

La hibridación del proyecto arquitectónico como posibilidad para superar el debate entre lo digital y lo analógico

The hybridization of the architectural project as a possibility to overcome the debate between digital and analog

DOI: <https://10.32870/rvcs.v0i19.326>

MARÍA LUISA GARCÍA YERENA

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0000-0001-7675-4536

Correo electrónico: mluisa.yerena@cuaad.udg.mx

JOSÉ ALEJANDRO MADRID REA

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0001-7045-2702

Correo electrónico: jose.madrid1656@alumnos.udg.mx

JESÚS MAURICIO JARAMILLO VILLALOBOS

Universidad de Guadalajara, México. ORCID: 0009-0005-0245-414X

Correo electrónico: mauriciojv90@gmail.com

Recepción: 31 de marzo de 2025 Aceptación: 10 de julio de 2025

RESUMEN

En este artículo se aborda el proyecto arquitectónico en un contexto de actualidad, complejo y de transformaciones fundamentales para toda la sociedad, cuyas condiciones se traducen en un campo fértil de oportunidades y cambios. El objetivo es explorar de qué maneras el proyecto arquitectónico se adapta a esta situación, en sus procesos y métodos, y generar un conjunto de reflexiones que contemplen nuevas perspectivas a partir del pensamiento teórico y crítico, así como de adaptación adecuada de las herramientas analógicas y digitales. Se establece una metodología comparativa y crítica desde un enfoque exploratorio y descriptivo, que analiza el uso de herramientas tradicionales y tecnologías digitales y emergentes, como realidad virtual, realidad aumentada e inteligencia artificial. Los resultados destacan las características subjetivas y virtudes de los instrumentos tradicionales, así como las oportunidades creativas de las nuevas herramientas para la revolución proyectual.

ABSTRACT

This article addresses architectural design in a contemporary context marked by fundamental transformations across society, creating fertile ground for opportunities and change. The objective is to explore how architectural design adapts to this reality in its processes and methods, generating a set of reflections that consider new perspectives through theoretical and critical thinking and the appropriate adaptation of analog and digital tools. A comparative and critical methodology is established, from an exploratory and descriptive approach, to analyze the use of traditional tools alongside digital and emerging technologies such as virtual reality, augmented reality, and artificial intelligence. The results highlight the subjective characteristics and virtues of traditional instruments, as well as the creative opportunities offered by new tools for the design revolution. The integration of emerging technologies into the design process poses adaptation challenges and limitations for



La integración de tecnologías emergentes en el proceso de diseño implica desafíos de adaptación, y limitaciones para su aceptación por parte de las prácticas tradicionales. El debate planteado encuentra valor al aproximarse y confrontar las oportunidades y tensiones instrumentales más actuales, contribuyendo a la construcción de perspectivas renovadas. Además, forma parte de una línea de investigación en fortalecimiento dentro del programa de Maestría en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyectación Arquitectónica-Urbana, denominada “Procesos para la proyectación arquitectónica”, que pretende contribuir al enriquecimiento del proyecto arquitectónico presente y futuro. Entre las conclusiones se destaca la convergencia de herramientas analógicas y emergentes que desde una hibridación y alternancia gráfica es pertinente para innovar y enriquecer la visión del proyecto arquitectónico.

Palabras clave: proyecto arquitectónico, herramienta analógica, herramienta digital, digitalización, proyecto arquitectónico digital, hibridación gráfica, tecnologías emergentes.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se abordan de forma sucinta algunos aspectos del contexto actual del proyecto arquitectónico enmarcado en una época de múltiples influencias y transformaciones fundamentales en todos los ámbitos de la sociedad. Las nuevas condiciones que se presentan se traducen en un campo fértil de oportunidades para analizar y de cambios paulatinos y permanentes, lo que conlleva a cuestionamientos disciplinares: ¿cómo serán los procesos y formas de proyectar en la arquitectura? En este escenario, el proyecto adquiere relevancia y consideración especial de estudio, particularmente en las fases de conceptualización y diseño, donde se identifican con claridad las dinámicas de hibridación entre herramientas tradicionales y tecnologías emergentes.

Es precisamente en estas fases iniciales del proceso proyectual donde se articulan los procesos de pensamiento espacial, teórico y creativo, los cuales se ven potenciados tanto por herramientas

their acceptance by more traditional practices. This study finds its value in approaching and confronting the latest instrumental opportunities and tensions, contributing to the construction of revitalized perspectives. Moreover, it is part of a broader research line within the Master's Program in Processes and Graphic Expression in Architectural-Urban Design, titled “Processes for Architectural Design”, which aims to enrich the present and future of architectural design. In conclusion, the convergence of analog and emerging tools, through graphic hybridization and alternation, proves pertinent for innovating design practices and enhancing the vision of architectural projects.

Keywords: architectural project, analog tool, digital tool, digitization, digital architectural project, graphic hybridization, emerging technologies.

analógicas —caracterizadas por un alto grado de subjetividad e intuición — como por la integración de recursos digitales avanzados, tales como la realidad virtual, la realidad aumentada y la inteligencia artificial, que aportan nuevas formas de visualización, modelado y experimentación espacial. Estas tecnologías emergentes introducen elementos innovadores en la construcción del ideario arquitectónico, revolucionando el ámbito disciplinar.

Asimismo, este artículo tiene como objetivo explorar el proceso de hibridación gráfica en el diseño arquitectónico contemporáneo, entendida como la articulación entre medios analógicos y digitales en las etapas proyectuales. Para ello, se adopta un enfoque exploratorio-descriptivo, basado en revisión bibliográfica, análisis gráfico y reflexión crítica a partir de ejemplos y diagramas generados durante procesos docentes y profesionales. El estudio no busca comprobar hipótesis, sino detonar una discusión teórica y proyectual sobre los aportes, tensiones y posibilidades del

enfoque híbrido. De esta manera, se fortalece la intención de generar un conjunto de reflexiones que contemplen nuevas perspectivas, oportunidades y tensiones en torno a los procesos del pensamiento teórico, crítico, de adaptación y de uso adecuado de las herramientas analógicas y digitales.

Las herramientas analógicas poseen características y aspectos que a lo largo de la historia han hecho posible el desarrollo de proyectos singulares, como también de procesos específicos de pensamiento. Asimismo, las herramientas digitales emergentes tienen cualidades novedosas para la creatividad y experimentación, que interactúan con la proyección. Derivado de dichas cualidades, la implementación de ambos tipos de herramientas supone posibilidades y retos para la arquitectura desde lo social, económico, cultural y proyectual. Por lo tanto, se establece una metodología comparativa y crítica que proporcione nuevas directrices de estudio.

En el debate y confrontación entre las herramientas de representación y de diseño existen tendencias que fomentan posibilidades de proyección arquitectónica, como el método analógico-digital o de hibridación gráfica. De esta manera, para la representación arquitectónica tanto analógica como digital resulta imprescindible el desarrollo de habilidades, criterios y herramientas de manera integradora, lo que implica el fortalecimiento de factores y aspectos como calidad, conocimiento, creatividad, pensamiento crítico, así como el dominio y la alternancia de dichas herramientas.

El texto está organizado en una primera parte a manera de introducción, donde se destacan algunos antecedentes y contexto del cambio tecnológico y la inserción del proyecto arquitectónico en la digitalidad; en un segundo apartado se describe al proyecto arquitectónico y sus herramientas analógicas, digitales y las tecnologías emergentes, así como un especial énfasis en la necesidad de fomentar el pensamiento teórico y crítico; en un tercer apartado se analizan las nuevas tendencias que influyen en el proyecto arquitectónico, y se identifica a la hibridación gráfica y la alternancia de herramientas analógicas y digitales; y por último se presentan algunas conclusiones.

Finalmente cabe subrayar que la pretensión de este documento es fomentar y propiciar reflexiones que justifiquen la necesidad de elaborar estudios e investigaciones en profundidad, así como el fortalecimiento de procesos que involucren una simbiosis entre ambos aspectos *analógico-digital* para encontrar un punto de convergencia entre dichos enfoques. Además, busca establecer una interrelación que potencie la creatividad, la comunicación efectiva, el pensamiento proyectual y la calidad de la representación arquitectónica, para así contribuir al enriquecimiento del proyecto arquitectónico.

ANTECEDENTES Y CONTEXTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Un cambio tecnológico ocurre cuando una nueva tecnología se integra completamente en una sociedad, alterando profundamente sus estructuras y dinámicas. Este proceso va más allá de la mera incorporación de herramientas o dispositivos de manera aislada, pues implica una transformación integral de los sistemas sociales, económicos y culturales. Postman (1992) menciona que “no es posible contener los efectos de una nueva tecnología a una esfera limitada de la actividad humana” (p. 20), y compara este fenómeno con lo que sucede en la naturaleza: una vez que una nueva tecnología se introduce, no lo hace de manera aditiva o sustractiva, sino que modifica el ecosistema entero. En términos sociales, esto significa que no sólo se agregan nuevas capacidades o se eliminan viejas costumbres, sino que la tecnología cambia profundamente la forma en que las personas viven, interactúan y entienden el mundo.

Un objeto tecnológico se crea con el propósito de mejorar algún aspecto de la vida cotidiana, de la ciencia o de la organización social. Sin embargo, el verdadero impacto va mucho más allá de su utilidad instrumental. Un cambio tecnológico significativo se arraiga en los aspectos más profundos de la cultura y la sociedad, transformando valores, hábitos, estructuras laborales, o hasta la propia concepción de la realidad. Así, cuando una tecnología deja de ser vista como una novedad y

pasa a convertirse en parte esencial de la vida, se puede hablar de un cambio tecnológico genuino, proceso que no sólo modifica las herramientas con las que se interactúa, sino que reconfigura la manera en que la sociedad se organiza y se relaciona con el conocimiento, la naturaleza y entre sí.

Esta interacción, además, sucede de manera simbiótica y no determinista. Esto quiere decir que tanto la tecnología incide en las formas de la sociedad, como la sociedad en el éxito de una tecnología. Sobre esto, Postman (1992) menciona que la tecnología está sujeta al control de ciertos actores políticos que se benefician del desarrollo de algunas técnicas sobre otras (p. 14). Por otro lado, Castells (2005) sugiere que la sociedad adapta la tecnología según sus intereses, con lo que moldea el desarrollo de ésta última (pp. 35 y 45). De este modo es evidente que varios autores coinciden en la existencia de variables complejas que promueven el desarrollo tecnológico en determinada dirección, y que elementos como la tecnología y la sociedad conviven en una transformación mutua y constante.

El siglo XX fue testigo de una aceleración tecnológica sin precedentes. La invención y el desarrollo del automóvil, la electricidad, los medios de comunicación masiva y la informática, marcaron cambios radicales que transformaron no sólo la infraestructura de las ciudades y la industria, sino también la vida cotidiana y las formas de comunicación humana. Esta serie de profundas transformaciones culturales y sociales alteraron la forma en que las personas se relacionaban con su realidad. De hecho, la historia de la humanidad marca tres grandes revoluciones industriales, que comenzaron en el siglo XIX y continuaron a lo largo del siglo XX, cada una marcada por avances tecnológicos que redefinieron el paradigma cultural.

La humanidad se encuentra en medio de lo que suele definirse como la cuarta revolución industrial (Schwab, 2020: 8), caracterizada por la fusión de tecnologías que están borrando las líneas entre lo físico, lo digital y lo biológico. Aquí, tecnologías como la inteligencia artificial, la robótica, el internet de las cosas, o la biotecnología, están transformando no sólo los sectores indus-

triales y económicos, sino también el núcleo de las relaciones humanas y las estructuras sociales. Este cambio está ocurriendo a un ritmo sin precedentes, forzando a las sociedades a adaptarse a un conjunto de innovaciones que inciden de manera profunda en todos los aspectos de la vida cotidiana. Así como las revoluciones anteriores definieron eras enteras, la cuarta revolución industrial está reconfigurando la relación de la sociedad con la tecnología, y con ello, el tejido cultural y social global.

EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y LA DIGITALIDAD

La arquitectura como disciplina, y particularmente el proyecto arquitectónico, han sido testigos de varios cambios tecnológicos a lo largo de la historia. Así, los modos y procesos en el proyecto se han visto impactados y transformados en profundidad. Es interesante analizar estas simbiosis entre tecnología y arquitectura desde una perspectiva instrumental, pero tal como se ha mencionado, un cambio tecnológico arraigado en la sociedad ocurre en lo profundo de su cultura. Sobre esto, Ortega (2014) afirma que “si la tecnología se articula como un fondo de especialización, pero también constituye un fenómeno que afecta transversalmente a toda la cultura arquitectónica y a su especificidad disciplinar, se hace necesario desarrollar estudios que aborden la digitalización desde una perspectiva holística y cultural” (p. 10).

La digitalización es así uno de los últimos cambios trascendentales que ha vivido la arquitectura en cuestión de desarrollo tecnológico. Con el surgimiento de la ciencia computacional, la proyección se integró a la era digital a partir de una serie de herramientas informáticas que sirven para optimizar ciertos procesos de diseño, representación y gestión, permitiendo “mayor rapidez y eficacia a la hora de generar, modificar y almacenar la información” (Muñoz Cosme, 2019: 177). Tecnologías como el diseño asistido por computadora o el diseño paramétrico son algunos de los ejemplos más ampliamente difundidos. Estos instrumentos han sido fundamentales

para reducir tiempos, aumentar la precisión, y lograr otros beneficios en el proyecto arquitectónico; sin embargo, más allá de ello, han sido parte importante en el desarrollo de una manera de pensar y realizar el proyecto muy diferente de la que se tenía en el pasado.

En este panorama, Ortega (2014) sintetiza esta transformación cultural del proyecto al afirmar que “podría entenderse el giro digital en arquitectura como aquel que sustituye la arquitectura de la industrialización por la arquitectura de la información, pero, sobre todo, aquella que pasa de pensarse en términos mecánicos a hacerlo en términos cibernéticos y sistémicos” (p. 27). Además, el proyecto de arquitectura ha asimilado las herramientas digitales a tal grado, que se puede hablar de una condición digital de la arquitectura. Muñoz (2019) asegura que la mayor parte de la edificación producida en el presente no podría ser diseñada sin el apoyo de estas herramientas (p. 178).

Como todo cambio tecnológico, la digitalidad del proyecto arquitectónico es un asunto con beneficios y perjuicios, entusiasmos y objeciones, como parte de la compleja relación entre la arquitectura y sus herramientas. Tanto las herramientas digitales arraigadas y emergentes, como las herramientas analógicas más tradicionales, parecieran entrar en una competencia instrumental. Por un lado, Pallasmaa (2022) defiende que la cultura computacional aplana la capacidad de imaginación desde todos los sentidos y convierte el proceso proyectual en algo meramente visual y pasivo (p. 251). Por otro, Ortega (2014) plantea que hacer arquitectura desde una lógica digital no es incompatible con la perspectiva tradicional, sino que expande sus capacidades y marcos conceptuales, definiendo un proyecto (y un proyectista) más potente y activo en cuanto a lo cultural y político de la arquitectura (p. 97).

El proyecto arquitectónico está en una etapa caracterizada por una asimilación extendida de las herramientas digitales, en la cual éstas han sido naturalizadas enormemente en la práctica. Como lo interpretan Parera y Moreira (2021), “las que habían sido tecnologías innovadoras de uso eventual para un segmento acotado de la po-

blación, ahora formaban parte de las prácticas diarias al trabajar, comunicarse, comprar bienes y servicios, estudiar o realizar actividades recreativas” (p. 42). Si bien existe esta asimilación hacia lo digital en la cultura, la manera en que se desarrollará el proyecto arquitectónico es aún tema pendiente, en especial si se habla de otras tecnologías aún en estado emergente, como la realidad virtual, aumentada, o la inteligencia artificial generativa. La evolución tecnológica traerá consigo nuevas maneras de pensar y procesar el proyecto arquitectónico y con ello nuevos retos de integración instrumental, sin olvidar la colaboración con las herramientas y métodos analógicos que, más que desaparecer, deben integrarse en la práctica para potenciar el proyecto.

EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y SUS HERRAMIENTAS

En el ámbito del proyecto arquitectónico se ofrecen visiones complementarias del proceso de diseño, englobando desde el pensamiento teórico crítico hasta la alternancia de las herramientas analógicas y digitales. Por ejemplo, Muñoz (2019: 8) destaca la influencia de la tecnología en la concepción y representación del diseño, Makstutis (2018: 116) enfatiza la importancia de ambas herramientas y modelos tangibles como digitales en el proceso creativo, mientras que (Morlé, 2021, párr. 26) profundiza en la reflexión sobre las restricciones contextuales en el desarrollo de proyectos arquitectónicos. Estos autores coinciden en la necesidad de comprender y gestionar las restricciones contextuales en el desarrollo de proyectos arquitectónicos, lo que evidencia la complejidad y la interacción entre la teoría y la práctica en esta disciplina.

En su investigación, Muñoz (2019: 7-9) explora a fondo la esencia del proyecto arquitectónico, abordando cuestiones clave sobre su concepción, desarrollo y representación. El autor resalta cómo los avances tecnológicos, en particular los programas digitales, han revolucionado la manera en que se imagina y representa la arquitectu-

ra, otorgando al computador un rol fundamental como herramienta de diseño. Además, plantea la importancia de seguir un método heredado de generaciones anteriores, estructurando el proceso en tres etapas: la naturaleza del proyecto, la fase de ideación y la de finalización, mediante la formulación de un discurso teórico que sustenta y completa la obra arquitectónica.

Por otro lado, Makstutis (2018: 166) examina el proceso creativo en el diseño arquitectónico desde un enfoque más práctico y técnico. En su obra, describe con precisión las distintas etapas que abarcan desde la idea inicial hasta la construcción definitiva, destacando el carácter iterativo del proceso. También subraya la relevancia de las herramientas y los modelos utilizados durante la fase creativa, y enfatiza la aplicación de diversas técnicas, como bocetos, modelos digitales y maquetas, para concretar las ideas. El enfoque metodológico de Makstutis (2018) divide el proceso creativo en cinco fases fundamentales, atendiendo un enfoque colaborativo: descubrimiento, interpretación, conceptualización, experimentación y evolución.

El pensamiento creativo promueve un planteamiento centrado en el ser humano. Se basa en la empatía, en la identificación de las necesidades y en la motivación de las personas implicadas. Funciona mejor cuando es colaborativo, porque la puesta en común de muchas opiniones, ideas y formas de trabajar diferentes, proporciona un mayor potencial que el trabajo de una sola persona (p. 60).

A tono con ello, Morlé (2021, párr. 30) ofrece una visión más reflexiva y analítica sobre el proceso de concepción diseño, explorando a fondo las diferentes etapas que lo conforman. En uno de sus informes de evaluación y diagnóstico analiza las fases del diseño junto con las limitaciones propias de cada proyecto, destacando que el proceso creativo se desarrolla en un delicado equilibrio entre la libertad de creación y las restricciones que impone el entorno. Algunas de sus metodologías se sustentan en casos de estudio,

donde examina aspectos clave como el proceso de diseño en sí, las limitaciones que lo afectan y la representación arquitectónica que emerge de dicho proceso.

Con base en el análisis de los autores previamente citados, es posible inferir que el proyecto arquitectónico revela una diversidad de perspectivas y enfoques que convergen en esta disciplina. Desde la exploración de la esencia del proyecto hasta el análisis de sus fases prácticas, se destaca la complejidad inherente a este proceso. Asimismo, los avances tecnológicos han revolucionado la concepción y representación del diseño, mientras que la reflexión sobre las restricciones subraya la importancia de encontrar un equilibrio entre la libertad creativa y las limitaciones contextuales. En conjunto, estos enfoques enfatizan la interacción dinámica entre la teoría y la práctica en la búsqueda de soluciones arquitectónicas innovadoras y contextualmente relevantes.

PENSAMIENTO TEÓRICO-CRÍTICO

El pensamiento teórico-crítico en el diseño arquitectónico es fundamental para guiar y dar sentido al proceso creativo, más allá de la mera aplicación de técnicas o herramientas. Este enfoque permite a los arquitectos y diseñadores reflexionar de manera pertinente sobre las ideas y conceptos que sustentan cada proyecto, evaluando no sólo las decisiones formales, sino también las implicaciones culturales, sociales, políticas y éticas de su obra. Es a través de este marco crítico que se cuestionan las normas establecidas, se designan nuevas posibilidades y se formulan propuestas innovadoras que confrontan los paradigmas convencionales.

El *pensamiento teórico* en arquitectura se refiere a los principios y fundamentos que informan al diseño, basándose en una amplia gama de disciplinas como la historia, la sociología y las ciencias cognitivas. Esta dimensión teórica permite que los arquitectos conecten sus proyectos con ideas más amplias, estableciendo un diálogo con el entorno construido, el paisaje y la sociedad. La teoría arquitectónica no sólo enriquece el proceso creativo, sino que también proporciona un lenguaje compartido para comunicar y justi-

ficar las intenciones del proyecto ante partícipes, clientes y la comunidad en general.

Por otro lado, el *pensamiento crítico* se centra en el análisis riguroso y la evaluación de cada decisión de diseño, que implica una constante revisión y cuestionamiento de las premisas del proyecto, buscando un equilibrio entre la estética, la funcionalidad y el contexto. En este sentido, el arquitecto no es sólo un creador, sino también un pensador que examina analíticamente cómo sus decisiones afectan el espacio habitado y a las personas que lo ocupan. Este enfoque fomenta una postura más consciente y responsable ante el diseño, donde cada elección responde a una reflexión sobre el impacto que tendrá en el entorno y la sociedad.

El *pensamiento teórico-crítico* también ejerce un papel crucial en la relación entre las herramientas digitales y analógicas. Aunque las herramientas tecnológicas pueden facilitar la experimentación y acelerar el proceso de diseño, el pensamiento crítico permite mantener un control sobre el resultado final, asegurando que las decisiones no sean únicamente impulsadas por las capacidades técnicas del *software*, sino por una reflexión consciente sobre los objetivos y valores del proyecto. Este equilibrio entre tecnología y teoría es lo que garantiza la profundidad y el rigor intelectual en la arquitectura contemporánea. Asimismo, el pensamiento teórico-crítico proporciona el marco necesario para interpretar y evaluar las herramientas y metodologías utilizadas, asegurando que el resultado final no sea sólo una respuesta técnica o formal, sino una obra con significado y relevancia dentro de un contexto más amplio.

HERRAMIENTAS ANALÓGICAS

Las herramientas analógicas en el diseño arquitectónico han sido fundamentales durante siglos y continúan desempeñando un papel crucial en el proceso creativo, a pesar de la creciente presencia de tecnologías digitales. Estas herramientas incluyen técnicas tradicionales como el dibujo a mano (Gámiz Gordo, 2013: 66), la creación de maquetas físicas y el uso de medios manuales (Ro-

jas-Sola *et al.*, 2011: 17) para representar y conceptualizar ideas arquitectónicas. A través del dibujo a mano alzada, los arquitectos pueden explorar formas, proporciones y relaciones espaciales de una manera inmediata y orgánica, permitiendo que las ideas fluyan de manera espontánea y sin las restricciones impuestas por el *software*.

El uso de maquetas físicas, construidas con materiales como cartón, madera o papel, sigue siendo una práctica habitual para experimentar con la escala y la materialidad de los proyectos. Las maquetas permiten a los diseñadores comprender de manera tangible y háptica el espacio tridimensional (Pallasmaa, 2005: 12) y evaluar cómo interactúan las formas arquitectónicas en el entorno físico. Además, Pallasmaa (2012), aludiendo al filósofo Martin Heidegger, asevera que este enfoque analógico fomenta un proceso de diseño más lento y reflexivo, donde cada decisión implica un trabajo manual, promoviendo un sentido más profundo de conexión con el proyecto:

La herramienta es una extensión y una especialización de la mano que altera sus posibilidades y capacidades naturales. Cuando se utiliza un hacha o un cuchillo, el usuario diestro no piensa en la mano y en la herramienta como entidades diferentes y separadas; la herramienta se ha desarrollado para ser parte de la mano, se ha transformado en una especie de órgano totalmente nuevo, una mano-herramienta (p. 51).

A pesar de las limitaciones en cuanto a precisión y capacidad de modificar rápidamente un diseño, las herramientas analógicas ofrecen ventajas significativas. Proporcionan una interacción más sensorial con los materiales, una comprensión más intuitiva del espacio (Budiman *et al.*, 2020: 187) y permiten una mayor libertad para experimentar con ideas antes de trasladarlas al entorno digital. En el contexto contemporáneo, las herramientas analógicas como el dibujo a mano alzada no sólo siguen siendo relevantes, sino que también se complementan eficazmente con las digitales, generando un enfoque híbrido que enriquece el proceso de diseño arquitectó-

nico. En un artículo posterior titulado “Freehand Drawing and Architectural Expression” (Budiman *et al.*, 2021), expresan este contexto en el siguiente párrafo:

Se considera que el dibujo a mano alzada es una actividad importante que no puede separarse del proceso de diseño arquitectónico. Se ha demostrado que el dibujo a mano alzada es un esfuerzo que aumenta la conciencia para producir pensamientos creativos que siguen siendo lógicos. El carácter natural y orgánico de un dibujo a mano alzada, con su flexibilidad, es capaz de expresar el valor único de cada idea de diseño. Es muy diferente en comparación con la línea técnica estereotipada de la mecánica (p. 45).

Diversos autores han abordado la interrelación entre herramientas analógicas y el proceso creativo en arquitectura desde enfoques variados. Pallasmaa (2012) enfatiza cómo las herramientas actúan como extensiones naturales de la mano del diseñador, integrándose de manera íntima en el proceso creativo. Por otra parte, Alba (2016: 6) destaca el valor del pensamiento reflexivo durante el proceso de diseño y la función crítica del dibujo como una herramienta tanto cognitiva como creativa. En ese tenor, tanto Budiman *et al.* (2021) como Leandri *et al.* (2022: 192) resaltan la importancia de integrar el dibujo manual en la era digital, subrayando su papel en la formulación de ideas arquitectónicas innovadoras y expresivas. De manera integradora, estos autores proporcionan una perspectiva amplia sobre cómo las herramientas, el pensamiento creativo y la tecnología se entrelazan en la práctica arquitectónica, ofreciendo un marco comprensivo para entender su influencia en el diseño.

HERRAMIENTAS DIGITALES Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Los métodos de diseño han experimentado cambios significativos debido a la transformación tecnológica del siglo XXI, que ha llevado la transición del dibujo manual a herramientas digitales como CAD, BIM, y más recientemen-

te la realidad aumentada, virtual e inteligencia artificial. En las últimas décadas la arquitectura ha vivido una transición crucial hacia el uso de tecnologías digitales (Nasr, 2014: 47). El diseño asistido por computadora (CAD) ha sustituido en gran medida el trabajo manual, introduciendo un nuevo lenguaje gráfico que se basa en el dibujo vectorial creado por software mediante fórmulas matemáticas, como las tecnologías BIM, Revit, Vectorworks y Archicad (Aguado Vicaria, 2021: 31; Yogapriya *et al.*, 2021: 69).

Estos avances han sido posibles gracias al continuo desarrollo y rápida evolución de las tecnologías informáticas, lo que ha dado lugar a una variedad de software que apoya a los arquitectos, incluyendo la inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada. Estas tecnologías han transformado la manera en que los arquitectos diseñan, visualizan y presentan sus proyectos (Borglund, 2022: 6; Ravi & Murugesan, 2022: 72). Por lo tanto, se infiere cómo estos desarrollos destacan el impacto significativo de las herramientas digitales en la arquitectura, mejorando la eficiencia, la precisión y la capacidad de visualización en el proceso de diseño.

En la arquitectura contemporánea, las herramientas digitales y las tecnologías emergentes han transformado radicalmente la forma en que los arquitectos conceptualizan, diseñan y ejecutan proyectos. El uso de software de modelado, simulación y diseño asistido por computadora (CAD) se ha convertido en una práctica estándar, proporcionando a los diseñadores la capacidad de crear representaciones precisas y detalladas de sus ideas. Programas como AutoCAD, Revit y Archicad han revolucionado el proceso de diseño al permitir la creación de planos, secciones y modelos tridimensionales con una exactitud que el dibujo manual no puede igualar. Estos programas facilitan la visualización de los proyectos en etapas tempranas, permitiendo ajustes rápidos y pruebas de diferentes alternativas de diseño sin necesidad de empezar de nuevo.

Además, el modelado de información de edificios (BIM) ha introducido un enfoque más integral y colaborativo en el diseño arquitectónico.

BIM permite la creación de un modelo digital del edificio que contiene información detallada sobre cada componente, desde materiales hasta especificaciones técnicas. Este enfoque no sólo mejora la precisión en la planificación y la construcción, sino que también facilita la coordinación entre diferentes disciplinas y equipos de trabajo, reduciendo errores y optimizando el proceso de construcción.

Las tecnologías emergentes ya mencionadas están llevando la experiencia del diseño arquitectónico a un nivel trascendental. La realidad virtual permite a los arquitectos y clientes sumergirse en entornos virtuales que simulan el diseño final del proyecto, proporcionando una experiencia inmersiva que facilita la comprensión del espacio y la interacción con el diseño de manera más intuitiva. Esta tecnología resulta especialmente útil para la presentación inmersiva, permitiéndoles explorar y experimentar el diseño antes de que se construya. Por otro lado, la realidad aumentada superpone información digital sobre el entorno real, lo que permite a los arquitectos y constructores visualizar cómo encajan los elementos del diseño en el sitio físico. Esto puede ser especialmente beneficioso para la planificación y la ejecución en el lugar, facilitando la identificación de problemas potenciales y ajustes en tiempo real.

La inteligencia artificial en arquitectura representa un apoyo multidimensional. Villanueva (2023) identifica dos momentos cruciales donde ésta tiene una integración eficaz en el proceso proyectual: el diagrama como herramienta para definir y comunicar, y la construcción del objeto arquitectónico (p. 48). Chailou (2022) realiza una documentación de las áreas más importantes de la arquitectura que se apoyan en esta tecnología: escala urbana, plantas arquitectónicas, fachadas, perspectivas, estructuras y simulaciones predictivas (pp. 82-105). Por otro lado, Castro *et al.* (2021) identifican las áreas en que estas herramientas son utilizadas, enfocándose en la fase de diseño conceptual: exploraciones de diseño, morfogénesis, forma del edificio, forma de los cielos, diseño de fachadas, diseño de *layout* y plantas

arquitectónicas (p. 3). Al tratarse de una práctica multidisciplinaria, el proyecto se beneficia de las tecnologías emergentes en campos especializados, ayudando al desarrollo de aplicaciones de este tipo.

La inteligencia artificial está emergiendo como una gran herramienta en el diseño arquitectónico, ofreciendo capacidades avanzadas para el análisis de datos, la generación de diseño y la optimización de recursos. Los algoritmos pueden analizar grandes volúmenes de datos para prever patrones y tendencias, apoyar en la toma de decisiones y generar soluciones de diseño innovadoras basadas en criterios específicos. Asimismo, ésta puede automatizar tareas repetitivas y tediosas, liberando a los diseñadores para que se concentren en aspectos más creativos y estratégicos del proyecto.

El tema de las tecnologías emergentes, particularmente la inteligencia artificial, se vuelve relevante ante su proyección laboral, donde se espera que para 2035 cerca del 47% de los empleos en Estados Unidos serán automatizados (The Economist Group, 2019, párr. 1). En el caso de la arquitectura, Castro *et al.* (2021) afirman que la investigación en torno a la resolución de problemas de diseño arquitectónico apoyada con aquella tecnología ha crecido un 85% entre 2015 y 2019. Además, se observa una creciente demanda por parte de los clientes en el uso de inteligencia artificial como garantía del retorno de inversión en sus proyectos (Del Campo & Carlson, 2022: 11). Es evidente el ascendente interés en el tema, tanto en la academia como en la práctica. Pero más allá de las posibilidades optimizantes para el diseño, las tecnologías emergentes integran un potencial más revolucionario para la proyectación. Algunos de los temas más impactantes se relacionan con la interacción entre humanos y máquinas, la percepción espacial, y la creatividad.

Para Armstrong (2021), una de las cualidades destacables de las tecnologías emergentes en el diseño se relaciona con la manera en que los diseñadores se comunican con sus herramientas. El lenguaje, el gesto, el movimiento y las emociones son ahora medios de interacción con los instrumentos de

diseño, presentes en sistemas como la realidad virtual y aumentada, que lentamente desplazan a los habituales *mouse*, *trackpad* o *touchscreen*. Ello, además de propiciar formas más intuitivas de diseñar, implica una concepción de lo digital menos instrumental, y más como una extensión del propio cuerpo (p. 163). Para la autora, esta convergencia de lo digital y lo físico implica que el diseño sale de la pantalla y se posiciona en el mismo mundo que pretende moldear, marcando un hito para el futuro del proyecto (p. 164).

Es un hecho que la arquitectura es una vivencia espacial que se experimenta a través de los sentidos. Los métodos tradicionales de representación no pretenden reemplazar esta experiencia. Sin embargo, las tecnologías emergentes sugieren un acercamiento del proceso de diseño a la dimensión de la percepción humana (“Silka Sietsma. Interview”, 2021: 78). Para Alvarado (2021), la arquitectura virtual es capaz de producir experiencias sensibles, captadas por los sentidos, y codificadas por herramientas digitales (p. 61). Si bien esto no reemplaza la experiencia completa de la arquitectura, ha marcado un giro en torno a lo que tradicionalmente se concibe como espacio habitable.

En cuanto al tema de la creatividad, varios autores y arquitectos mencionan el interés elevado que pone a la inteligencia artificial como un agente potencial para la arquitectura. Bolojan (2022) advierte que aquélla manifiesta formas limitadas de creatividad, y que pueden observarse ciertas similitudes con los humanos, pero éstas no deben equipararse (p. 25). Aun así, coincide con Steinfeld (2022), quien apunta que la relevancia de este cambio tecnológico está en estas cualidades creativas. Por otro lado, Villanueva (2023) asegura que por novedosos que sean los productos derivados de esta tecnología, es difícil calificar un proyecto así como creativo, al no ser resultado de la inventiva del autor sino de la lógica algorítmica (p. 43).

La inteligencia artificial, tal como se conoce actualmente, aún tiene un largo camino por recorrer, y el impacto que tendrá en la sociedad y la arquitectura sigue siendo un tema de especu-

lación. Leach aborda este asunto ampliamente. Advierte que aunque se ha demostrado que ésta ha dado resultados novedosos en propuestas de diseño arquitectónico difíciles de imaginar, no deben confundirse con ideas en sentido estricto (2022: 1 y 3). Del mismo modo, aunque reconoce el potencial que tiene en el ámbito de lo estético, sugiere hacer una distinción entre la creatividad maquínica en un nivel estratégico y estético (2022: 3). Con todo, el autor observa que es una oportunidad para comprender mejor la propia creatividad humana, al verla en el espejo de la inteligencia artificial (2021: 74).

Para algunos autores los cambios tecnológicos que se viven actualmente son una oportunidad inigualable para replantearse en profundidad la arquitectura, el diseño, el arte y la creatividad. Mientras que para Del Campo y Carlson (2022) pueden ampliar el discurso sobre los límites del diseño y la arquitectura (p. 179), Manovich (2022) los observa como una oportunidad para transformar lo que tradicionalmente se concibe como creatividad y su papel en las artes (p. 65).

El uso de herramientas digitales y tecnologías emergentes ha transformado el ámbito de la arquitectura y los hábitos de proyectar, al proporcionar nuevas formas de visualizar, analizar y materializar ideas. Sin embargo, es insoslayable el manejo adecuado de las herramientas analógicas ante el mundo digital que nos atañe, tanto en el rubro arquitectónico como en el campo multidisciplinario que lo contextualiza. Esto nos lleva a experimentar nuevas tendencias, como la alternancia entre las herramientas circundantes, generando una simbiosis entre lo analógico y lo digital de tal manera que no sean confrontadas en contra sino complementariamente.

NUEVAS TENDENCIAS QUE INFLUYEN EN EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Las herramientas analógicas y digitales están en una continua interrelación, formando un lazo inseparable. Aunque tradicionalmente se han empleado herramientas analógicas, como el lápiz y

el papel, para el dibujo y la expresión artística, es innegable la influencia y el impacto de las herramientas digitales en este ámbito. La combinación de métodos analógicos y digitales en el proceso creativo ha dado lugar a nuevos procedimientos, como el uso de tabletas, donde “la destreza artística se transfiere directamente a la pantalla”, de manera similar al papel o lienzo convencional (Amado Lorenzo & Fraga López, 2015: 113). Del mismo modo, Moneo (2017, citado por Bohórquez-Rueda *et al.*, 2020: 110), sostienen que lo digital genera nuevas formas de representación y transmisión de información, mientras que lo manual promueve el pensamiento espontáneo.

Aunque la cultura digital introduce transformaciones en la representación y transmisión de información dentro de la construcción, la arquitectura sigue siendo concebida a partir del dibujo (Sainz, 1990: 11). Para mantenerse a la vanguardia en el siglo XXI es esencial dominar una *colaboración híbrida*, que implica la transición entre distintos sistemas expresivos. Esto se traduce en un diseño colaborativo en entornos digitales, mientras se continúan utilizando herramientas tradicionales como el lápiz, manteniendo así la capacidad de expresión creativa en cualquier contexto y con cualquier recurso (Gálvez Nieto, 2014: 192).

HIBRIDACIÓN GRÁFICA

En el campo de la arquitectura existe una amplia variedad de herramientas de trabajo, que van desde las tradicionales y analógicas, como el lápiz, papel y maquetas físicas, hasta aquellas que evolucionan constantemente y son reemplazadas por nuevas versiones, como los softwares, la realidad aumentada y, más recientemente, la inteligencia artificial. Asimismo, se han desarrollado versiones avanzadas como la combinación del lápiz con la tableta digital. Esta convergencia de herramientas ha sido referida en la literatura con distintos términos, entre los que destacan: “el procedimiento de la técnica proyectual contemporánea”, “el método de proyecto análogo-digital”, “la colaboración híbrida” y “el método de hibridación” (Fernández Ruiz, 2008; Gálvez Nieto, 2014; Muñoz Cosme, 2019; Raposo Grau *et al.*, 2022).

El procedimiento de la técnica proyectual contemporánea, según Muñoz (2019: 53) se caracteriza por mantener una base analógica, complementada con herramientas digitales actuales. En contraste, *el método de proyecto análogo-digital*, planteado por Gálvez (2014: 192) pone énfasis en la integración de maquetas físicas y modelado virtual, lo que permite un registro tangible y evita la linealidad del diseño exclusivamente digital. Por su parte, *la colaboración híbrida*, mencionada por Fernández (2008, párr. 8), se refiere a una sinergia entre las interacciones presenciales y virtuales, proponiendo una migración constante entre ambos sistemas. Finalmente, *el método de hibridación*, abordado por Raposo *et al.* (2022: 246 y 247), destaca la relevancia de seleccionar y combinar las herramientas más adecuadas en cada fase del proceso arquitectónico para mejorar el resultado final.

Los avances en las tecnologías informáticas han generado transformaciones significativas en la práctica del diseño y dibujo arquitectónico, lo que resalta la importancia de considerar las oportunidades que estas tecnologías ofrecen. Este proceso abarca desde la concepción hasta la representación, donde la creatividad y el uso de herramientas cumplen un papel fundamental. En esta línea, Bressani *et al.* (2019: 136) analizan cómo las herramientas digitales influyen en el proceso de diseño y su integración como elementos creativos, lo que invita a reflexionar sobre la modificación de los hábitos proyectuales en un entorno digital. Por lo tanto, en consonancia con el tema del proceso creativo, se puede concluir que las herramientas digitales y analógicas son complementarias y están esencialmente integradas en dicho proceso.

En el contexto del entorno digital y su impacto en las herramientas utilizadas se abre un amplio horizonte para identificar oportunidades en su aplicación dentro del proceso creativo. Las herramientas básicas, como las analógicas, que se mantienen constantes y perdurables, se integran con las digitales, las cuales son dinámicas, efímeras, cambiantes e iterativas, influyendo de manera notable en el proceso creativo. Esta interacción

crea una conexión esencial entre la creatividad y el uso de herramientas en el entorno digital. A través de esta confrontación entre lo analógico y

lo digital surgen ciertos términos que versan entre un concepto y el otro, como se ve en la tabla 1.

Tabla 1
Aproximación de términos para lo analógico y lo digital

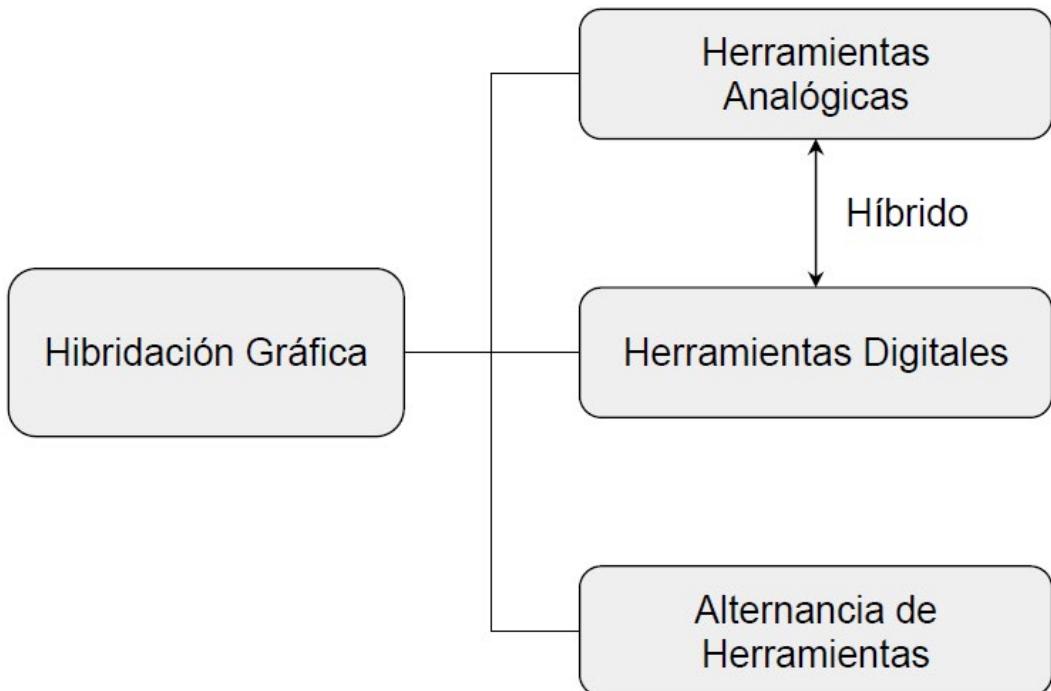
Bosquejo (analógico)	Modelado (digital)
Trabajo individual	Trabajo colaborativo
Dibujo de investigación	Dibujo de representación
Útil para crear	Útil para representar
Artístico	Técnico
Límites espaciales restrictivos	Sin límites espaciales
Intuitivo	Racional
Producto único	Producto reproducible
Permanente, constante	Cambiante, efímero e iterativo

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, partiendo de la hibridación gráfica los conceptos de analógico y digital, se procede a esclarecer una relación de alternancia y de migración entre ambos conceptos, como se mues-

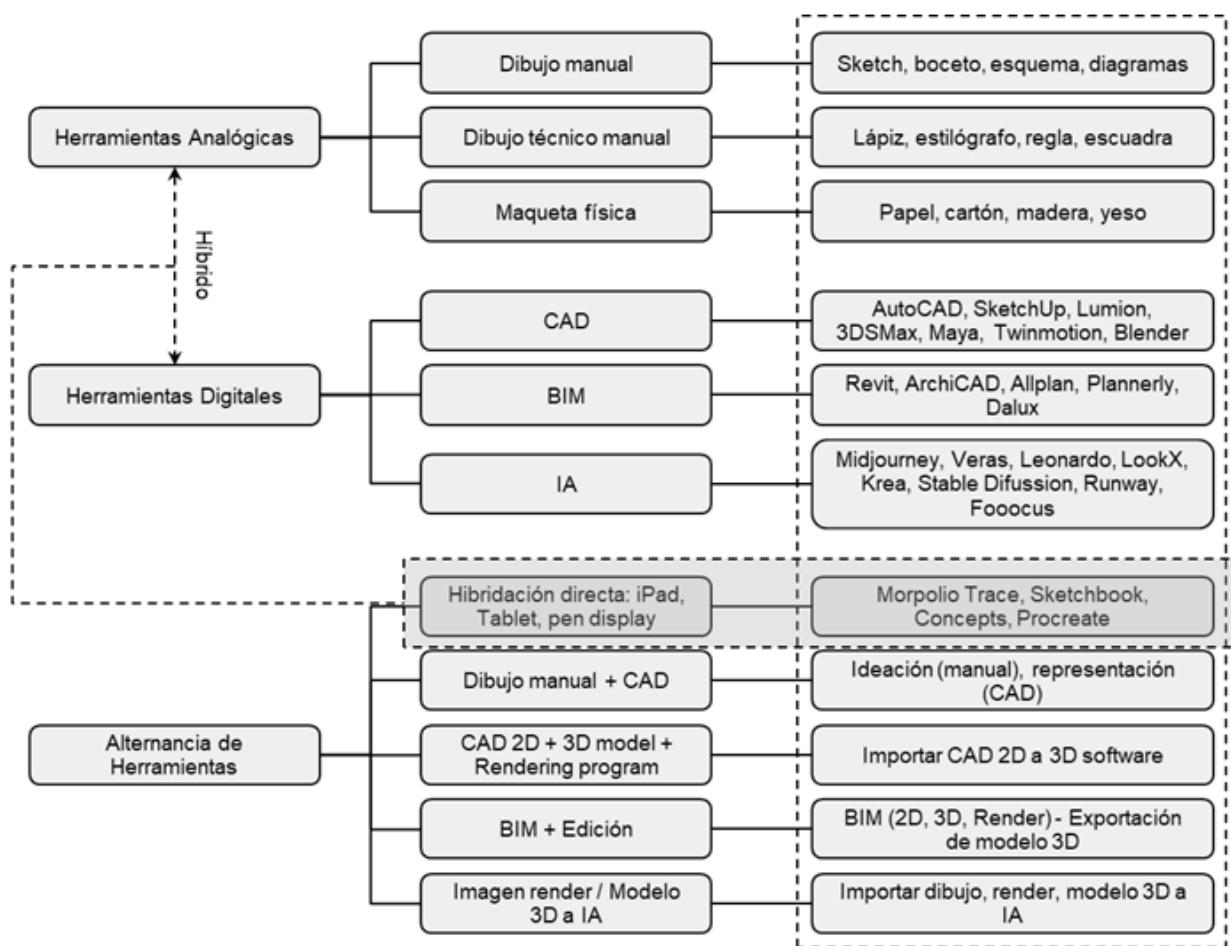
tra en el diagrama 1. Para ello, se ejemplifica un desglose de lo que podrían proporcionar las herramientas tradicionales, las digitales y la alternancia, como puede apreciarse en el diagrama 2.

Diagrama 1



Fuente: elaboración propia.

Diagrama 2



Fuente: elaborado por Alejandro Madrid.

La propuesta de hibridación gráfica no implica únicamente el uso conjunto de herramientas analógicas y digitales, sino la emergencia de una nueva forma de pensar y proyectar, donde la frontera entre lo manual y lo computacional se vuelve porosa. Este enfoque se diferencia de las posturas tradicionales que los abordan de forma dicotómica o secuencial. En cambio, el proceso híbrido plantea una coexistencia articulada, en la cual cada medio aporta dimensiones cognitivas, sensoriales y operativas distintas al proceso proyectual. Entre los *aportes principales* del enfoque híbrido se encuentra la posibilidad de retroalimentación continua entre representación, experimentación y conceptualización. Lo digital permite multiplicar versiones, simular condiciones y automatizar procesos, mientras que lo ana-

lógico preserva el contacto directo con el trazo, la escala, el cuerpo y la materia, aspectos esenciales para el juicio crítico y la intuición espacial.

No obstante, esta condición también conlleva ciertos riesgos. En un contexto altamente tecnificado, existe el peligro de que lo digital absorba el proceso creativo, transformando al proyectista en mero operador y programador de *software*. Asimismo, algunas herramientas, al incorporar algoritmos de diseño automático, pueden limitar la reflexión y establecer una lógica proyectual prefijada, reduciendo el papel del juicio humano y del error como parte del proceso. Por ello, se vuelve imprescindible formar arquitectos con pensamiento crítico frente a las herramientas, y no dependientes de ellas.

ALTERNANCIA DE HERRAMIENTAS ANALÓGICAS Y DIGITALES

La convergencia entre medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico ha sido motivo de reflexión y debate durante varias décadas, como lo menciona Ortega (2009: 7). El impacto de las nuevas tecnologías de la información ha provocado discusiones intensas y controvertidas en la disciplina, creando un campo de estudio en constante transformación. A lo largo del tiempo se ha observado la aparición, el abandono y la discusión continua de diversas metodologías en este ámbito, lo que subraya tanto la relevancia como la complejidad de la relación entre los medios tradicionales y los digitales en la arquitectura contemporánea. A continuación se presentan algunos autores que abordan el tema en cuestión.

En un estudio, Vergara (2023: 127) propone un ciclo de conversaciones en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, donde se reflexiona sobre la transformación digital en la arquitectura desde una perspectiva histórica. Se sugiere una sinergia entre medios analógicos y digitales, subrayando la importancia de combinar la habilidad manual con herramientas digitales en el diseño arquitectónico. Este enfoque se conecta con el trabajo de Velasco *et al.* (2015: 97), a través de un análisis descriptivo de un caso de estudio en una universidad colombiana, introducen nuevas variables en la práctica arquitectónica. Su enfoque iterativo, que abarca desde el análisis hasta la fabricación de objetos como maquetas, demuestra la interacción entre ambos medios en el diseño arquitectónico contemporáneo, destacando la necesidad de integrar ambos enfoques para fomentar la innovación y evolución en la disciplina.

Al igual que Raposo *et al.* (2022), quienes afirman que la arquitectura sólo es viable mediante la diversificación y adaptación del lenguaje gráfico, Velasco *et al.* (2015) subrayan que la computación se percibe como un enfoque innovador en el proceso de diseño, ya que facilita la realización de iteraciones en el análisis y diseño que promueven la evolución de las formas arquitectónicas. Su relevancia y penetración en este ámbito se ilustran en la siguiente cita:

Las herramientas digitales no sólo han servido para agilizar procesos tradicionales, sino que han cambiado las metodologías, utilizando el computador como un medio creativo para la generación de diseños, simulación y visualización de proyectos [...] La computación ha tenido un desarrollo revolucionario. Esto explica cómo en las últimas décadas ha habido un esfuerzo por teorizar estas herramientas para su uso dentro del proceso de diseño (p. 97).

En consecuencia, la integración de medios analógicos y digitales demuestra una hibridación y sinergia que fortalece el ámbito del diseño arquitectónico, abriendo nuevas oportunidades creativas y técnicas dentro de la disciplina. Como se menciona en la literatura, ambos enfoques ya no deben ser vistos como opuestos, sino trabajados en conjunto, dando lugar a un método integral: la *hibridación gráfica*.

A nivel nacional, Portillo (2021) realiza un análisis cuantitativo de las técnicas digitales empleadas en la representación de proyectos arquitectónicos en Nuevo León, México. Señala que el dibujo digital 2D continúa siendo la forma principal de expresión, seguido por técnicas como la edición de imágenes y videos. Aunque la realidad virtual y la aumentada no se consideran esenciales, se reconoce que el proyecto arquitectónico se expresa principalmente a través de representaciones gráficas y escritas, actuando como un medio crucial en el proceso creativo y comunicativo.

El proyecto arquitectónico como documento, es la suma de determinaciones y representaciones gráficas, así como de memorias escritas de la obra o edificio que desea ser construido; por lo que toda la arquitectura se concibe, se produce y se manifiesta, como un proyecto en el que se aplica la representación como medio y comunicación (p. 29).

Por otro lado, Vargas (2021) expone un caso de estudio enfocado en los talleres de arquitectura de la Universidad Privada del Valle, donde destaca el potencial de las herramientas digita-

les en el proceso creativo y académico. Propone integrar entornos virtuales como herramientas didácticas y mecanismos creativos que refuercen las estrategias de diseño. Esta visión sugiere una evolución en la manera en que los estudiantes abordan los ejercicios de diseño, maximizando el uso de los recursos digitales para enriquecer su aprendizaje y fomentar una arquitectura dinámica y vibrante.

Los entornos virtuales presentan una cantidad considerable de recursos aptos para ser incorporados como instrumentos didácticos en el taller de arquitectura, pero más allá de eso para ser incorporados como mecanismos creativos capaces de reforzar las estrategias proyectuales hacia una arquitectura llena de vitalidad (p. 118).

Ambos enfoques subrayan la relevancia de integrar medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico contemporáneo. Se destaca la persistencia de la representación gráfica digital en la comunicación arquitectónica, al tiempo que se resalta el potencial transformador de las herramientas analógicas en los ámbitos educativo y creativo. Esta convergencia entre la práctica profesional y la enseñanza académica enfatiza la necesidad de una hibridación equilibrada entre los medios analógicos y digitales para fomentar la innovación y la vitalidad en la arquitectura actual.

RESULTADOS/LIMITACIONES

Como resultado del análisis realizado, se observa que la alternancia entre herramientas analógicas y digitales genera un espacio fértil para la creatividad arquitectónica, pues permite abordar el proyecto desde diversas perspectivas perceptivas y operativas. La capacidad iterativa de lo digital complementa la intuición táctil y expresiva de lo analógico, y viceversa. Esta relación no es simétrica ni lineal, sino que constituye una dinámica compleja de traducción e integración que impacta la forma en que los arquitectos conciben, representan y comunican sus ideas. Este trabajo

contiene ciertas limitaciones, propias de un enfoque de tipo exploratorio. La investigación se basa en revisión teórica y no considera estudios de caso sistematizados ni datos empíricos cuantitativos. Asimismo, dado que la evolución de herramientas digitales es constante, muchos de los elementos aquí tratados podrían quedar rápidamente desactualizados, lo que invita a mantener una revisión crítica y constante del tema.

CONCLUSIONES

La era del cambio tecnológico supone nuevas condiciones e impacto en todas las esferas de la sociedad, la oferta de nuevas herramientas tecnológicas es cada vez más visible y asequible y, por lo tanto, la sociedad ha asimilado y dado por hecho la disponibilidad de dichos instrumentos como parte indisoluble de la vida diaria. Dicho cambio indudablemente impacta el ámbito de la arquitectura y el proyecto arquitectónico, y es así que la disciplina vive una condición intrínsecamente digital, donde la digitalidad está arraigada a las prácticas arquitectónicas en todas sus facetas.

En la relación arquitectura y tecnologías de diseño se destaca el impulso durante los años noventa, donde se observan dos líneas de investigación. Una liderada por Mario Carpo que propone una reflexión histórico-crítica sobre una base de acontecimientos, y otra liderada por Greg Lynn, sustentada en el rescate material físico y virtual. La tecnología de realidad mixta de Trimble y Microsoft HoloLens le entrega vida al diseño y cierra la brecha entre lo digital y lo físico. Se sustenta que usando esta tecnología se pueden tomar decisiones en el momento del inicio del concepto, acortar el ciclo de diseño y mejorar la comunicación del proyecto.

La interacción entre medios analógicos y digitales en el diseño arquitectónico ha sido un tema central en la disciplina en los últimos años. Este debate ha evolucionado, mostrando diferentes enfoques que van desde su surgimiento hasta su abandono o discusión continua. Se destaca la importancia de combinar la destreza manual con

herramientas digitales para impulsar la innovación en el campo. Además, se reconoce el potencial transformador de los entornos virtuales en la enseñanza de la arquitectura, lo que subraya la necesidad de una hibridación equilibrada entre ambos tipos de medios para promover la vitalidad en la arquitectura contemporánea.

En el ámbito de la representación, tanto lo digital como lo tradicional o analógico, ambos necesitan el desarrollo de habilidades, criterios y herramientas. Factores como conocimientos, calidad, creatividad y dominio de herramientas son fundamentales en cualquiera de las formas. Se entiende entonces imprescindible tener un dominio basado en el pensamiento crítico de las herramientas, a fin de que el carácter instrumental de las mismas no domine el proceso proyectual pero, sobre todo, de que el factor humano destaque en los procesos de diseño. A falta de ello, corre el riesgo de que las herramientas, particularmente aquellas digitales que tienen un carácter creativo y que más que representar, tienen la capacidad de ser el objeto proyectado, dominen sobre la mente de los arquitectos e impongan sus cualidades en el diseño.

Se reconocen las cualidades y limitantes de tanto las herramientas de diseño y representación analógicas como las digitales y emergentes. De tal forma, las primeras son valoradas y se prevé que tengan permanencia gracias a su bajo costo, tiempo de inversión y potencial enormemente creativo y artístico, además de las implicaciones cognitivas que desarrollan la mente de los diseñadores y arquitectos. Por otro lado, se reconoce que ante la influencia de la digitalidad, se debe trabajar en mantener el lugar que les corresponde dentro del proceso de diseño y no permitir su abandono, justamente en afán de preservar las cualidades que representan.

Por otro lado, las herramientas digitales y emergentes tienen cualidades novedosas que es necesario explorar y explotar, pues abrirán las puertas a modos de proyectación que hasta el momento no se siguen experimentando, y que contienen un potencial de mejora y crecimiento. Destaca la capacidad de abonar al número

de ensayos posibles, variaciones, procesos de experimentación y opciones iterativas para lograr mejores proyectos. Además, se reconoce que aportan beneficios para el trabajo colaborativo, participativo, y multidisciplinar. La optimización de los flujos de trabajo, la reducción de tiempos y automatización de procesos son también ventajas destacables. Pero en este sentido, aunque cada vez haya herramientas más intuitivas, existe la posibilidad de que aspectos más sensibles y humanos dentro del proyecto arquitectónico se deterioren en un contexto donde estos instrumentos no se utilicen de la manera más consciente.

La incorporación de la inteligencia artificial y otras tecnologías emergentes en la arquitectura representa un cambio significativo que afecta tanto los medios de producción como las concepciones fundamentales del diseño. Por un lado, estas herramientas ofrecen apoyos concretos en distintas fases del proceso proyectual, y amplían las capacidades de exploración formal y funcional del arquitecto. Por otro, su potencial va de la optimización de procesos, hasta las transformaciones más profundas de concepción del espacio, la percepción y la creatividad. Aunque persisten dudas, resulta innegable que su uso permite cuestionar y enriquecer la comprensión de los propios procesos creativos. Así, el avance de estas tecnologías no sólo modifica la práctica profesional y académica de la arquitectura, sino que invita a una reflexión crítica sobre el papel de lo humano en el acto de proyectar y crear.

En la actualidad, el amplio ecosistema de herramientas que sirven a la proyectación arquitectónica presenta un panorama interesante y fértil para la reflexión e investigación en los posgrados que puede detonar en avances y aportaciones de interés en el ámbito de la arquitectura. Ante el desarrollo tecnológico cada vez más veloz, la tensión y confrontación entre ámbitos tradicionales y progresistas instrumentales, se vuelve imprescindible mantener una reflexión constante y crítica a fin de no caer en polarizaciones y, ante todo, de buscar que lo humano, el factor central del proyecto arquitectónico, siga prevaleciendo en afán de producir un hábitat de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado Vicaria, S. (2021). *Evolución del medio gráfico en un proyecto de arquitectura: Del dibujo a mano al CAD y al BIM. La Fisher House*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/172218>
- Alba Dorado, M. I. (2016). Arquitectura y creatividad. Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto arquitectónico. *Arquitectura Revista*, 12(2), 125-139. <https://doi.org/10.4013/ark.2016.122.01>
- Alvarado Magallanes, Ó. (2021). La cuarta edad de la arquitectura. *Bitácora Arquitectura*, 46, 58. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2020.46.79032>
- Amado Lorenzo, A., & Fraga López, F. (2015). El dibujante digital. Dibujo a mano alzada sobre tabletas digitales. *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 20(25), 108. <https://doi.org/10.4995/ega.2015.3330>
- Armstrong, H. (2021). *Big data, big design: Why designers should care about artificial intelligence*. (1ª edición). Princeton Architectural Press.
- Bohórquez-Rueda, J. A., Montañez-Moreno, M. P., & Sánchez-Ávila, W. L. (2020). El dibujo manual y digital como generador de ideas en el proyecto arquitectónico contemporáneo. *Revista de Arquitectura*, 22(1). <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2660>
- Bolojan, D. (2022). Creative AI. Augmenting Design Potency. En: M. Del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 22-27). John Wiley & Sons.
- Borglund, C. (2022). *Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity*. KYH Royal Institute of Technology. <https://doi.org/10.52783/ijcav11i3.38205>
- Bressani, M., Carpo, M., Martin, R., Picon, A., & Vardouli, T. (2019). L'architecture à l'heure du numérique, des algorithmes au projet: Un débat entre Martin Bressani, Mario Carpo, Reinhold Martin et Theodora Vardouli, mené par Antoine Picon. (É. Gomez, Trad.). *Perspective*, 2, 113-140. <https://doi.org/10.4000/perspective.14830>
- Budiman, H., Numan, I., & Idham, N. C. (2020). From Observing to Imagining the Opportunity of Freehand Drawing in Digital Era. *Proceedings of the EduARCHsia & Senvar 2019 International Conference (EduARCHsia 2019)*. EduARCHsia & Senvar 2019 International Conference (Edu- ARCHsia 2019), Jakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200214.029>
- . (2021). Freehand Drawing and Architectural Expression. *Journal of Architectural Research and Design Studies*, 5(1), 45-54. <https://doi.org/10.20885/jars.vol5.iss1.art5>
- Castells, M. (2005). *La sociedad red*. (3ª edición, vol. 1). Alianza Editorial.
- Castro Pena, M. L., Carballal, A., Rodríguez-Fernández, N., Santos, I., & Romero, J. (2021). Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture. *Automation in Construction*, 124, 103550. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103550>
- Chaillou, S. (2022). *Artificial intelligence and architecture: From research to practice*. Birkhauser Verlag GmbH.
- Del Campo, M., & Carlson, A. (2022). The Style. Strange, But Familiar Enough: Reinterpreting Style in the Context of AI. En: S. Chaillou, *Artificial intelligence and architecture: From research to practice* (pp. 172-179). Birkhauser Verlag GmbH.
- Fernández Ruiz, J. A. (2008). *Ideación analógica digital*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Granada. https://www.ugr.es/~jafruiz/Ideacion%20analogo_digital.pdf
- Gálvez Nieto, A. J. (2014). El método de proyecto análogo-digital para el mejoramiento del aprendizaje de la representación arquitectónica dimensional. *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - SIGraDi: Design in Freedom* (pp. 191-194). <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0035>
- Gámiz Gordo, A. (2013). Sobre dibujo e historia de la arquitectura. Entrevista con Rafael Manzano Martos. *BAC Boletín Académico. Revista de Investigación y Arquitectura Contemporánea*, 3, 65-72. <https://doi.org/10.17979/bac.2013.3.0.998>
- Leach, N. (2021). *Architecture in the age of artificial intelligence: An introduction for architects*. Bloomsbury Visual Arts.
- . (2022). Architectural Hallucinations. What Can AI Tell Us About the Mind of an Architect? En: M. del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 66-71). John Wiley & Sons.
- Leandri, G., Iñarra Abad, S., Juan Vidal, F., & Leandri, M. (2022). El cerebro del arquitecto y la mano pensante. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 27(46), 184-193. <https://doi.org/10.4995/ega.2022.18434>

- Makstutis, G. (2018). *Design Process in Architecture: From Concept to Completion*. Laurence King Publishing. https://www.academia.edu/110301966/Design_Process_in_Architecture_From_Concept_to_Completion
- Manovich, L. (2022). AI and Myths of Creativity. En: M. del Campo & N. Leach (eds.), *Machine hallucinations: Architecture and artificial intelligence* (pp. 60-65). John Wiley & Sons.
- Morlé, E. (2021). La relation solution / contrainte dans le processus de conception architecturale: De la définition de la solution à la (re)définition du problème. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 15(3). <https://doi.org/10.4000/rac.23529>
- Muñoz Cosme, A. (2019). *El proyecto de arquitectura. Concepto, proceso y representación*. (2^a edición). Reverté.
- Nasr, E. S. (2014). The Impact of Digital Architecture on Freehand Sketches through Design Process. *Emirates Journal for Engineering Research*, 19(1), 49-60. https://www.academia.edu/68658630/The_Impact_of_Digital_Architecture_on_Freehand_Sketches_Through_Design_Process
- Ortega, L. (Ed.). (2009). *La digitalización toma el mando*. Gustavo Gili.
- . (2014). *Digitalization takes command: El impacto de las revoluciones de las tecnologías de la información y la comunicación en arquitectura*. Universitat Politècnica de Catalunya. <http://hdl.handle.net/2117/95368>
- Pallasmaa, J. (2005). *The eyes of the skin: Architecture and the senses*. Wiley-Academy.
- . (2012). *La mano que piensa: Sabiduría existencial y corporal en la arquitectura*. Gustavo Gili.
- Pallasmaa, J., Zambelli, M., & Puente, M. (2022). *Diseminaciones: Semillas para el pensamiento arquitectónico*. Gustavo Gili.
- Parera, C., & Moreira, A. (2021). ¿La digitalización pasa el mando? Diálogos sobre una posible era posdigital. *Bitácora Arquitectura*, 46, 38. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2020.46.79033>
- Portillo Ríos, R. A. (2021). Técnicas de representación digital aplicadas a los proyectos arquitectónicos en Nuevo León, México. *Revista Científica UIIsrael*, 8(3), 27-49. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n3.2021.449>
- Postman, N. (1992). *Tecnópolis. La rendición de la cultura a la tecnología*. (V. Campos González, Trad.). Galaxia Gutenberg.
- Raposo Grau, J. F., Salgado de la Rosa, M. A., & Buitrago, B.-G. (2022, septiembre 11). Del dibujo analógico al dibujo digital. La construcción virtual de la arquitectura como algo más que una implementación tecnológica. *XIX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, junio 2022*, junio 2022. <https://doi.org/10.31428/10317/11289>
- Ravi, R., & Murugesan, D. (2022). Applications of Virtual Reality in Architecture. *Journal of Research in Humanities and Social Science*, 10(11), 70-78. <https://www.questjournals.org/jrhss/papers/vol10-issue11/10117078.pdf>
- Rojas-Sola, J. I., Fernández-Sora, A., Serrano-Tierz, A., & Hernández-Díaz, D. (2011). Una revisión histórica: Desde el dibujo en ingeniería hacia la ingeniería del diseño. *Dyna*, 78(167), 17-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622358002>
- Sainz, J. (1990). *El dibujo de arquitectura: Teoría e historia de un lenguaje gráfico*. Nerea.
- Schwab, K. (2020). La Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy*, 1(1), artículo 1. <https://doi.org/10.52749/fh.vii.1>
- Silka Sietsma. (2021). Interview. En: H. Armstrong, *Big data, big design: Why designers should care about artificial intelligence*. (1^a edición, pp. 78 y 79). Princeton Architectural Press.
- Steinfeld, K. (2022). The Context. The Sorcerer's Apprentice. En: S. Chaillou, *Artificial intelligence and architecture: From research to practice* (pp. 118-125). Birkhauser Verlag GmbH.
- The Economist Group. (2019, julio 27). Will a robot really take your job? *The Economist*. <https://www.economist.com/business/2019/06/27/will-a-robot-really-take-your-job>
- Vargas Guzmán, C. (2021). Las herramientas digitales en el proceso creativo del taller de arquitectura. *Locus*, 1, 105-118. <https://www.fach.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2021/12/B5-Las-herramientas-digitales-en-el-proceso-creativo.pdf>
- Velasco Gómez, R., Chavarro Ayala, D., & Paul Brakke, A. (2015). *Diseño digital. Uso interactivo e integrado de las herramientas digitales en la arquitectura*. Universidad Piloto de Colombia. https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7383/Diseno_Digital.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Vergara Vera, C. (2023). Transformación digital: Algunos puntos para una revisión crítica desde la historia, la cultura y la arquitectura. *Márgenes*.

- Espacio Arte y Sociedad*, 15(23), 121-127. <https://doi.org/10.22370/margenes.2022.15.23.3615>
- Villanueva Cajide, B. (2023). El cíborg como estrategia del proyecto arquitectónico contemporáneo. *rita_*, 19, 38-51. [https://doi.org/10.24192/2386-7027\(2023\)\(v19\)\(o2\)](https://doi.org/10.24192/2386-7027(2023)(v19)(o2))
- Yogapriya, G., Mathuraman, N., & Ranganath, N. (2021). Application of software in architectural design. *Journal of the Indian Institute of Architects*, 86, 69-73. https://www.researchgate.net/publication/356980673_application_of_software_in_architectural_design