

# Navegando entre lo material y lo digital: enseñanza multisensorial en arquitectura

## (Navigating between the material and the digital: multisensory teaching in architecture)

Marcelo Fraile-Narváez  
Universidad Rey Juan Carlos, España  
marcelo.fraile@urjc.es  
[0000-0002-9321-4512](https://doi.org/10.34624/jdmi.v7i16.36595)

**Received:** 2024-04-21

**Accepted:** 2024-07-10

### Abstract

The evolution of spatial representation in architecture has been transformed by the advent of computing. Digital platforms have enabled designers to accurately represent space in 2D and 3D dimensions, integrating visual and temporal elements. In education, physical-digital models have become effective pedagogical tools to represent and manipulate architectural spaces. In this context, it immerses students in design through technological environments, facilitating graphic exploration and mastery of digital tools. Students acquire skills to build 2D and 3D models, optimising spatial production and communication with digital systems. This work highlights the pedagogical advantages of physical-digital models in spatial education. They allow a synchronic and diachronic investigation of space, facilitating the comparison of scales and variables, and the drawing of conclusions. The methodology is structured in three blocks: CAD systems and construction of 2D objects, 3D modelling and printing, and concepts of infoarchitecture and post-production. The teaching combines theory and practice in workshops, promoting autonomous development. These models become research tools that enrich the understanding of architectural space, contributing to collective knowledge for generations to come.

**Keywords** *Architectural education, physical/digital models, models, spatial representation, technology and education.*

### Resumen

La evolución de la representación espacial en arquitectura se ha transformado con la llegada de la informática. Las plataformas digitales han habilitado a los diseñadores para representar con precisión el espacio en dimensiones 2D y 3D, integrando elementos visuales y temporales. En educación, los modelos físico-digitales se han convertido en herramientas pedagógicas eficaces para representar y manipular espacios arquitectónicos. En este contexto, sumerge a los estudiantes en el diseño mediante entornos tecnológicos, facilitando la exploración gráfica y el dominio de herramientas digitales. Los estudiantes adquieren destrezas para construir modelos 2D y 3D, optimizando la producción y comunicación espacial con sistemas digitales. Este trabajo resalta las ventajas pedagógicas de los modelos físico-digitales en la enseñanza espacial. Permiten una investigación sincrónica y diacrónica del espacio, facilitando la comparación de escalas y variables, y la extracción de conclusiones. La metodología se estructura en tres bloques: sistemas CAD y construcción de objetos 2D, modelado e impresión 3D, y conceptos de infoarquitectura y postproducción. La enseñanza combina teoría y práctica en talleres, promoviendo el desarrollo autónomo. Estos modelos se convierten en herramientas investigativas que enriquecen la comprensión del espacio arquitectónico, contribuyendo al conocimiento colectivo para las generaciones venideras.

**Palabras claves** *Enseñanza de la arquitectura, modelos físicos/digitales, maquetas, representación espacial, tecnología y educación.*

## 1. Introducción

La representación espacial en la disciplina de la arquitectura ha sufrido transformaciones profundas a través de los siglos, alcanzando un punto de inflexión con la incorporación de las tecnologías informáticas durante el siglo XX. Este desarrollo ha propiciado una evolución paradigmática que trasciende la linealidad histórica, migrando desde el uso de herramientas tradicionales hacia la implementación de sistemas digitales en el diseño de proyectos arquitectónicos de gran escala y complejidad. Esta transición no sólo redefine la praxis arquitectónica, sino que también establece un nuevo marco teórico y operativo para los arquitectos contemporáneos, quienes deben integrar estas competencias digitales desde el inicio de su formación académica (Fraile & De Jorge, 2023).

El avance hacia la digitalización en arquitectura implica un redimensionamiento de los métodos pedagógicos tradicionales y la adopción de modelos físico-digitales como herramientas esenciales para la enseñanza y la práctica profesional. Estos modelos permiten una manipulación y visualización espacial más efectiva, convirtiéndose en instrumentos cruciales para el desarrollo de habilidades necesarias en el ambiente profesional actual, donde la complejidad y la escala de los proyectos demandan una precisión y un nivel de detalle anteriormente inalcanzables.

Dentro de este marco transformador, este artículo expone los resultados preliminares de una innovadora práctica educativa implementada en la asignatura “Sistemas Informáticos Aplicados a la Arquitectura” en la Universidad Rey Juan Carlos. Este curso propone una estrategia pedagógica orientada hacia la formación digital, diseñada para disminuir la reticencia tecnológica y fomentar un aprendizaje autónomo que no sólo mejora el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también los prepara de manera más efectiva para los desafíos del mercado laboral actual.

Adoptando un enfoque cualitativo, sustentado en estudios de caso y en la Taxonomía Revisada de Bloom adaptada al nivel inicial de los estudiantes, la metodología seleccionada para esta investigación se justifica en la necesidad imperativa de promover técnicas experimentales respaldada en una "alfabetización digital" robusta. Esta necesidad subraya la importancia de que los futuros arquitectos no sólo sean capaces de manejar herramientas digitales avanzadas, sino también de comprender y manipular grandes volúmenes de datos que son fundamentales en el diseño arquitectónico contemporáneo (Eshet-Alkali & Chajut, 2010).

El proceso educativo que se detalla en este estudio incluye tanto lecciones teóricas como actividades prácticas, promoviendo el desarrollo autónomo de los estudiantes. La investigación explora la implementación de nuevos instrumentos y tecnologías que simulan formas y espacios proyectuales, integrando programas digitales con metodologías de diseño tradicionales. Este híbrido sistema educativo no solo optimiza los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino que también amplía las competencias de los estudiantes, permitiéndoles navegar con mayor destreza en un entorno digital que evoluciona constantemente (Subirós et al., 2017).

Esta fusión de técnicas digitales y modelos físicos tradicionales en la educación arquitectónica permite a los estudiantes una aproximación más integral y profunda hacia el diseño arquitectónico. Al

familiarizar a los alumnos con sistemas digitales avanzados y facilitar su adaptación a tecnologías emergentes, la educación arquitectónica se convierte en un proceso dinámico de descubrimiento y adaptación. Esta adaptación no es solo técnica sino conceptual, permitiendo a los estudiantes explorar nuevas fronteras del diseño arquitectónico y preparándolos para contribuir significativamente a la disciplina en un contexto globalizado.

La integración de herramientas digitales en la formación arquitectónica no sólo es imperativa para mantener la relevancia profesional en un mercado cada vez más tecnológico, sino que también representa una expansión de las capacidades creativas y analíticas de los nuevos arquitectos. A través de la adaptación curricular y la innovación pedagógica, podemos asegurar que la próxima generación de arquitectos esté equipada no solo para enfrentar los desafíos del presente sino también para anticipar y moldear el futuro de la arquitectura.

## **2. SIALA: Integración de Tecnologías Digitales en el Currículo de Fundamentos de la Arquitectura**

La asignatura "Sistemas Informáticos Aplicados a la Arquitectura" constituye un componente clave en el primer año del programa de estudios básicos de Fundamentos de la Arquitectura en la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid. Este módulo, desarrollado a lo largo de 15 semanas con sesiones de cuatro horas semanales y 42 horas adicionales de trabajo autónomo por estudiante, se imparte en el primer semestre académico y está diseñado para introducir el uso de herramientas digitales en el diseño arquitectónico. A través de un enfoque interdisciplinario, SIALA integra aspectos proyectuales, compositivos, constructivos y paisajísticos, y enfrenta el reto de enseñar tanto el manejo de tecnologías digitales avanzadas como los conceptos fundamentales de la arquitectura en un periodo intensivo y compacto.

Históricamente, la asignatura se ha impartido desde una perspectiva instrumental, centrada principalmente en la documentación bidimensional, técnicas de renderización y animación. Esta aproximación, si bien provechosa en algunos aspectos, ha tendido a marginar la comprensión profunda de las capacidades y potenciales de las plataformas digitales en la arquitectura contemporánea.

Dada la rápida evolución tecnológica y su impacto en la metodología de diseño arquitectónico, se ha hecho imperativo un replanteamiento radical de este curso. El nuevo enfoque metodológico y práctico implementado busca no solo familiarizar a los estudiantes con el software y hardware esenciales en la disciplina, sino también fomentar un entendimiento holístico de cómo estas herramientas pueden transformar tanto el proceso creativo como el resultado final del diseño arquitectónico.

El rediseño curricular de SIALA está apoyado por una serie de recursos complementarios, trabajos individuales y sesiones de tutoría, enfocándose en la aplicación práctica de las herramientas digitales. Se promueve un ambiente de taller donde se combinan la enseñanza tradicional y las nuevas tecnologías, facilitando así la creación de prototipos digitales y físicos que van desde

representaciones bidimensionales hasta modelos tridimensionales complejos. Estos modelos son concebidos como partes de un rompecabezas integrado, donde la representación digital complementa y enriquece las técnicas manuales tradicionales como bocetos o modelos impresos y otras formas de expresión arquitectónica (Fraile & De Jorge, 2023).

Con el fin de maximizar el potencial educativo de SIALA, se han establecido objetivos específicos para la asignatura, incluyendo:

1. **Iniciación en Herramientas Digitales:** Capacitar a los estudiantes en el uso eficiente de tecnologías digitales para diseñar, explorar e investigar en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo, poniendo especial énfasis en la modelización espacial y la simulación de entornos urbanos.
2. **Desarrollo de Habilidades Gráficas:** Proporcionar una base sólida en los principios teórico-metodológicos que rigen el diseño arquitectónico digital, permitiendo a los estudiantes desarrollar y afinar habilidades gráficas avanzadas mediante el uso de software especializado.
3. **Comprensión Espacial Avanzada:** Ampliar el entendimiento de los estudiantes sobre la composición espacial, la escala y la percepción humana del espacio mediante técnicas de visualización y fabricación digital, las cuales permiten una exploración más profunda y detallada de las propiedades físicas y estéticas de los proyectos.
4. **Fomento de la Colaboración:** Estimular el trabajo colaborativo en el taller a través de análisis comparativos y críticas colectivas que promuevan un ambiente de discusión académica activa y cooperación entre pares, esencial para el crecimiento intelectual y profesional.
5. **Preparación para la Práctica Profesional:** Introducir a los estudiantes en el uso de tecnologías de impresión 3D y otros métodos de fabricación digital, preparándolos para su inserción en un mercado laboral que cada vez más demanda habilidades avanzadas en representación digital y fabricación automatizada.

### 3. Metodología

La metodología empleada en esta investigación se centra en el análisis comparativo de 28 casos de viviendas unifamiliares que varían entre 30 y 120 metros cuadrados, distribuidas geográficamente en Europa, Latinoamérica y Japón. Este estudio utiliza un enfoque cualitativo para profundizar en las técnicas constructivas y de diseño empleadas en estas regiones, identificando particularidades locales y tendencias globales. Los datos para este análisis se extrajeron del portal Plataforma Arquitectura, un recurso ampliamente reconocido por su comprensivo archivo de proyectos arquitectónicos contemporáneos.

En el marco educativo, se implementó un curso estructurado en tres bloques temáticos, diseñado para facilitar el aprendizaje progresivo de herramientas de software que son estándares de la

industria, tales como AutoCAD, 3ds Max, Photoshop e Illustrator. Estas plataformas fueron seleccionadas específicamente por su prevalencia y reconocimiento en estudios de arquitectura a nivel europeo, lo que proporciona a los estudiantes habilidades directamente aplicables en contextos profesionales internacionales.

A lo largo del semestre, los estudiantes enfrentaron la complejidad inherente a estos programas, adquiriendo habilidades cruciales en dibujo arquitectónico, modelado tridimensional y animación. El enfoque pedagógico permitió a los alumnos no solo aprender de manera estructurada dentro del aula sino también continuar su desarrollo de forma autodidacta, consolidando así su aprendizaje mediante la práctica y experimentación continuas.

Cada uno de los tres bloques del curso fue cuidadosamente diseñado para abordar diferentes aspectos de la arquitectura digital. El primer bloque se enfocó en el dibujo técnico y el uso básico de AutoCAD, introduciendo a los estudiantes a las normativas y técnicas de representación bidimensional. El segundo bloque avanzó hacia modelados más complejos con 3ds Max, explorando formas arquitectónicas y su representación en entornos tridimensionales. Finalmente, el tercer bloque integró Photoshop e Illustrator para enseñar técnicas de postproducción y presentación, habilidades esenciales para la comunicación efectiva de proyectos arquitectónicos.

Este enfoque integral no solo promovió la adquisición de competencias técnicas, sino que también fomentó una comprensión holística del proceso de diseño arquitectónico, desde la concepción inicial hasta la presentación final del proyecto. Mediante la combinación de prácticas en el aula con recursos de apoyo y asignaciones, se reforzaron los conocimientos adquiridos, permitiendo a los estudiantes aplicar lo aprendido en proyectos concretos y situaciones de diseño reales. Este modelo pedagógico busca no solo impartir conocimientos técnicos, sino también desarrollar en los futuros arquitectos una capacidad crítica y una adaptabilidad que les permita navegar y prosperar en el dinámico campo profesional de la arquitectura.

### **3.1. Explorando modelos bidimensionales**

El primer segmento del curso sobre "Sistemas Informáticos Aplicados a la Arquitectura" dedica aproximadamente el 40% de su estructura curricular al estudio intensivo de la representación bidimensional. Este módulo inicia con una fase de investigación meticulosa, durante la cual los estudiantes emplean AutoCAD para recopilar y procesar datos destinados a la creación de un modelo bidimensional. En esta fase inicial, se promueve una profunda interpretación de conceptos geométricos, escalas y simbología. Los conocimientos adquiridos en las asignaturas de "Representaciones Arquitectónicas" y "Comunicación Gráfica" se integran para superar una perspectiva meramente digital del diseño, abordando así las dimensiones teóricas y prácticas del proyecto arquitectónico.

Posteriormente, se procede a desarrollar la representación planimétrica del diseño arquitectónico seleccionado, utilizando también AutoCAD. Durante este proceso, los estudiantes ajustan y modifican formas y dimensiones, generando múltiples propuestas que serán refinadas y utilizadas en etapas

posteriores del curso, particularmente en la creación del póster final. Este ejercicio de revisión continua asegura la precisión del modelo frente al diseño original y facilita la corrección de errores para alcanzar el prototipo definitivo.

Además de la elaboración de documentación planimétrica, este bloque incluye la construcción de una maqueta volumétrica conceptual en papel, que sirve como una herramienta pedagógica para visualizar de manera abstracta la escala, forma y relación espacial del proyecto. Este modelo se materializa utilizando técnicas de corte digital, permitiendo a los estudiantes experimentar con tecnologías innovadoras que trascienden la representación bidimensional. Este proceso no solo introduce una dimensión tridimensional al modelo, sino que también mitiga las limitaciones inherentes a la representación digital bidimensional, como la pérdida de percepción de escala y la conexión espacial.

Este enfoque pedagógico integral no solo fortalece la comprensión de los estudiantes sobre el espacio arquitectónico y su representación, sino que también les enseña a apreciar y manejar la transición entre las representaciones bidimensionales y tridimensionales. A través de esta metodología, el curso fomenta una comprensión más profunda de las técnicas de representación arquitectónica, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos profesionales más complejos y facilitando un enfoque más holístico en su formación académica y profesional futura. Este proceso de enseñanza y aprendizaje subraya la importancia de la precisión técnica, la innovación en el diseño y la relevancia de las habilidades de visualización espacial en la educación arquitectónica contemporánea (Figura 1).

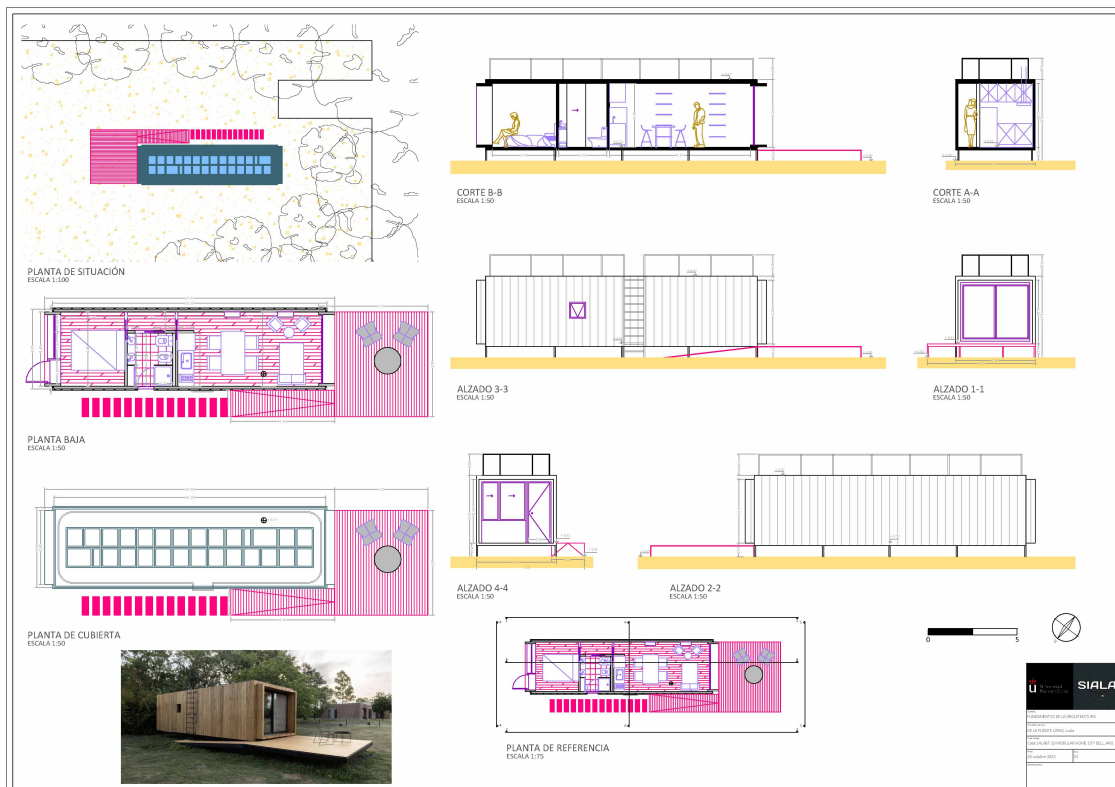


Figura 1. Modelo bidimensional. Alumna: Lucía De La Puente López

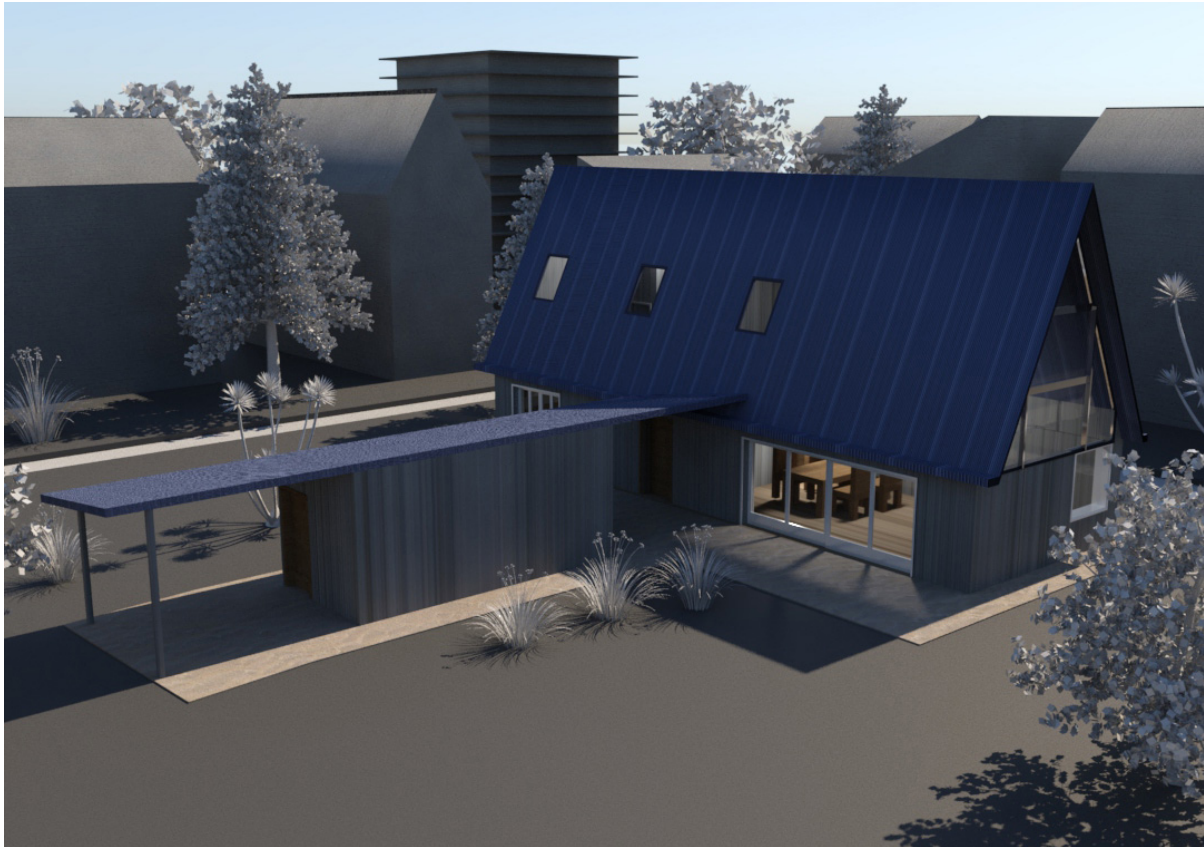
### 3.2. Dimensiones expandidas

El bloque dedicado al modelado tridimensional constituye el 40% del programa educativo y se centra en el desarrollo de habilidades para la representación espacial compleja, incorporando la dimensión Z. Utilizando 3D Studio Max, una herramienta predominante en estudios de diseño arquitectónico, los estudiantes abordan una estructura comprensiva de los elementos arquitectónicos fundamentales, como muros, cubiertas, aberturas, niveles, materialidades y vegetación. Esta etapa del curso no solo se enfoca en la habilidad técnica, sino que también promueve una comprensión holística del espacio mediante la integración interdisciplinaria, que enriquece el proceso educativo a través de la diversidad de perspectivas y técnicas.

En este módulo, se pone especial énfasis en la calidad de las visualizaciones, las cuales no se limitan a simples representaciones estáticas, sino que evolucionan hacia animaciones dinámicas que detallan las características espaciales de los modelos arquitectónicos. Estas animaciones sirven un doble propósito: primero, facilitan la comprensión de las estructuras complejas para los estudiantes y, segundo, generan material de alta calidad apto para su uso en paneles impresos y presentaciones profesionales. Este enfoque dinámico es esencial para trasladar la teoría arquitectónica a un contexto práctico y profesional.

El proceso educativo se enriquece considerablemente mediante la integración de técnicas de prefabricación aditiva. El uso de impresoras 3D permite a los estudiantes crear maquetas a escala 1:100, lo que les ofrece una experiencia tangible de los conceptos estudiados. Este enfoque práctico facilita no solo la comprensión de la escala y la forma, sino que también permite una exploración detallada de aspectos específicos del diseño, desde la volumetría general hasta detalles minuciosos. Cada estudiante tiene la oportunidad de definir el alcance de su exploración, eligiendo concentrarse en características generales o en particularidades, según lo requiera su proyecto individual.

Este proceso de transformación de representaciones bidimensionales a modelos tridimensionales marca una transición educativa significativa, donde las variables numéricas y teóricas se materializan en formas concretas. Esta metodología no solo facilita la exploración intuitiva de conceptos arquitectónicos complejos, sino que también fortalece el entendimiento crítico y práctico de los estudiantes sobre cómo los espacios son diseñados, construidos y experimentados. Al final, los estudiantes son capaces de traducir datos y dibujos técnicos en proyectos tangibles que reflejan tanto la precisión estructural como las intenciones estéticas, preparándolos así para los desafíos del mundo arquitectónico contemporáneo (Figura 2).



*Figura 2. Modelo tridimensional. Alumna: Irene Guijarro Herranz*

### **3.3. Póster arquitectónico: más allá del papel**

El tercer y último segmento del curso, que representa el 20% del contenido programático, cumple un papel esencial en la síntesis y articulación de los conocimientos adquiridos en representación bidimensional y tridimensional dentro del discurso arquitectónico más amplio. Este módulo emplea herramientas avanzadas de edición gráfica como Adobe Photoshop e Illustrator para explorar profundamente el tratamiento de imágenes y la composición gráfica, facilitando así la explicación del proyecto arquitectónico desde múltiples enfoques representacionales.

Conforme a las observaciones de Fleischmann (2019), la creación de un póster en un ambiente grupal en esta sección del curso promueve activamente el diálogo, la crítica constructiva y la interacción social entre los estudiantes. Estas dinámicas son vitales, ya que no solo proporcionan un medio para la evaluación colectiva de opciones de diseño, sino que también cultivan un pensamiento crítico y reflexivo esencial para tomar decisiones fundamentadas en el campo de la arquitectura. Esta dinámica colaborativa es esencial para proporcionar a los futuros arquitectos las habilidades necesarias para evaluar críticamente las opciones de diseño, facilitando el desarrollo de un pensamiento crítico y reflexivo indispensable para la toma de decisiones informadas y fundamentadas en el campo de la arquitectura.



Dentro de este marco pedagógico, los estudiantes son motivados a aplicar colectivamente sus conocimientos adquiridos para la creación de un discurso infográfico que narra y visualiza experiencias y narrativas multisensoriales del espacio arquitectónico diseñado.

Este enfoque integrador permite realizar comparaciones de escalas, análisis detallados de variables críticas y la visualización de soluciones arquitectónicas desde perspectivas tanto sincrónicas como diacrónicas. Según Fraile y De Jorge (2023), este método no solo enriquece la comprensión del espacio, sino que también amplía la capacidad de los estudiantes para conceptualizar y comunicar complejidades arquitectónicas de forma creativa y efectiva.

El resultado culminante de este proceso es la creación de un póster (Figura 3) de dimensiones 1 x 0,70 metros, que integra y exhibe el material gráfico desarrollado individualmente por cada estudiante. La presentación final y la revisión comunitaria de estos pósteres, realizada en la última sesión del curso, es un ejercicio crucial que fomenta el intercambio de ideas y la discusión crítica. Este momento de interacción no solo proporciona una oportunidad para la retroalimentación constructiva entre pares y profesores, sino que también actúa como un cierre enriquecedor y colaborativo del proceso educativo. Esta fase del curso, por tanto, no se limita a la mera producción de documentos visuales, sino que se adentra en la elaboración de una narrativa arquitectónica que es fundamental para la formación integral del estudiante de arquitectura. A través de este enfoque, se busca inculcar una comprensión profunda de cómo los elementos visuales y textuales se combinan para comunicar de manera efectiva las complejidades y la belleza del diseño arquitectónico.



Figura 3. Póster arquitectónico. Alumnos: Ángela Risco Agudo, Darío Jiménez Medina, Alejandro Juarranz Segovia.

#### 4. Resultados de la Integración de Tecnologías Digitales en la Educación Arquitectónica

Este estudio, aún en su fase inicial, ha arrojado hallazgos significativos que resaltan la transformación educativa y profesional lograda a través de la integración sistemática de tecnologías digitales en la enseñanza de la arquitectura. Los resultados obtenidos no solo demuestran una mejora en las habilidades técnicas de los estudiantes, sino que también subrayan la relevancia de estos métodos en el contexto contemporáneo de la práctica arquitectónica. A continuación, se detallan los principales resultados:

1. **Investigación Activa con Sistemas Digitales:** La adopción de un rol activo de investigación por parte de los estudiantes ha sido una piedra angular de este estudio. Al sumergirse en la exploración de ejemplos arquitectónicos asignados, los estudiantes utilizaron herramientas digitales avanzadas para analizar la complejidad estructural y funcional de las edificaciones. Este proceso no solo permitió una comprensión más profunda de las características arquitectónicas, sino que también fomentó una habilidad crítica para discernir y evaluar aspectos como la materialidad y la funcionalidad de los diseños. La implementación de herramientas como AutoCAD y 3D Studio Max facilitó este proceso, permitiendo una manipulación detallada y una visualización precisa de los modelos arquitectónicos.
2. **Potenciación Creativa a través de Sistemas Digitales:** La utilización de herramientas digitales ha sido fundamental para transformar la información conceptual en modelos digitales, tanto bidimensionales como tridimensionales. Los estudiantes lograron adquirir y perfeccionar habilidades técnicas en un período relativamente corto, lo que evidencia la eficacia de integrar estos sistemas en el currículo de arquitectura, no solo para mejorar la capacidad técnica sino también para estimular la creatividad en el diseño arquitectónico.
3. **Valoración del Proceso en Proyectos Arquitectónicos:** La complejidad de las interfaces digitales utilizadas en el curso requirió ajustes considerables en el calendario académico. Esto destacó la importancia de adoptar un enfoque procesual en la enseñanza, donde las correcciones iterativas y el feedback continuo son esenciales para manejar la creciente complejidad de los proyectos arquitectónicos digitales.
4. **Sinergia entre Modelos Físicos y Digitales:** La combinación de modelos físicos y digitales se ha mostrado altamente efectiva para el análisis arquitectónico. Mientras que las maquetas físicas proporcionaron una comprensión básica y simplificada de las estructuras, los modelos digitales añadieron una capa de precisión y realismo que es imprescindible para la evaluación detallada de los proyectos. Esta sinergia ha enriquecido la comprensión espacial y la precisión en la representación de los diseños.
5. **Relevancia del Itinerario Digital:** La creación de recorridos virtuales y videos ha sido particularmente beneficiosa para ampliar la comprensión de los proyectos arquitectónicos. Esta herramienta ha mejorado significativamente la percepción de cómo los objetos

arquitectónicos interactúan con su entorno, facilitando una comprensión más integrada y completa de los modelos estudiados.

6. **Grupo-Laboratorio:** La estructuración del curso en torno a un modelo de laboratorio colaborativo ha funcionado eficazmente como un espacio de producción y discusión continua. Las revisiones grupales, tanto en formatos digitales como con maquetas físicas, han fomentado una cultura de comparación crítica y diálogo constructivo. Este método ha sido altamente valorado por aproximadamente el 85% de los estudiantes, quienes reconocen su utilidad en el fortalecimiento de sus capacidades analíticas y comunicativas. Este ambiente colaborativo ha sido fundamental para el intercambio de ideas y el enriquecimiento mutuo entre los estudiantes.

En conjunto, estos resultados no solo validan la efectividad de los métodos digitales en la enseñanza de la arquitectura, sino que también resaltan la importancia de un enfoque educativo que equilibre la teoría y la práctica, facilitando así un aprendizaje más dinámico y aplicado. Este estudio preliminar proporciona una base sólida para futuras investigaciones y para la continua integración de tecnologías avanzadas en el curriculum arquitectónico, asegurando que los futuros arquitectos estén bien equipados para enfrentar los desafíos del diseño en el siglo XXI.

## 5. Discusión

La utilización de sistemas digitales en la educación arquitectónica se ha consolidado como una piedra angular para el avance en la enseñanza y la práctica de la arquitectura moderna. Conforme a Guitert & Giménez (2005), el empleo de estas tecnologías no solo enriquece la creación de modelos arquitectónicos, sino que también cataliza la participación activa y la comunicación conceptual entre los estudiantes. Esta dinámica es esencial para la contextualización del proyecto en su entorno real, aspecto que también ha sido corroborado por López et al. (2016), quienes destacan cómo la digitalización favorece la interacción contextual del diseño.

Cabero y Costas (2017) extienden esta visión al destacar que la tecnología no solo simplifica la exploración y construcción del conocimiento, sino que también promueve prácticas de autoevaluación crítica, esencial en procesos educativos dinámicos y adaptativos. Estos elementos son cruciales para un aprendizaje autónomo y reflexivo, donde el estudiante evalúa críticamente su proceso y resultados.

Desde esta perspectiva, se plantea una hipótesis emergente que sugiere que la enseñanza mediada por tecnologías digitales y herramientas de prefabricación cataliza un aprendizaje profundo y significativo del espacio arquitectónico. Este enfoque se alinea con el paradigma de "learning-by-doing" de Schön (1987), que aboga por un aprendizaje a través de la práctica directa, potenciando habilidades como la observación, el descubrimiento y la experimentación. Este método de enseñanza no solo enfatiza el razonamiento reflexivo, sino que también se integra perfectamente con el "pensamiento proyectual" de Lawson (2011) y el "proceso creativo en espiral" de Quesada (2001), enfocándose en un diseño que evoluciona de manera iterativa y reflexiva a través de fases de

revisión y rediseño continuo. Esta aproximación permite a los estudiantes no solo aprender sobre diseño sino también sobre cómo el diseño se adapta y responde a condiciones variables, preparándolos para desafíos futuros en entornos profesionales dinámicos.

La efectividad de combinar estos enfoques pedagógicos con tecnologías digitales refleja una simbiosis entre la imaginación y la invención, que Bürdek (2006) describe como un "acto de creación" donde la idea se transforma en una materialización tangible de una idea. Este proceso no solo demuestra la capacidad de los estudiantes para conceptualizar y realizar físicamente sus ideas, sino que también fomenta un aprendizaje integral que abarca tanto los aspectos técnicos como los conceptuales del diseño arquitectónico.

Además, el establecimiento de un entorno de colaboración entre estudiantes y docentes, como sugieren López y Rosolia (2022), es fundamental en este enfoque pedagógico. Este modelo educativo no solo fusiona la teoría con la práctica, sino que también crea un ambiente sinérgico que es vital para el desarrollo profesional y personal de los estudiantes. Este entorno colaborativo no solo mejora la calidad del aprendizaje y la enseñanza, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real, equipándolos con las habilidades necesarias para innovar y adaptarse a las demandas cambiantes del campo arquitectónico.

## 6. Conclusión

Las reflexiones derivadas de este análisis proporcionan evidencia sustancial de mejoras significativas en la formación de estudiantes de arquitectura a través de la integración de herramientas digitales. La fusión de los ámbitos físico y digital ha demostrado ser particularmente eficaz, no solo en superar las limitaciones inherentes a los métodos exclusivamente digitales o tradicionales, sino también en enriquecer la experiencia educativa mediante la facilitación de una exploración y transformación profunda de los resultados de aprendizaje. Esta transición hacia la adopción de representaciones tridimensionales ha revolucionado la manera en que los estudiantes visualizan y comprenden el espacio arquitectónico. Al permitir la manipulación y exploración de diseños en múltiples dimensiones, las herramientas digitales fomentan un aprendizaje activo y motivador. Esta metodología no solo potencia la visualización espacial, sino que también amplía la capacidad de los estudiantes para interactuar con sus proyectos en un contexto más realista y aplicable, evaluando y modificando diseños a escala desde la concepción hasta la realización.

Más aún, la integración coherente de representaciones bidimensionales y tridimensionales, en combinación con el desarrollo de habilidades discursivas avanzadas, ha sido crucial para el enriquecimiento de competencias profesionales y académicas. Este enfoque holístico ha mejorado notablemente la comprensión espacial, la precisión interpretativa, el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas y reflexivas. Los estudiantes ahora están mejor equipados para abordar y resolver problemas complejos, una habilidad indispensable en el campo profesional de la arquitectura.

El proceso educativo también ha sido notablemente influenciado por la interacción grupal. Al fomentar un ambiente colaborativo, esta dinámica ha incentivado la comunicación eficaz y el análisis detallado de información compleja en formatos visuales y narrativos. Las exposiciones y las sesiones de crítica colectiva han promovido un intercambio dinámico de ideas, reforzando la importancia del aprendizaje cooperativo y el debate crítico como componentes esenciales de la educación arquitectónica contemporánea.

La capacidad de analizar proyectos a diversas escalas, facilitada por el uso de herramientas digitales avanzadas, ha permitido a los estudiantes realizar investigaciones profundas y detalladas que abarcan desde los detalles constructivos más minuciosos hasta aspectos de planificación urbana. Sin embargo, este enfoque multiescalar también plantea desafíos significativos. Se hace evidente la necesidad de una orientación docente experta y continua para navegar estos complejos sistemas digitales y evitar interpretaciones erróneas o idealizadas de los proyectos arquitectónicos.

Ante esta evolución tecnológica, se impone la necesidad de una actualización constante de conocimientos y habilidades, un desafío que los educadores deben abordar de manera proactiva. Adaptar los currículos y métodos pedagógicos para incorporar competencias digitales emergentes y explorar creativamente nuevas tecnologías se convierte en una prioridad absoluta. Este enfoque no solo asegurará que los estudiantes estén adecuadamente preparados para los desafíos del futuro profesional, sino que también fomentará una cultura de innovación y adaptabilidad en el campo de la arquitectura.

## Referencias

- Anderson, L.W. & Krathwohl, D. (Eds.). (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Bürdek, B. (2006). *Historia, teoría e práctica do Design de product*. Edgard Blüncher.
- Cabero, J., & Costas, J. (2017). Simulators use for students training. *Prisma Social*, 17, 343-372. <https://www.redalyc.org/pdf/3537/353749552015.pdf>
- Castro Marcucci, A., & Belandria, D. (2021). Comunicar los resultados de la investigación arquitectónica: Cómo diseñar un artículo científico digital en el ámbito arquitectónico. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 11(1). <https://doi.org/10.18861/ania.2021.11.1.3100>
- Eshet-Alkali, Y., & Chajut, E. (2010). You Can Teach Old Dogs New Tricks: The Factors that Affect Changes Over Time in Digital Literacy. *Journal of Information Technology Education*, 9, 173-181.
- Fleischmann, K. (2021). Is the Design Studio Dead? - An International Perspective on the Changing Shape of the Physical Studio across Design Domains. *Design and Technology Education: An International Journal*, 26(4), 112-129. <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/2972>
- Fraille-Narváez, M., & De Jorge, H.V. (2023). Modelos y metodologías puente. Hacia una experiencia multisensorial entre lo material y lo digital en la enseñanza de la Arquitectura. In *El papel de las universidades en los ODS: innovación docente y experiencias significativas*. Universidad Complutense de Madrid, 23-25 de octubre de 2023.
- Guitert, M., & Giménez, F. (2005). Trabajo cooperativo en entornos virtuales de aprendizaje. In J. Duart & A. Sangrá (Eds.), *Aprender en la virtualidad*: 113-133. Gedisa.
- Quesada, A. (2001). *Creación y Proyecto. El método en diseño y otras artes*. Institución Alfons el Magnànim.
- Lawson, B. (2011). *Como arquitectos e designers pensam*. Oficina de Textos.
- López, F., Cubillos, S., Maury, M., Gómez, F., & Escobar, N. (2016). Evaluación de la calidad educativa en multimedios interactivos. In G. Hernández & F. Vargas (Eds.), *Experiencias significativas en innovación pedagógica*: 202-216. Universidad Nacional de Colombia.
- López, M., & Rosolia, E. (2022). Abrir puertas en los márgenes: un taller de afiches desde el encierro. In E. Ezeiza et al. (Coords), *Mirame: Figuraciones del diseño emergente para la inclusión social*. Wolkowicz Editores.
- Schön, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner*. Jossey-Bass Publishers.
- Subirós Brunet, J., Redondo Domínguez, E., Giménez Mateu, Ll., & Regot Marimón, J. (2017). El papel del dibujo y materias básicas frente nuevas herramientas para manipular el espacio. Casos de estudio de investigación educativa en docencia arquitectónica. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 12(34), 239-258. <https://doi.org/10.5821/ace.12.34.5291>.