarrolló un marco teórico organizado en tres ejes conceptuales —interacción, traducción tecnológica y formalización del conocimiento— extraídos del problema de investigación. Este marco se construyó desde una mirada sociotécnica (Pinch & Bijker, 1987; Star & Griesemer, 1989), que entiende las tecnologías no como objetos neutros sino como sistemas en disputa, moldeados por actores, saberes y contextos. Las nociones de objeto fronterizo, innovación de usuario (von Hippel, 1986), procesos de traducción (Callon & Latour, 1986) y conversión del conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995) ofrecieron herramientas analíticas clave para interpretar los datos empíricos.

En el capítulo metodológico se presentaron el diseño de la investigación, la justificación del enfoque cualitativo y los criterios de selección de los casos. La investigación trabajó con seis experiencias latinoamericanas —Diego Viegas, Natalia Martínez Hurtado, José Ripalda Jiménez, +Colonia, HASEN Arquitectura y Mario Astutti—, seleccionadas por su diversidad de trayectorias, escalas, contextos y modos de adopción del 3D interactivo en línea. Este corpus permitió observar tanto formas individuales y experimentales de apropiación tecnológica como procesos desarrollados en estructuras profesionales, institucionales y transdisciplinarias de mayor complejidad.

A partir del análisis de estos seis casos, se aplicaron los tres ejes del marco teórico para estudiar cómo estas tecnologías intervienen en las dinámicas de interacción entre actores, cómo son traducidas y ajustadas en función de los contextos de práctica, y cómo los saberes emergentes comienzan a sistematizarse, circular y formalizarse. El análisis permitió no solo revisar los supuestos planteados inicialmente, sino también complejizar la comprensión del proceso de adopción tecnológica, atendiendo a las tensiones entre promesa e implementación efectiva, a la necesidad de mediaciones críticas y al desarrollo de competencias técnicas, comunicacionales y proyectuales específicas.

En los capítulos 5 y 6 se reconstruyeron dos modalidades diferenciadas de apropiación del 3D interactivo en línea. El capítulo 5 permitió observar prácticas individuales y experimentales, donde la adopción tecnológica se vinculó con trayectorias autodidactas, condiciones de necesidad, exploraciones personales y procesos de redefinición del oficio. En estos casos, el 3D interactivo apareció como laboratorio digital, como espacio de aprendizaje y como recurso para sostener o ampliar la práctica profesional en contextos de incertidumbre, periferia geográfica o transformación laboral. El capítulo 6, en cambio, mostró su incorporación en estructuras proyectuales más complejas, donde intervienen estudios profesionales, proyectos urbanos, instituciones, redes transdisciplinarias y objetivos de comunicación de mayor escala. Esta comparación permitió reconocer que la adopción del 3D interactivo no se organiza según un único modelo, sino que adquiere formas distintas según la escala, la red de actores, los recursos disponibles y los modos de validación de cada práctica.

A partir de esa base empírica, el capítulo 7 realizó una lectura transversal de los casos, identificando patrones de adopción vinculados con la interacción entre actores, la traducción tecnológica y la formalización del conocimiento. Estos patrones permitieron reconocer regularidades entre experiencias diversas y avanzar hacia la construcción de arquetipos o configuraciones de adopción tecnológica —exploratorio-artístico, profesional-colaborativo e institucional-territorial-estratégico—, entendidos no como categorías cerradas, sino como formas analíticas para ordenar modos recurrentes de apropiación del 3D interactivo en línea. Finalmente, el capítulo 8 retomó esos hallazgos para pensar sus implicancias conceptuales en el ecosistema digital contemporáneo. Allí, el 3D interactivo en línea fue interpretado como herramienta proyectual en transformación, como zona de mediación y pensamiento proyectual, y como dispositivo de aprendizaje y formalización del conocimiento. De este modo, el recorrido analítico permitió comprender que estas tecnologías no solo

modifican los modos de representación, sino también las formas de comunicar, aprender, validar y estabilizar saberes profesionales en la práctica proyectual.

A lo largo de esta investigación se buscó responder a la siguiente pregunta: cómo los profesionales del diseño y la arquitectura en América Latina adoptan tecnologías de imágenes 3D interactivas, de qué modo estas herramientas afectan la toma de decisiones, la comunicación proyectual y la relación con los clientes, y cómo se integran en modelos de negocio que operan en entornos remotos o híbridos.

Los hallazgos empíricos permiten sostener y complejizar el supuesto central: la adopción de tecnologías 3D interactivas no responde a un modelo lineal de transferencia técnica, sino a procesos activos de adaptación, ajuste y resignificación, en los que los actores modifican las herramientas en función de sus necesidades, saberes y contextos (Callon & Latour, 1986; von Hippel, 1986). Este proceso no solo afecta los flujos de trabajo, sino también las relaciones sociales dentro del proyecto, los roles profesionales y las expectativas sobre el valor de lo proyectado.

Asimismo, el análisis permitió reconocer que, en determinadas condiciones de uso, estas tecnologías pueden funcionar como objetos fronterizos (Star & Griesemer, 1989), es decir, como mediadores entre mundos con saberes distintos: el del profesional técnico y el del cliente no especializado. Sin embargo, su eficacia depende de la capacidad del profesional para actuar como navegador de fronteras, generando una experiencia comprensible, útil y emocionalmente significativa para el otro.

Asimismo, se verifica que la incorporación de estas herramientas genera aprendizajes incrementales (Lundvall, 1988), en los que la práctica repetida y la experiencia concreta permiten descubrir nuevas aplicaciones, mejoras y posibilidades. Sin embargo, también se constata que la promesa tecnológica no siempre se cumple en los términos esperados: la fascinación inicial por el realismo y la inmersión puede derivar en frustración si no existen condiciones organizacionales, comunicacionales y simbólicas adecuadas para su integración efectiva.

Por lo tanto, se valida el supuesto desde una perspectiva compleja: no es la tecnología en sí la que transforma la práctica proyectual, sino el ecosistema humano, técnico y cultural que hace posible su apropiación significativa.

Los hallazgos de esta investigación dialogan directamente con los debates revisados en el Estado de la Cuestión, especialmente en lo referido al impacto de las imágenes 3D interactivas en las prácticas proyectuales. En relación con los aspectos técnicos, diversos autores destacan las potencialidades de estas tecnologías para mejorar la

experiencia espacial y comunicativa del usuario (Carpó, 2017; Norman, 2002). Sin embargo, esta tesis muestra que su efectividad depende no solo del diseño de la interfaz, sino también de la mediación humana y de la capacidad del profesional para guiar la interpretación del cliente. La promesa de “inmersión” no se cumple automáticamente, sino que se construye situadamente, en interacción con saberes previos, expectativas y habilidades de los actores implicados.

Por otro lado, frente a los enfoques que abordan la adopción de estas herramientas desde una lógica tecnodeterminista o como una evolución lineal hacia una mayor eficiencia, esta investigación se posiciona desde una mirada crítica y situada. Tal como advierten Fressoli y Arza (2017), en América Latina los procesos de innovación tecnológica están atravesados por tensiones estructurales, desigualdades de acceso y resignificaciones culturales. Los casos analizados aquí confirman esa perspectiva, mostrando que la incorporación de tecnologías 3D interactivas no responde a una lógica universal, sino a una trama de ajustes, traducciones y aprendizajes que varía según cada estudio, cada cliente y cada contexto.

Finalmente, en lo que respecta a la dimensión proyectual, esta tesis aporta a los debates sobre la transformación de las representaciones visuales en arquitectura y diseño. Mientras algunos autores celebran la capacidad de estas tecnologías para acercarse al “hiperrealismo” (Manovich, 2001), los datos empíricos aquí presentados muestran que el realismo técnico no garantiza la comprensión ni la validación por parte del cliente. Por el contrario, lo que emerge como clave es la posibilidad de generar sentido compartido. Desde esta perspectiva, las tecnologías de imágenes 3D no deben analizarse como fines en sí mismas, sino como medios cuya efectividad depende de cómo se integran a los procesos comunicacionales, relacionales y decisionales del proyecto.

9.1. Aportes al campo proyectual y académico

Los aportes de esta investigación deben comprenderse en relación con las vacancias identificadas en el estado de la cuestión y con los núcleos problemáticos que organizaron el desarrollo del trabajo. La revisión bibliográfica permitió reconocer que, si bien existe una amplia producción sobre tecnologías 3D, visualización inmersiva, experiencia de usuario, virtualidad y transformación digital, aún resultan escasos los estudios que analicen cómo estas herramientas se incorporan efectivamente en prácticas profesionales situadas, especialmente en contextos latinoamericanos. A partir de esa vacancia, la investigación organizó el problema en torno a tres

dimensiones: la adopción y traducción tecnológica, la mediación entre actores y la formalización del conocimiento profesional.

Los resultados obtenidos permiten sostener y complejizar los supuestos iniciales. La incorporación del 3D interactivo en línea no responde a una transferencia técnica lineal ni a la simple disponibilidad de herramientas digitales. Por el contrario, se configura como un proceso sociotécnico de apropiación, negociación, aprendizaje y estabilización de saberes en contextos concretos de práctica. Desde esta perspectiva, este trabajo aporta una lectura situada sobre la transformación digital en arquitectura y diseño, atendiendo no solo a lo que estas tecnologías prometen, sino a lo que efectivamente producen cuando son utilizadas por profesionales, estudios, instituciones y redes de trabajo en América Latina.

Uno de los aportes centrales de la investigación consiste en mostrar que el 3D interactivo en línea no debe ser comprendido como una herramienta más dentro del repertorio de recursos digitales disponibles para arquitectos y diseñadores. Si bien muchas veces se incorpora de manera cotidiana, gradual e incluso aparentemente inocente —bajo denominaciones diversas como render interactivo, modelo navegable, maqueta digital, recorrido virtual, visualización online o entorno 3D—, su impacto en la práctica profesional resulta significativo. Los casos analizados permiten observar que estas tecnologías no constituyen una simple progresión del render tridimensional estático, sino que introducen una transformación más profunda en los modos de proyectar, comunicar, validar y aprender.

Otro aporte de la investigación consiste en reconocer que el 3D interactivo en línea no se agota en su función comunicacional inmediata, sino que se inserta en un ecosistema digital más amplio. Al estar alojado, compartido y circulando mediante plataformas, enlaces, sitios web o redes, el modelo interactivo puede operar también como recurso de visibilidad, posicionamiento profesional y construcción de confianza. En este sentido, la herramienta no solo permite mostrar mejor un proyecto, sino que participa en la configuración de una presencia digital del arquitecto, diseñador, estudio o iniciativa institucional. Casos como HASEN permiten observar cómo una visualización interactiva puede exceder la instancia de presentación al cliente y convertirse en un objeto compartido por otros actores, generando nuevas formas de circulación, reconocimiento y legitimación profesional. Esta dimensión permite comprender que adoptar 3D interactivo en línea implica también aprender a operar dentro de un ecosistema digital con reglas propias de difusión, acceso, interpretación y valoración.

En este sentido, el trabajo permitió exponer la complejidad de la adopción del 3D interactivo en línea en América Latina. El análisis de los casos no solo permitió reconocer usos específicos de estas tecnologías, sino también identificar patrones, tensiones y repeticiones que ayudan a comprender de qué tipo de herramienta se habla cuando se habla de 3D interactivo en línea. Subir un modelo navegable a una plataforma no implica únicamente ampliar el repertorio de representación del proyecto; supone abrir una zona de interpretación, discusión y validación en la que intervienen distintos actores, expectativas y niveles de comprensión técnica. Allí radica una de las principales transformaciones observadas: la imagen interactiva deja de ser un producto final para convertirse en una mediación activa del proceso proyectual.

Desde el plano profesional, esta investigación muestra que el 3D interactivo en línea puede operar como laboratorio de aprendizaje, prueba y error. En algunos casos, permite a los profesionales ensayar procedimientos, ajustar modelos, desarrollar criterios de optimización, reorganizar flujos de trabajo y construir saberes a partir del uso reiterado. En otros, modifica de manera más visible la relación con clientes, instituciones o públicos, al desplazar una lógica de recepción pasiva hacia formas más activas de exploración, crítica y participación. La posibilidad de recorrer un modelo, detenerse, cambiar el punto de vista o formular observaciones directas transforma la imagen en una zona de debate donde el proyecto puede ser discutido antes de su materialización.

Esta condición implica una redefinición del rol profesional. El arquitecto o diseñador ya no solo produce una representación para ser observada, sino que debe diseñar las condiciones de interpretación de esa representación: orientar recorridos, anticipar preguntas, jerarquizar información, mediar expectativas y sostener acuerdos. El 3D interactivo amplía las posibilidades de comunicación, pero también puede generar nuevas tensiones, ya que habilita una mayor intervención de clientes, usuarios o actores institucionales sobre aquello que ven, recorren e interpretan. La imagen interactiva facilita la comprensión, pero al mismo tiempo abre el proyecto a nuevas formas de crítica, negociación y toma de decisiones compartida.

Otro aporte relevante es la identificación del aprendizaje como una dimensión constitutiva de la adopción tecnológica. En los casos estudiados, el dominio del 3D interactivo no surge de una transferencia lineal de conocimientos, sino de procesos de ensayo, error, repetición, ajuste y adaptación. Los profesionales aprenden haciendo, usando, compartiendo y resolviendo problemas concretos. A través de ese proceso, ciertos saberes inicialmente tácitos comienzan a estabilizarse como criterios de trabajo, metodologías de presentación, servicios especializados o formas de validación

profesional. De este modo, la investigación contribuye a reconocer el valor del conocimiento producido en la práctica, muchas veces invisible en los enfoques centrados exclusivamente en la tecnología o en el resultado visual.

La investigación también permite reconocer que estas tecnologías todavía carecen de una denominación plenamente estabilizada en la práctica profesional. La coexistencia de términos como render interactivo, maqueta digital, modelo 3D online, recorrido virtual, entorno navegable o visualización inmersiva evidencia que el fenómeno se encuentra en proceso de definición. Sin embargo, esa inestabilidad terminológica no disminuye su relevancia; por el contrario, muestra que se trata de un campo en consolidación, cuyo alcance práctico excede las categorías tradicionales de representación arquitectónica o visualización de diseño. Esta falta de nombre unívoco forma parte del problema investigado: el 3D interactivo ya transforma la práctica, aun cuando sus límites conceptuales y profesionales todavía no se encuentren completamente estabilizados.

Estas cuestiones retoman la motivación inicial de la investigación: comprender qué ocurre cuando una tecnología presentada muchas veces como recurso de visualización comienza a modificar dimensiones centrales de la práctica proyectual. La pregunta no fue únicamente qué herramientas se usan, sino cómo se incorporan, qué transforman y qué aprendizajes dejan en los contextos reales de trabajo. A la luz de los casos analizados, los supuestos iniciales pueden sostenerse, aunque también se complejizan.

En primer lugar, la investigación preguntaba qué motivaciones, condiciones y trayectorias conducen a la incorporación del 3D interactivo en línea, cómo se integra esta tecnología en procesos de trabajo existentes y qué tensiones emergen durante su uso. El supuesto inicial planteaba que la adopción no sería lineal ni meramente instrumental, sino que dependería de las trayectorias profesionales, los recursos disponibles, los saberes previos y los contextos concretos de práctica. Los casos permiten sostener este supuesto, pero también ampliarlo: la adopción no depende solo del acceso a la herramienta, sino de la capacidad de cada profesional, estudio o proyecto para traducirla a sus propias necesidades. En algunos casos, como los laboratorios individuales, la adopción se activa por situaciones de necesidad, exploración o redefinición del oficio; en otros, como las estructuras proyectuales complejas, se vincula con objetivos de comunicación, coordinación, validación o construcción institucional.

En segundo lugar, la investigación se preguntaba cómo estas tecnologías median la relación entre profesionales, clientes, desarrolladores, equipos técnicos o instituciones, y de qué manera transforman la comunicación y la comprensión del proyecto. El supuesto inicial planteaba que el 3D interactivo actuaría como dispositivo mediador, capaz de reconfigurar las relaciones entre los actores involucrados en el proceso proyectual. Los casos permiten sostener esta idea, aunque muestran que esa mediación no es automáticamente positiva ni neutral. La imagen interactiva facilita la comprensión espacial y permite construir una referencia común, pero también abre el proyecto a nuevas formas de crítica, intervención y negociación. El cliente, el usuario o la institución dejan de ocupar una posición exclusivamente pasiva frente a la imagen y pueden recorrer, preguntar, comparar y discutir aquello que observan. Esta transformación no elimina la autoridad profesional, pero la desplaza: el arquitecto o diseñador debe aprender a orientar la experiencia, mediar expectativas y sostener acuerdos en torno a una imagen que ya no controla completamente desde un único punto de vista.

En tercer lugar, la investigación indagaba de qué manera el 3D interactivo participa en la formalización y circulación del conocimiento profesional, qué transformaciones introduce en los modos de validación y legitimación, y cómo se vincula con la sostenibilidad de las prácticas en contextos latinoamericanos. El supuesto inicial sostenía que el uso del 3D interactivo podía contribuir a nuevas formas de formalización del saber profesional, fortaleciendo la visibilidad, la legitimación y la continuidad de las prácticas. El análisis permite sostener este supuesto, pero también precisar sus alcances. La formalización no aparece necesariamente como protocolo cerrado ni como institucionalización inmediata, sino como un proceso gradual mediante el cual aprendizajes nacidos en la práctica —optimizar modelos, preparar archivos, guiar recorridos, seleccionar información, anticipar interpretaciones o validar decisiones— comienzan a estabilizarse como criterios, rutinas, metodologías, servicios o formas de comunicación profesional.

En conjunto, estas respuestas permiten comprender que el supuesto general de la investigación se sostiene de manera compleja. El 3D interactivo en línea efectivamente excede su condición de herramienta de representación, pero no porque produzca transformaciones automáticas. Su capacidad transformadora depende de los procesos de traducción, mediación, aprendizaje y formalización que se construyen en cada contexto de uso. Lo que surge del análisis es, por lo tanto, una interpretación más precisa: el 3D interactivo no debe comprenderse solo como una tecnología visual avanzada, sino como una mediación sociotécnica que modifica los modos de producir,

comunicar, validar y estabilizar conocimiento proyectual en la práctica profesional contemporánea.

Asimismo, el análisis de los casos evidencia que la noción de videojuego opera como una referencia persistente en la interpretación de estas tecnologías. En algunos recorridos, las herramientas y lógicas provenientes del diseño de videojuegos aportan modos de pensar el espacio basados en la navegación, la interacción, el recorrido y la experiencia. No obstante, al trasladarse a la arquitectura, el patrimonio, el urbanismo o la comunicación proyectual, esas lógicas deben ser traducidas y ajustadas. El 3D interactivo no se convierte simplemente en un videojuego aplicado al proyecto, sino en un medio híbrido donde se reorganizan lenguajes, expectativas y criterios de comprensión espacial. Esta diferenciación resulta relevante para la práctica profesional, ya que permite evitar confusiones entre experiencia lúdica, simulación espacial, visualización proyectual y mediación con clientes o públicos.

En el plano académico, el trabajo aporta una mirada situada sobre la adopción de tecnologías 3D interactivas en América Latina. Frente a enfoques tecnocéntricos o universalizantes, la investigación muestra que la innovación no se despliega de manera homogénea ni responde a un modelo único de implementación. Por el contrario, se configura a partir de trayectorias profesionales, recursos disponibles, condiciones institucionales, redes de actores, expectativas de clientes y formas locales de apropiación. Esta perspectiva permite complejizar las narrativas sobre transformación digital, mostrando que las tecnologías adquieren sentido en relación con los contextos concretos en los que son utilizadas.

La investigación también realiza un aporte conceptual al articular el estudio del 3D interactivo en línea con tres dimensiones analíticas: la traducción tecnológica, la interacción entre actores y la formalización del conocimiento. Para ello, retoma marcos como el construccionismo social de la tecnología (Pinch & Bijker, 1987), el concepto de objetos fronterizos (Star & Griesemer, 1989), la teoría de la traducción (Callon & Latour, 1986) y el modelo de conversión del conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995), articulándolos con evidencia empírica localizada. Esta matriz permitió observar cómo las herramientas son adaptadas y resignificadas en cada contexto, cómo median la comunicación y la validación del proyecto, y cómo los aprendizajes generados en el uso pueden transformarse en saber profesional transmisible. En este sentido, el trabajo no solo describe casos de adopción tecnológica, sino que propone un modo de interpretarlos como procesos de reconfiguración de la práctica proyectual.

Asimismo, este estudio contribuye a los debates sobre representación y visualización en arquitectura y diseño al desplazar la atención desde la imagen como resultado hacia la imagen como mediación. El 3D interactivo en línea no es analizado únicamente por su capacidad de producir realismo, inmersión o impacto visual, sino por su potencia para organizar relaciones entre profesionales, clientes, instituciones, plataformas y públicos diversos. Esta lectura permite comprender la imagen interactiva como un espacio donde se articulan comunicación, experiencia, conocimiento y toma de decisiones.

Esta lectura también matiza la idea de innovación tecnológica. Los casos muestran que, incluso en proyectos de mayor escala o con más infraestructura, la adopción del 3D interactivo conserva un componente exploratorio: los profesionales prueban, testean, corrigen y aprenden a utilizar estas herramientas de manera progresiva. Esta condición revela que la transformación no depende únicamente de la disponibilidad técnica, sino de los procesos de apropiación, mediación y aprendizaje que se construyen alrededor de la herramienta. Por ello, el 3D interactivo podría comprenderse como una tecnología disruptiva en la práctica profesional no porque produzca efectos automáticos, sino porque reorganiza aspectos clave del actuar proyectual.

Finalmente, la investigación ofrece un aporte metodológico al proponer una lectura comparativa de casos heterogéneos que no busca reducirlos a una única trayectoria de adopción, sino identificar patrones, tensiones y configuraciones recurrentes. La construcción de patrones y arquetipos permitió ordenar modos diversos de apropiación del 3D interactivo en línea sin convertirlos en categorías cerradas. Esta estrategia puede resultar útil para futuras investigaciones sobre tecnologías emergentes en disciplinas proyectuales, especialmente cuando se analizan prácticas atravesadas por desigualdades de acceso, aprendizajes informales, circulación digital del conocimiento y transformaciones en los modos de trabajo profesional.

En conjunto, el aporte de esta investigación reside en mostrar que el 3D interactivo en línea no es simplemente una nueva herramienta de representación, sino una mediación sociotécnica que transforma la práctica proyectual desde adentro. Su incorporación modifica los modos de producir imágenes, pero también los modos de pensar, comunicar, aprender, negociar y validar el proyecto. En esa transformación se observa su relevancia para la arquitectura y el diseño contemporáneos en América Latina.

9.2. Alcances, limitaciones y líneas futuras de investigación

Como toda investigación cualitativa de carácter exploratorio e interpretativo, este trabajo presenta alcances y limitaciones que resulta necesario explicitar. La tesis no buscó realizar una generalización estadística sobre la adopción del 3D interactivo en línea en América Latina, sino construir una comprensión situada a partir de un conjunto de casos seleccionados por su pertinencia, diversidad y riqueza analítica. En este sentido, los hallazgos no pretenden representar la totalidad del campo profesional, sino aportar claves interpretativas para comprender procesos de adopción, traducción, mediación y formalización del conocimiento en prácticas proyectuales concretas.

El principal alcance de la investigación reside en haber reconstruido experiencias diversas de incorporación del 3D interactivo en línea en contextos latinoamericanos, atendiendo no sólo a las herramientas utilizadas, sino también a las trayectorias profesionales, condiciones de trabajo, formas de aprendizaje, relaciones entre actores y modos de estabilización de saberes. Esta mirada permitió reconocer patrones y tensiones comunes entre casos heterogéneos, sin reducirlos a una trayectoria única de adopción tecnológica. Asimismo, la lectura transversal permitió proponer configuraciones analíticas y aproximaciones conceptuales que contribuyen a comprender el 3D interactivo como mediación sociotécnica dentro del ecosistema proyectual contemporáneo.

Entre las limitaciones del trabajo, debe señalarse que el corpus se compone de seis casos seleccionados intencionalmente, por lo que no permite medir la extensión cuantitativa del fenómeno ni establecer tendencias estadísticas a escala regional. La diversidad de los casos constituye una fortaleza interpretativa, pero también implica un límite: cada experiencia responde a contextos, escalas, recursos y objetivos distintos, lo que impide comparaciones homogéneas en términos estrictos. Además, el acceso a ciertos procesos internos de trabajo, archivos técnicos, métricas de uso, datos comerciales o dinámicas completas de interacción con clientes y usuarios fue necesariamente parcial, debido a restricciones de confidencialidad, disponibilidad de información o condiciones propias de cada práctica profesional.

Otra limitación se vincula con la velocidad de transformación del campo tecnológico. Las plataformas, motores gráficos, herramientas de visualización, sistemas de alojamiento online, dispositivos de captura, realidad virtual, realidad aumentada e inteligencia artificial evolucionan de manera acelerada. Por ello, algunos recursos técnicos mencionados en la investigación pueden modificarse rápidamente, quedar

obsoletos o integrarse a nuevos flujos de trabajo. Sin embargo, esta condición no invalida los hallazgos, ya que el foco de la tesis no estuvo puesto en evaluar herramientas específicas, sino en comprender los procesos sociotécnicos de adopción, adaptación y resignificación que acompañan su incorporación en la práctica profesional.

Asimismo, la investigación se centró en casos donde el 3D interactivo en línea ya había alcanzado algún grado de implementación, experimentación o visibilidad. Futuras investigaciones podrían ampliar el análisis hacia estudios, profesionales o instituciones que aún no han logrado incorporar estas tecnologías, con el fin de comprender con mayor profundidad las barreras de acceso, formación, infraestructura, costo, tiempo, conectividad o legitimidad que condicionan su adopción. También resultaría relevante estudiar casos donde la implementación haya sido fallida, interrumpida o resistida, ya que estas experiencias podrían ofrecer información valiosa sobre los límites reales de la promesa tecnológica.

A partir de los hallazgos obtenidos, se abren varias líneas futuras de investigación. Una primera línea podría profundizar el estudio del 3D interactivo en línea como parte de ecosistemas digitales más amplios de presencia profesional, comunicación remota, posicionamiento online y construcción de confianza. En este sentido, sería pertinente analizar cómo estos modelos circulan en sitios web, redes sociales, plataformas de visualización, portfolios digitales o estrategias comerciales, y qué impacto tienen en la percepción del valor profesional, la captación de clientes y la legitimación de servicios proyectuales.

Una segunda línea futura podría centrarse en las modalidades emergentes de uso identificadas en esta tesis: el 3D interactivo como maqueta digital, como fotografía navegable o registro espacial interactivo, y como zona de trabajo inmersiva. Estas aproximaciones no fueron planteadas como categorías definitivas, sino como indicios conceptuales que requieren mayor desarrollo. Profundizar en ellas permitiría comprender mejor las diferencias entre usos proyectivos, documentales, reconstructivos, experimentales y generativos del 3D interactivo en arquitectura, diseño, patrimonio, urbanismo, arte, educación y comunicación territorial.

Una tercera línea de investigación podría abordar con mayor detalle la dimensión pedagógica y formativa de estas tecnologías. Los casos analizados muestran que gran parte del aprendizaje se produce mediante ensayo, error, experimentación y resolución de problemas concretos. Por ello, resultaría relevante estudiar cómo las instituciones educativas, estudios profesionales, laboratorios y programas de formación podrían

incorporar estas herramientas no solo como recursos técnicos, sino como medios para desarrollar competencias proyectuales, comunicacionales, colaborativas y críticas.

Finalmente, una línea futura especialmente significativa se vincula con la integración creciente de inteligencia artificial, automatización visual, generación asistida de modelos, gemelos digitales y realidades extendidas en los procesos proyectuales. Estos desarrollos podrían intensificar las transformaciones observadas en esta tesis, pero también abrir nuevas preguntas sobre autoría, criterio profesional, estandarización visual, dependencia tecnológica, ética del dato y redefinición del saber proyectual. Analizar estas transformaciones desde una perspectiva situada permitiría continuar el camino iniciado por esta investigación, evitando tanto la idealización acrítica de la innovación como su rechazo conservador.

En síntesis, los alcances y limitaciones de esta tesis permiten comprender que el estudio del 3D interactivo en línea constituye un campo abierto, dinámico y en plena expansión. Los casos analizados ofrecen una base empírica para interpretar procesos de adopción tecnológica en América Latina, pero también muestran la necesidad de continuar investigando cómo estas herramientas se integran, se resignifican y transforman las prácticas profesionales en contextos diversos. Más que cerrar el problema, esta investigación busca aportar una plataforma conceptual y metodológica desde la cual seguir interrogando las relaciones entre tecnología, proyecto, comunicación, conocimiento y práctica profesional.

Capítulo 10

Anexos

10.1. Índice de Figuras

Figura 1. Imagen de presentación del caso de Natalia Martínez Hurtado. Modelo tridimensional interactivo que sintetiza su práctica proyectual

Figura 2. Vista general del portafolio digital de Natalia Martínez Hurtado en Sketchfab

Figura 3. Estudio geométrico y estructural de la cubierta orgánica de *Guadua angustifolia* Kunth

Figura 4. Kiosco en Santa Rosa de Cabal. Relación entre el modelo digital interactivo y la obra construida

Figura 5. Modelo 3D interactivo de zapatilla Nike en Sketchfab realizado por Diego Viegas

Figura 6. Escultura digital texturizada para Adobe Substance 3D

Figura 7. Reconstrucción interactiva de patrimonio urbano en San Luis Potosí

Figura 8. Recreación digital interactiva de la Villa Cornelius a partir de la documentación arqueológica

Figura 9. Colección de maquetas digitales interactivas desarrolladas por HASEN Arquitectura y publicadas en Sketchfab

Figura 10. Modelo 3D interactivo de HASEN Arquitectura con puntos de observación y recorridos guiados, utilizado como herramienta de mediación y toma de decisiones en la interacción con los clientes

Figura 11. Entorno urbano interactivo del proyecto +Colonia en plataforma web

Figura 12. Recorrido arquitectónico interactivo de unidades habitacionales en +Colonia

Figura 13. Proyecto +Colonia destacado en la plataforma Vinode como caso de referencia

Figura 14. Fotogrametría de la Cigarra: modelo digital y objeto material derivado

Figura 15. Escaneo 3D experimental de cuerpo humano mediante luz estructurada

Figura 16. Fulguraciones: modelado digital y simulación espacial previa a la instalación

10.2. Índice de Tablas

Tabla 1. Componentes que delimitan el alcance de la investigación

Tabla 2. Planteamiento general de la investigación

Tabla 3. Primer núcleo problemático: adopción y traducción del 3D interactivo en línea en la práctica profesional

Tabla 4. Segundo núcleo problemático: interacción entre actores y mediación del 3D interactivo en línea

Tabla 5. Tercer núcleo problemático: formalización del conocimiento profesional y sostenibilidad de las prácticas

Tabla 6. Estructura de la investigación: el 3D interactivo en línea como dispositivo de cambio

Tabla 7. Modos de interacción y colaboración en la adopción del 3D interactivo en América Latina

Tabla 8. Modos emergentes de formalización del conocimiento 3D interactivo en América Latina

Tabla 9. Arquetipos de adopción del 3D interactivo y sus características predominantes

Tabla 10. Usos y configuraciones del 3D interactivo en arquitectura y diseño industrial

10.3. Anexos

10.3.1. Anexo I

Matriz comparativa completa de análisis de casos

La siguiente matriz presenta la sistematización completa del análisis comparativo de los seis casos estudiados en esta investigación. En ella se organizan las dimensiones analíticas, categorías, variables observadas y conceptos teóricos asociados, permitiendo visualizar de manera integrada los procesos de adopción, traducción y formalización del conocimiento en torno al 3D interactivo en arquitectura y diseño en América Latina. Esta matriz constituye el instrumento de síntesis que sustenta la lectura transversal desarrollada en el Capítulo 5.

La construcción de esta matriz se basa en la articulación entre las dimensiones teóricas del estudio (interacción entre actores, traducción tecnológica y formalización del conocimiento) y las evidencias empíricas recogidas en entrevistas y análisis de práctica profesional.

Fenómeno	Categoría	Variable a analizar	Descripción del eje	Concepto teórico asociado	Objetivo	Relevancia	Datos clave a observar	Caso Natalia (Colombia)	Caso Diego Viegas (Argentina)	Caso Ripalda (Perú/México)	Caso HASEN (México)	Caso Astutti (Argentina)	Caso +Colonia (Uruguay)
Adopción y adaptación de tecnologías 3D interactivas en arquitectura, diseño e interiorismo en América Latina.	Interacción social entre actores	Significado atribuido a la tecnología	Analiza cómo distintos actores interpretan, discuten y negocian el uso del 3D interactivo según sus roles.	SCOT – Controversias tecnológicas	Comprender cómo actores colaboran, negocian y distribuyen poder en torno a la tecnología.	Permite identificar tensiones, colaboraciones, resistencias y circulación de saberes.	¿Quién participa? ¿Cómo se negocian decisiones? ¿Cómo circula el conocimiento?	Interacción individual; aprendizaje autodidacta; feedback informal entre colegas; clientes no técnicos.	Interdisciplina entre artistas, arqueólogos, museos; fuerte validación técnica y científica.	Trabajo remoto; interacción programada res-modeladores-clientes; coordinación distribuida.	Dúo estable; comunicación directa con clientes; negociación basada en iteración del 3D.	Constelaciones colaborativas arte-ciencia; vínculos con instituciones y comunidades culturales.	Interacción entre urbanismo, comunicación, desarrolladores Unreal; equipo transnacional.
		Procesos de ajuste y negociación	Observa cómo la tecnología se transforma según conflictos, diferencias disciplinares o necesidades de cada actor.	Teoría de la Traducción – Callon y Latour	Reconocer cómo se ajusta la tecnología según tensiones entre actores.	Revela el carácter no lineal de la adopción tecnológica.	¿Qué intereses entran en conflicto? ¿Qué ajustes se negocian?	Clientes prefieren vistas estáticas; ella ajusta materiales y atmósferas para claridad.	Negocia exactitud científica con estética visual; coordinación entre áreas.	Ajusta realismo y navegación según metas del cliente; negociación de expectativas.	Clientes con distintos niveles técnicos exigen modelos más o menos realistas.	Negociación entre arte, tecnología y significado simbólico; ajustes experimentales.	Negociación entre equipo técnico, comunicación y política urbana; ajustes por normativa.
	Ajustes de la tecnología según el contexto y los actores	Objetos fronterizos y navegadores de frontera	Elementos (modelos 3D, plataformas, motores) que permiten trabajar entre disciplinas y públicos distintos.	Objetos Fronterizos – Star & Griesemer	Analizar cómo la tecnología articula actores diversos.	Evidencia cómo la herramienta se vuelve un mediador entre disciplinas.	¿Qué elemento funciona como puente?	Sketchfab como objeto fronterizo entre diseñadora y clientes; visualización accesible.	Escaneos 3D como puente entre arte y ciencia; visualización patrimonial.	Recorridos interactivos como puente entre hotelería, turismo y tecnología.	3D interactivo como mediador entre arquitectos y clientes para validar decisiones	Escaneos, VR y animación como frontera entre arte, cuerpo y tecnología.	Modelo Unreal como puente entre comunicación, diseño urbano y empresas internacionales.

		Innovación de usuario (modificaciones y adaptaciones)	Analiza cómo cada actor adapta y resignifica la herramienta para sus propósitos.	Innovación de Usuario – von Hippel	Evaluar cómo la herramienta se modifica según necesidades locales.	Muestra cómo el usuario se vuelve desarrollador parcial de la tecnología.	¿Qué ajustes técnicos realiza? ¿Qué aprendizajes incorpora?	Reorganiza capas, materiales y texturas; sustituye renderizado por Sketchfab.	Modifica flujos de escaneo, fotogrametría y optimización; hardware propio.	Optimiza motores para VR, educación y marketing; ajusta navegación.	Adapta nivel de realismo y modelado según cliente y tiempo.	Combina procesos no pensados para arte: escaneo automatizado + VR + performance.	Optimiza UE para uso web; integra servicios futuros; coordina con empresa polaca para hosting.
	Formalización del conocimiento	Aprendizaje basado en la experiencia	El conocimiento se construye mediante uso, práctica y ensayo-error.	Aprender Haciendo – Lundvall	Comprender cómo se aprende y se estabiliza el conocimiento.	Garantiza autonomía, escalabilidad y repetibilidad del uso tecnológico.	¿Cómo se aprende? ¿Cómo se transfieren buenas prácticas?	Autodidacta; aprendizaje por prueba y error; construcción de método propio.	Acumulación de experiencia de 20 años; prácticas expertas implícitas.	Aprendizaje tecnológico continuo integrado en pipelines profesionales.	Aprendizaje compartido entre socios; ajustes continuos según feedback.	Aprendizaje experimental; metodologías no estandarizadas.	Aprendizaje distribuido en equipo; incorporación progresiva de capacidades 3D.
		Internalización y compartición del conocimiento	Analiza cómo el conocimiento se codifica, documenta y transmite.	Conocimiento Tácito y Codificado – Nonaka y Takeuchi	Identificar cómo el saber técnico circula más allá del individuo.	Evalúa sostenibilidad del uso tecnológico en organizaciones.	¿Cómo se documenta? ¿Qué barreras existen?	Conocimiento tácito; circulación entre colegas; no documentado.	Conocimiento mixto; documentación parcial; transmisión desde práctica.	Documentación interna de flujos; roles definidos por especialización.	Manuales internos y procedimientos compartidos; revisión constante.	Transferencia informal desde comunidades y colaboraciones.	Capacitación interna; documentación parcial; dependencia de soporte externo para hosting.

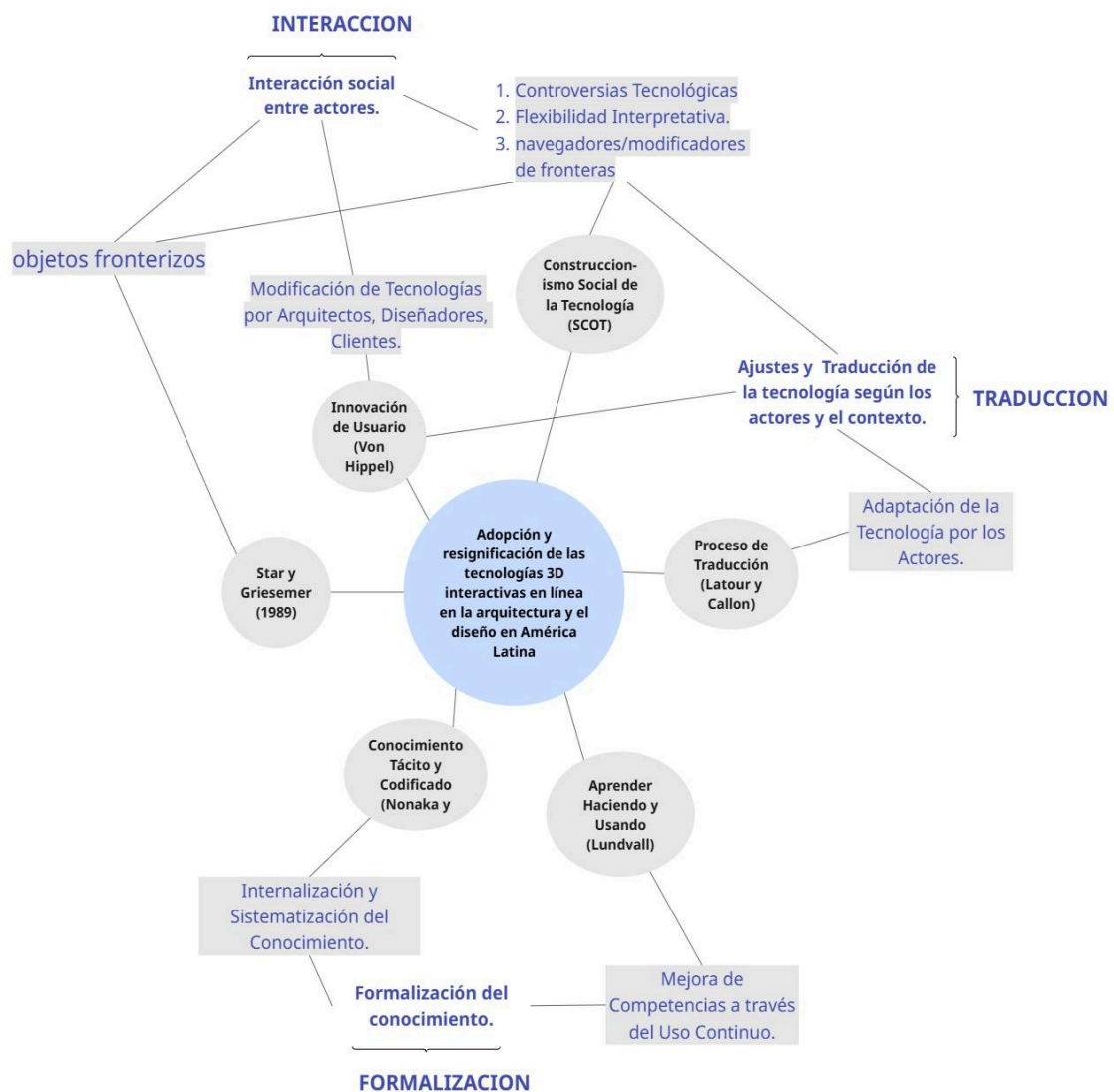
[Anexo I. Matriz comparativa completa de análisis de casos - Análisis Transversal.pdf](#)

10.3.2. Anexo II

Esquema conceptual del modelo analítico

El siguiente esquema sintetiza el modelo conceptual que estructura el análisis desarrollado en esta investigación. En él se representan las tres dimensiones analíticas —interacción entre actores, traducción tecnológica y formalización del conocimiento— y su articulación con los principales enfoques teóricos que sustentan el estudio.

El esquema permite visualizar la relación entre los marcos conceptuales adoptados y el fenómeno central analizado: la adopción de tecnologías 3D interactivas en la práctica profesional de la arquitectura y el diseño en América Latina.



 Anexo II. Esquema completo articulado con autores y conceptos.jpg

Referencias

- Albrieu, R., Basco, A. I., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., & Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina*. BID–INTAL.
- Anderson, C. (2006). *The long tail: Why the future of business is selling less of more*. Hachette UK.
- Anderson, C. (2012). *Makers: The new industrial revolution*. Crown Business.
- Anderson, T. (Ed.). (2008). *The theory and practice of online learning*. Athabasca University Press.
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173. <https://doi.org/10.2307/2295952>
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Berman, B. (2012). Toward a new era of trust and accountability in cyberspace. *IEEE Security & Privacy*, 10(5), 73–75.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. J. (Eds.). (1987). *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*. MIT Press.
- Birtchnell, T., & Urry, J. (2013). 3D, SF and the future. *Futures*, 50, 25–34.
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2013.03.005>
- Blascovich, J., & Bailenson, J. (2011). *Infinite reality: Avatars, eternal life, new worlds, and the dawn of the virtual revolution*. William Morrow.
- Bolter, J. D., & Grusin, R. (1999). *Remediation: Understanding new media*. MIT Press.
- Bonsiepe, G. (1999). *Del objeto a la interfase: Mutaciones del diseño*. Ediciones Infinito.
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.
- Bowman, D. A., Chen, J., Wingrave, C. A., Lucas, J., Ray, A., Polys, N. F., Li, Q., Haciahetoglu, Y., Kim, J.-S., Kim, S., Boehringer, R., & Ni, T. (2006). New directions in 3D user interfaces. *International Journal of Virtual Reality*, 5(2), 3–14. <https://doi.org/10.20870/ijvr.2006.5.2.2683>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
<https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

- Bre, P. (2007). Technological design as an evolutionary process. In P. E. Vermaas, P. A. Kroes, A. Light, & S. Moore (Eds.), *Philosophy and design: From engineering to architecture* (pp. 61–72). Springer Science & Business Media.
- Broy, N., Lindner, V., & Alt, F. (2016). The S3D-UI designer: A tool for designing 3D user interfaces. In *Proceedings of the 15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 381–385). ACM.
<https://doi.org/10.1145/3012709.3012727>
- Bruns, A. (2006). *Towards produsage: Futures for user-led content production*. In F. Sudweeks, H. Hrachovec, & C. Ess (Eds.), *Proceedings of Cultural Attitudes towards Communication and Technology* (pp. 275–284). Sydney: University of Sydney.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton.
- Callon, M., & Latour, B. (1986). Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In J. Law (Ed.), *Power, action and belief: A new sociology of knowledge?* (pp. 196–233). Routledge.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). *Could 3D printing change the world? Technologies, potential, and implications of additive manufacturing*. Atlantic Council.
- Carmo, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. MIT Press.
- Carmo, M. (2017). *The second digital turn: Design beyond intelligence*. MIT Press.
- Carr, N. (2010). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. W. W. Norton & Company.
- Castells, M. (2010). *The rise of the network society*. Wiley-Blackwell.
- Chan, M. (2002). *Virtual reality: Representations in contemporary media*. Routledge.
- Cooper, A. (1995). *About face: The essentials of user interface design*. IDG Books Worldwide.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE.
- David, A., Joy, E., Kumar, S., & Bezaleel, S. J. (2022). Integrating virtual reality with 3D modeling for interactive architectural visualization and photorealistic simulation. In *Second International Conference on Image Processing and Capsule Networks (ICIPCN 2021)* (pp. 180–192). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-84760-9_17
- Del Giorgio Solfa, F., Amendolaggin, G., & Alvarado Wall, T. A. (2018). Nuevos paradigmas para el diseño de productos: Design Thinking, Service Design y

- experiencia de usuario. *Arte e Investigación*, 14, e012.
<https://doi.org/10.24215/24691488e012>
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2005). *The SAGE handbook of qualitative research* (3rd ed.). SAGE.
- Dibbell, J. (2006). *Play money: Or, how I quit my day job and made millions trading virtual loot*. Basic Books.
- DiSalvo, C. (2012). *Adversarial design*. MIT Press.
- Dourish, P. (2001). *Where the action is: The foundations of embodied interaction*. MIT Press.
- Fink, C. (2020). *Charlie Fink's metaverse: An AR-enabled guide to AR & VR*. Forbes Books.
- Finocchi, R., Perri, A., & Peverini, P. (2020). Smart objects in daily life. *Semiotica*, 2020(233), 35–56. <https://doi.org/10.1515/sem-2019-0020>
- Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.
- Florida, R. (2002). *The rise of the creative class: And how it's transforming work, leisure, community and everyday life*. Basic Books.
- Ford, M. (2015). *Rise of the robots: Technology and the threat of a jobless future*. Basic Books.
- Fressoli, M., & Arza, V. (2017). Negociando la apertura en ciencia abierta: Un análisis de casos ejemplares en Argentina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 12(36), 139–162.
- Fressoli, M., & Smith, A. (2024). El papel de la innovación abierta y colaborativa en los nuevos marcos de innovación. *Ciencia, Tecnología y Política*, 7(12), e112.
<https://doi.org/10.24215/26183188e112>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Direct digital manufacturing. In *Additive manufacturing technologies* (pp. 375–397). Springer.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Ham, J. J., & Schnabel, M. A. (2011). Web 2.0 virtual design studio. *Architectural Science Review*, 54(2), 108–116.
<https://doi.org/10.1080/00038628.2011.582369>

- Hansen, M. B. N. (2015). *Feed-forward: On the future of twenty-first-century media*. University of Chicago Press.
- Hayles, N. K. (1999). *How we became posthuman*. University of Chicago Press.
- Hayles, N. K. (2006). *My mother was a computer*. University of Chicago Press.
- Ihde, D. (2009). *Postphenomenology and technoscience*. SUNY Press.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, 234–241. ACM.
<https://doi.org/10.1145/258549.258715>
- Ishii, H. (2008). Tangible bits: Beyond pixels. In A. Schmidt, H. Gellersen, E. van den Hoven, A. Mazalek, P. Holleis, & N. Villar (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '08)* (pp. 15–25). Association for Computing Machinery.
<https://doi.org/10.1145/1347390.1347392>
- Jenkins, H. (2006). *Convergence culture*. NYU Press.
- Juez, M. (2002). *Contribuciones para una antropología del diseño*. Gedisa.
- Knochel, A. D. (2018). An object-oriented curriculum theory for STEAM. *International Journal of Education Through Art*, 14(1), 35–48.
- Kvale, S. (1996). *InterViews*. SAGE.
- Lanier, J. (2017). *Dawn of the new everything: Encounters with reality and virtual reality*. Henry Holt and Co.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social*. Oxford University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Leach, N. (2021). *Architecture in the age of artificial intelligence*. Bloomsbury.
- Lévy, P. (1998). *Qu'est-ce que le virtuel?* La Découverte.
- Loewy, R. (1951). *Never leave well enough alone*. Simon & Schuster.
- Lundvall, B.-Å. (1988). Innovation as an interactive process. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.), *Technical change and economic theory* (pp. 349–369). Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers.
- Maldonado, T. (1977). *El diseño industrial reconsiderado*. Gustavo Gili.
- Maldonado, T. (1994). *Lo real y lo virtual*. Barcelona: Gedisa.
- Manovich, L. (2001). *The language of new media*. MIT Press.
- Manovich, L. (2013). *Software takes command*. Bloomsbury.

- Manovich, L. (2014). Software is the message. *Journal of Visual Culture*, 13(1), 79–81.
<https://doi.org/10.1177/1470412913509459>
- Manzini, E. (2015). *Design, when everybody designs*. MIT Press.
- Marenko, B. (2015). Digital materiality, morphogenesis and the intelligence of the technodigital object. In B. Marenko & J. Brassett (Eds.), *Deleuze and design* (pp. 107–138). Edinburgh University Press.
<https://doi.org/10.1515/9780748691555-006>
- Moggridge, B. (2006). *Designing interactions*. MIT Press.
- Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications. *Applied Geomatics*, 6, 1–15.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nissenbaum, H. (2010). *Privacy in context*. Stanford University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company*. Oxford University Press.
- Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. Basic Books.
- Norman, D. A. (2007). *The design of future things*. Basic Books.
- Orelaja, O. A., Musa, A. I., Abdulyezir, A., Badmos, A., Adeleke, M. B., Ibrahim, S. D., & Abiodun, O. I. (2021). An interactive analysis of 3D technology and its vast application to human. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 7(5), 53–67.
- Parente, D. (2017). *Del órgano al artefacto*. Siglo XXI Editores.
- Pinch, T., & Bijker, W. E. (1987). The social construction of facts and artefacts. In W. E. Bijker et al. (Eds.), *The social construction of technological systems* (pp. 17–50). MIT Press.
- Pinch, T. (2008). Technology and institutions. *Theory and Society*, 37(5), 461–483.
- Pink, D. H. (2009). *Drive: The surprising truth about what motivates us*. Riverhead Books.
- Portman, M. E., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). Virtual reality in architecture. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376–384.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001>
- Poster, M. (2001). *The second media age*. Polity.
- Raff, S., Wentzel, D., & Obwegeser, N. (2020). Smart products. *Journal of Product Innovation Management*, 37(5), 379–404. <https://doi.org/10.1111/jpim.12544>
- Rawsthorn, A. (2018). *Design as an attitude*. JRP Editions.
- Rose, D. (2014). *Enchanted objects*. Scribner.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: Technology and economics*. Cambridge University Press.

- Roude, J. A., & Del Giorgio Solfa, F. (2022). *Prótesis inteligentes en la industria 4.0: Vínculos entre humanos y dispositivos de realidad aumentada visual*. X Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Projectuales, Facultad de Artes, Universidad Nacional de La Plata.
- Roude, J. A., & Del Giorgio Solfa, F. (2024). *Análisis de actores en artefactos inteligentes de realidad aumentada portátiles* [Resumen]. 2° Congreso Internacional de Enseñanza y Producción de las Artes en América Latina (CIEPAAL), Instituto de Investigación en Producción y Enseñanza del Arte Argentino y Latinoamericano, La Plata, Argentina.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson.
- Samaja, J. (1993). *Epistemología y metodología*. Eudeba.
- Schell, J. (2008). *The art of game design*. CRC Press.
- Schön, D. (1983). *The reflective practitioner*. Basic Books.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2014). Transcending the self in immersive virtual reality. *Computer*, 47(7), 24–30. <https://doi.org/10.1109/MC.2014.198>
- Solernó, J. (2021). Pensar la tecnología como mediación. *Avatares Filosóficos*, (6), 22–40.
- Spreitzer, G. M., Cameron, L., & Garrett, L. (2017). Alternative work arrangements. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 4(1), 473–499. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-032516-113332>
- Stake, R. E. (2006). Multiple case study analysis. Guilford Press.
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional ecology, translations and boundary objects. *Social Studies of Science*, 19(3), 387–420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Sterling, B. (2005). *Shaping things*. MIT Press.
- Suchman, L. A. (2007). *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Susskind, R., & Susskind, D. (2015). *The future of the professions: How technology will transform the work of human experts*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198713395.001.0001>
- Tryon, C. (2013). *On-demand culture*. Rutgers University Press.
- Turkle, S. (2011). *Alone together*. Basic Books.
- Tushman, M. L., & Scanlan, T. J. (1981). Boundary spanning individuals. *Academy of Management Journal*, 24(2), 289–305.
- Van Dijk, J. A. G. M. (2020). *The digital divide*. Polity.
- Verbeek, P.-P. (2011). *Moralizing technology*. University of Chicago Press.

- Von Hippel, E. (1986). Lead users. *Management Science*, 32(7), 791–805.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.791>
- Von Hippel, E. (2005). *Democratizing innovation*. MIT Press.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/2333.001.0001>
- Voordijk, H., & olde Scholtenhuis, L. (2024). Technological mediation and 3D visualizations in construction engineering practice. *AI & Society*, 39(1), 207–220. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01420-3>
- Wellman, B. (2001). Physical place and cyberplace. *International Journal of Urban and Regional Research*, 25(2), 227–252.
- Yee, N. (2014). *The proteus paradox*. Yale University Press.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). SAGE.
- Ynoub, R. C. (2007). *El proyecto y la metodología de la investigación* (1a ed.). Buenos Aires: Cengage Learning.
- Yue, G. (2021). 3D user interface in virtual reality. In *Communications in Computer and Information Science* (pp. 418–423). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-90176-9_54