

Alucinaciones arquitectónicas

Reflexiones y perspectivas en torno a la inclusión de la IA en la enseñanza del proyecto

FERNANDO GARCÍA AMEN

FELIPE REYNO CAPURRO

ÁNGEL ARMAGNO GENTILE

PALABRAS CLAVE

INTELIGENCIA ARTIFICIAL; DISEÑO PROYECTUAL; CÓDIGO ABIERTO; CIBERNÉTICA; ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Doctor (c) en Arquitectura.

Magíster en Dirección

Estratégica en Tecnologías de la Información. Arquitecto.

Profesor agregado (s).

Coordinador del Centro de Integración Digital (CID/FADU).

Director (2023) de la carrera de Arquitectura, Diseño y Ambiente en la Universidad Católica del Uruguay. Doctor (2021) en Arquitectura DPAA, ETSAM, UPM, España. Magíster (2015) en Arquitectura DPAA, ETSAM, UPM, España. Arquitecto (2012) en la Farq, Udelar, Uruguay.

Magíster en Comunicación

(2023). Arquitecto (2014).

Docente en el CID (2015).

Especialista en comunicación, inteligencia artificial y visualización digital. Docente en PyR de la FADU desde 2016, renderista de alcance internacional.

Resumen

Este artículo surge como colofón de la experiencia llevada a cabo en el curso de Proyecto Tema Específico (PTE) del Taller Danza. Presenta como caso de estudio el trabajo realizado por ocho grupos de estudiantes en torno a modelos de lenguaje (LLM), generación de imágenes con IA generativa libre (*Stable Diffusion*) y casos de control cibernético orientado al proyecto a través de la incorporación de herramientas multimodales de condicionamiento generativo, como *Img2Img* y *ControlNet*. El proceso sirvió para presentar los conceptos fundamentales de la IA desde sus orígenes, sus potencialidades en diversos campos y su aplicación directa en el diseño arquitectónico como instrumento de pensamiento del proyecto. De esta experiencia se desprenden conclusiones relevantes para pensar estrategias didácticas a través de la IA de código abierto, y se exponen las potencialidades y limitaciones de la herramienta en el marco de un curso de proyecto a nivel de grado con estudiantes de nivel intermedio en la carrera de Arquitectura.

Introducción

La «alucinación arquitectónica» emerge como un concepto innovador, disruptivo y novedoso, impulsado por el uso de tecnologías avanzadas como los modelos de lenguaje o los motores de generación de imágenes. Tal vez los casos más conocidos sean los modelos comerciales, como *Midjourney* o *Dall-E*, acaso por su

facilidad de uso y su gran exposición mediática. No obstante, estos son apenas dos elementos que componen la punta de un iceberg que viene gestándose desde hace un buen tiempo.

El término inteligencia artificial (IA) ha generado debates debido a su naturaleza cambiante y sus diversas interpretaciones posibles. En su uso civil más corriente, vinculado al marketing, representa una sustancial y cualitativa mejora para la segmentación de franjas de consumo; en los entornos de investigación, en cambio, incorpora los conceptos de redes neuronales y aprendizaje automático para construir entornos donde las máquinas toman decisiones autónomas basadas en datos; por último, desde una perspectiva más filosófica, la IA origina nuevas visiones éticas al tiempo que interpela las bases de la cosmovisión heredada, en ocasiones argumentando que la IA no es ni «inteligente» ni «artificial» en el sentido convencional, sino una combinación de recursos digitales (Manovich, 2024).

Una definición posible y bastante ajustada de IA es la que da Boden (2017) al afirmar que esta busca «hacer que las computadoras hagan eso que la mente humana hace». De todos modos, la definición puede resultar aún algo incompleta, pues no necesariamente la IA debe hacer todo lo que la mente humana hace. Por ejemplo, ¿tendría que tener conciencia? Estos aspectos, puramente éticos, están en discusión sin que exista todavía un consenso. Lo que sí está claro es que la IA actual puede hacer aquellas cosas que la mente humana no puede hacer, o tal vez sí podría, pero con mucho más esfuerzo, dedicación y energía, como, por ejemplo, «alucinar».

El término IA fue acuñado en 1956 en la conferencia de Dartmouth por John McCarthy¹ y Marvin Minsky,² quienes a la postre serían, además, dos teóricos fundamentales del transhumanismo. Alan Turing, quien propuso la prueba para determinar si una máquina era inteligente, no vivió para verlo: fue encontrado sin vida en 1954. La conferencia de Dartmouth reunió a destacados científicos, como Nathaniel Rochester y Claude Shannon,³ para discutir la posibilidad de desarrollar máquinas capaces de llevar a cabo tareas que requerían inteligencia humana. Aunque no se lograron avances significativos en ese momento, se sentaron las bases para la colaboración futura y la IA comenzó a atraer la atención de académicos, científicos y financiadores. Aun así, el optimismo inicial comenzó a disiparse pronto, dado que las promesas y expectativas futuristas resultaron difíciles de cumplir. Este período se conoce como «el invierno de la IA», en el que las predicciones alentadoras se dieron de frente contra la realidad de una tecnología todavía inmadura pero con muchas ambiciones. En 1957 Simon había predicho que en los siguientes diez años una computadora sería campeona mundial de ajedrez, batiendo al mejor jugador humano, algo que no ocurriría hasta 1997 con la Deep Blue de IBM.

Otro problema fue la dificultad de muchas situaciones que la IA intentaba resolver. Los programas usaban técnicas combinatorias que funcionaban en problemas simples, pero fracasaban en problemas más complejos debido a la explosión combinatoria. Pese al desánimo, muchos investigadores continuaron

trabajando para crear máquinas capaces de llevar a cabo tareas complejas sin intervención humana.

A principios de la década de 1990, la IA comenzó a resurgir tras este período de estancamiento. Mientras que la IA simbólica intentaba emular la inteligencia humana mediante el procesamiento de símbolos, otra línea de investigación se centró en modelar el cerebro humano con redes neuronales artificiales. Este enfoque se revitalizó a fines de los ochenta y principios de los noventa con el método de retropropagación, que permitió a las redes neuronales aprender de sus errores y mejorar su desempeño. Esta asimilación de la IA mediante una analogía con la estructura de pensamiento humano a partir de neuronas sirvió para graficar y comprender mejor todo el proceso generativo.

Las redes neuronales artificiales están compuestas por varias capas: una de entrada, una de salida y una o más intermedias que procesan la información. La retropropagación permitió a estas redes ajustarse y aprender de sus experiencias, impulsando el campo del aprendizaje profundo o *deep learning*. Así, a principios de los años noventa se desarrollaron máquinas con «neuronas» artificiales capaces de aprender de datos y experiencias, lo que llevó al alumbramiento o la emancipación del aprendizaje automático como un campo epistémico independiente.

El objetivo central del aprendizaje automático se centró en resolver problemas prácticos utilizando métodos estadísticos y probabilísticos, en lugar de intentar imitar completamente la inteligencia humana. Cuando en 1997 Deep Blue derrotó al campeón de ajedrez Garry Kasparov, cumplió finalmente la profecía de Simon, aunque cuatro décadas más tarde. Esta victoria marcó un hito, pero también mostró que la IA se estaba especializando en subcampos con enfoques particulares. A partir de ese momento, el aprendizaje automático comenzó a expandirse, buscando solucionar problemas complejos en múltiples áreas. De este modo, permitió a las máquinas mejorar su rendimiento con más datos y experiencia.

A diferencia de los algoritmos tradicionales con pasos predefinidos, el aprendizaje automático aborda problemas que los humanos resuelven de manera natural, como diferenciar objetos en imágenes o interpretar palabras en conversaciones. De este modo, las máquinas aprenden de datos de entrenamiento y toman decisiones autónomas. Esto implica un proceso en el que los algoritmos mejoran su desempeño mediante la acumulación de datos y su análisis. A diferencia de los inicios, cuando las aplicaciones de IA se limitaban a tomar decisiones basadas en reglas predefinidas, ahora pueden generar contenido nuevo —texto, imágenes e incluso música— con mínima intervención humana. Si bien durante siglos desde la psicología se ha intentado definir y medir la inteligencia humana, lo que dio como resultado teorías como la de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, que sugiere la existencia de diferentes tipos de inteligencia, la IA actual ha logrado evolucionar emulando algunas de estas habilidades, como la lógica-matemática y la visual-espacial, y ha logrado avances significativos en áreas como el procesamiento del lenguaje natural y el reconocimiento de patrones.

En el campo de la arquitectura el uso de IA constituye un aporte disruptivo y a la vez raro, puesto que se trata de un campo de aplicación tan reciente como

1. John McCarthy es considerado el padre de la inteligencia artificial y del concepto de *cloud computing*. Fuente: <http://www.fayerwayer.com/2012/01/el-origen-de-el-computo-en-la-nube/> Fecha de consulta: julio de 2024.

2. Marvin Minsky fue cofundador del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT. Junto con McCarthy, fue un gran promotor de la IA durante la conferencia de Dartmouth. Fuente: <https://userweb.ucs.louisiana.edu/~isb9112/dept/phil341/histconn.html> Fecha de consulta: julio de 2024.

3. Ambos fueron investigadores y expertos en el área de desarrollo de las tecnologías de la información y, al igual que McCarthy y Minsky, participantes en la conferencia de Dartmouth, que sería la inauguración formal de un campo epistémico nuevo. Fuente: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> Fecha de consulta: julio de 2024.

poco extendido y apenas comienza a ver la luz en la obra teórica de algunos referentes, como Leach (2021) o Del Campo (2022). Sin embargo, se trata de un área fértil para la experimentación proyectual y la apropiación epistémica del concepto de alucinación maquínica, en aras de obtener una producción masiva y sistematizada de insumos capaces de converger en la construcción conceptual de un proyecto de arquitectura.

En este trabajo se expone como caso de estudio el curso «Alucinación arquitectónica», del Taller Danza de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), en el que se llevó a cabo una experiencia de integración de la IA generativa a partir de herramientas de código abierto (*Stable Diffusion*) con la acción proyectual, brindando a los estudiantes distintos conceptos teóricos y herramientas de control cibernético que redundaron en un resultado en el que la alucinación maquínica constituyó el engranaje fundamental de la estructura del curso.

La aplicación de la IA generativa para la creación de imágenes se remonta a 2014 con la introducción de las redes generativas adversarias o GAN (Good-fellow *et al.*, 2014), que inicialmente podían generar imágenes pequeñas dentro de categorías específicas. Sin embargo, un avance significativo ha ocurrido más recientemente con el surgimiento de los modelos de difusión latente (LDMs) (Ho, Jain y Abbeel, 2020). Estos modelos, influenciados por principios de desequilibrio termodinámico, están diseñados para aprender la distribución de datos al eliminar gradualmente el ruido de una variable normalmente distribuida, transformando entradas de texto en vectores latentes utilizando modelos de lenguaje preentrenados.

En la actualidad hay una variedad de productos derivados de esta familia, tanto comerciales como de código abierto: *Stable Diffusion* (Rombach *et al.*, 2021), *Midjourney*, *DALL-E 3*, *Leonardo AI*, *BlueWillow* y *Openjourney*.⁴ Estas herramientas tienen la capacidad de generar imágenes de alta resolución y calidad excepcional, que van desde fotografías profesionales hasta expresiones artísticas abstractas.

Estos avances han arrojado resultados impresionantes en la realización de tareas complejas de generación de texto a imagen; sin embargo, estas técnicas ofrecen un control limitado sobre la disposición espacial dentro de una composición, aspecto fundamental en campos creativos como la arquitectura. Además, requieren un conocimiento y experiencia previos en la sintaxis de las indicaciones iniciales de texto (también conocidas como «*prompting*»),⁵ lo que supone un obstáculo para su adopción generalizada.

Para superar esta limitación se ha propuesto una línea de investigación que aboga por el uso de una imagen guía para representar la imagen deseada de manera abstracta, similar a un esbozo. Este método multimodal, denominado traducción de imagen a imagen (Isola *et al.*, 2016), ofrece un nivel de control más amplio. Por otro lado, hay enfoques que optan por entrenar una red de control de manera independiente. Esta estrategia es actualmente la más popular, y se destaca la red neuronal *ControlNet* (Zhang y Agrawala, 2023) como la opción dominante.

En el caso estudiado se han tenido en cuenta estas estrategias de acuerdo con el esquema metodológico detallado a continuación.

Metodología

Para esta experiencia se implementaron clases teóricas y prácticas que se sumaron a instancias de taller en las que se discutieron aspectos relevantes de la aplicación de la IA al diseño y se ahondó en visiones sobre su origen y perspectivas a futuro, procurando estimular a los estudiantes en el pensamiento crítico acerca de la tecnología y sus derrames sobre el diseño en un sentido histórico, así como sobre sus manifestaciones actuales. Primero se hizo un ejercicio de aproximación a la IA, en el que se identificaron sus cualidades y cuál es el diálogo posible. Luego, en el ejercicio largo en modalidad de clase teórica y taller, se desarrolló un proyecto arquitectónico pensando en un futuro en el que la IA nos ayude a crear e imaginar un futuro posible. Esta metodología explícita en el qué hacer, el argumento de proyecto y el cómo, a partir de una idea inicial de proyecto, permitió a los estudiantes explorar de manera práctica y teórica cómo la IA puede integrarse en el proceso creativo y proyectual, fomentando un enfoque integral y crítico en la concepción y materialización de diseños arquitectónicos logrados mediante procesos innovadores.

En las clases en modalidad de taller se empleó la plataforma *ComfyUI* (figura 1) del algoritmo de código abierto y gratuito *Stable Diffusion XL* (Podell *et al.*, 2023), destacado por su alto nivel de control tanto sobre el proceso como sobre los resultados y su adaptabilidad a diferentes modelos y estilos (desarrollados de forma independiente por una amplia comunidad de usuarios independientes), descargables de forma gratuita desde la plataforma colaborativa *Civitai*.⁶ Para el proceso de síntesis de imágenes se aplicó el modelo *Juggernaut XL V10.0*,⁷ entrenado a partir de un *dataset*⁸ generalista junto con el software de escalado con IA gratuito *Upscayl*.⁹

Dentro del amplio abanico de interfaces de usuario disponibles para *Stable Diffusion* (*Dreamstudio*, *Automatic 1111*, *InvokeAI*, *ComfyUI* e *Easy Diffusion*), se optó por la más potente, personalizable y versátil: *ComfyUI*. Esta interfaz ofrece una

6. <https://civitai.com/>

7. <https://civitai.com/models/133005/juggernaut-xl>

8. Colección estructurada de datos utilizada para entrenar, validar o probar modelos de aprendizaje automático o algoritmos de inteligencia artificial. Estos datos pueden estar compuestos por texto, imágenes, audio o cualquier otro tipo de datos relevantes para la tarea en cuestión.

9. <https://www.upscayl.org/>

4. Cabe señalar que algunas de estas opciones gratuitas, eventualmente, se transformarán en servicios de pago.

5. En *IA prompting* se refiere a una entrada textual inicial para un modelo de lenguaje o de aprendizaje automático, con el fin de guiar su predicción o generación de respuesta.

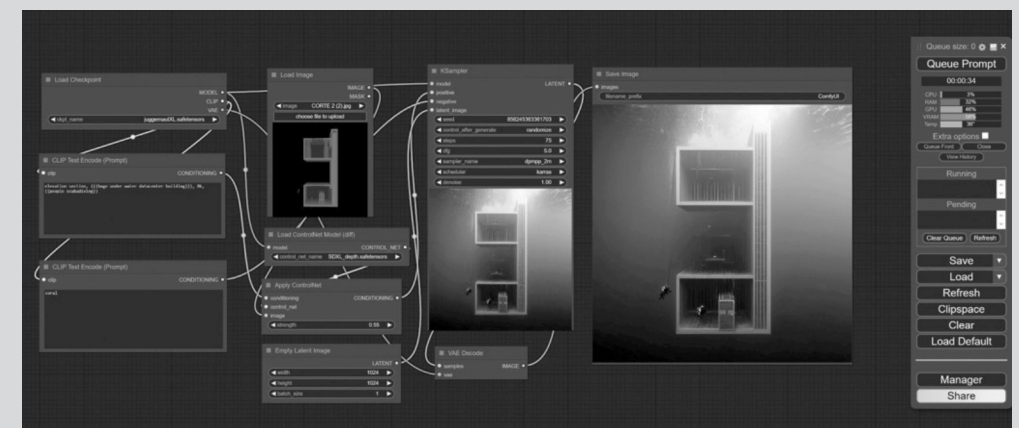


FIGURA 1. INTERFAZ GRÁFICA DE COMFYUI CON ESTRUCTURA NODAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

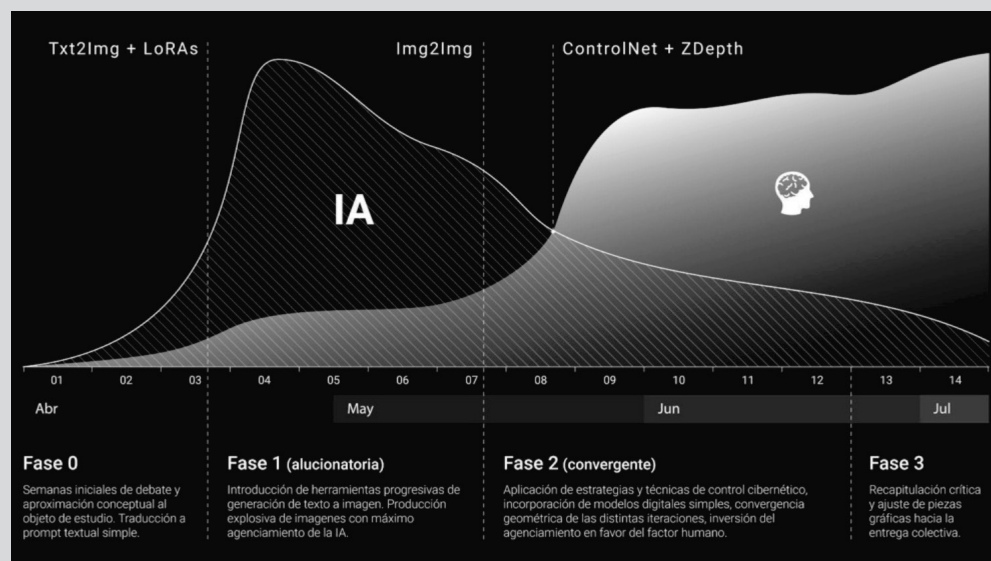


FIGURA 2. GRÁFICA DE FASES DE CONTROL CIBERNÉTICO. AGENCIAMIENTO HUMANO VS IA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

dinámica de programación visual similar a los populares *plug-ins* *Grasshopper*, de Rhinoceros, y *Dynamo*, de Revit, ampliamente utilizados en los ámbitos de la arquitectura y el diseño industrial. Permite además manipular directamente los elementos del diseño, lo que facilita la exploración de diversas configuraciones y la realización de ajustes en tiempo real. Se trata de un método con una doble ventaja: por un lado, está basado en un lenguaje visual comprensible y fácil de asimilar; por otro, tiene enormes similitudes con interfaces ya conocidas, como *Grasshopper*, lo que aplanan en parte la curva de aprendizaje, mejorando los tiempos de respuesta de los estudiantes.

El curso se estructuró en fases sucesivas que abordaban la ejercitación práctica de diversas técnicas, caracterizadas por su progresiva complejidad y grado de control. Entre estas técnicas se incluyen el *prompting* simple y progresivo, que implica la especificación incremental de las diversas categorías presentes en una imagen (medio, sujeto, detalles, estilo, artista, modificadores); la incorporación de LoRAs;¹⁰ el *inpainting*, consistente en la generación de variaciones locales (cambios de fondo, atributos, colores) sobre una imagen base; y el *prompting* multimodal, aplicado a la generación de imágenes a partir de una variedad de referencias gráficas (esquemas lineales, fotografías, renders) para obtener variaciones y modificaciones sobre un mismo tema.

Esta técnica multimodal tiene una variante que consiste en la aplicación del controlador *Depth*, de *ControlNet*, a partir de mapas de profundidad o *ZDepth*¹¹ obtenidos a partir de volumetrías simples generadas en un software de modelado, en este caso *SketchUP*. Es un trasiego directo del modelado simple a la visualiza-

ción, que elimina completamente la habitual y tediosa fase de modelado detallado, texturizado y configuración de luces en la etapa inicial de ideación dentro de un proceso creativo proyectual.

Este enfoque no solo optimiza la eficiencia del flujo de trabajo, sino que también permite a los estudiantes centrarse en los aspectos conceptuales y creativos de sus proyectos y operar, manteniendo las cualidades descriptivas del *prompt* textual, cambios en el punto de vista y en el sistema de representación (perspectivo o paralelo), para obtener piezas geométrales tales como plantas o cortes perspectivados.

Como línea metodológica general, se optó por este esquema de manera de poder proponer ejercicios y herramientas progresivamente ajustadas al control de los resultados, erigiendo un gradiente de control cibernético que confluye en resultados de «alucinación controlada», tal como se visualiza en la figura 2.

Resultados obtenidos

Los resultados de esta experiencia revelan varias estrategias didácticas emergentes y sus impactos en la formación de los estudiantes de arquitectura.

En primer lugar, la presentación de un tema nuevo y disruptivo dentro de las temáticas clásicas de los talleres de arquitectura facilitó en buena medida la instauración de mesas de debate en torno a temas críticos dentro de la arquitectura, como la reflexión acerca de la autoría del diseño. Asimismo, se integraron a la discusión otros temas actualmente en crisis, referidos a la utilidad del aprendizaje de herramientas digitales de representación convencional, que se están viendo jaqueadas por la IA incluso antes de haber tenido una maduración completa en la formación actual de grado. Estas discusiones, entre otras, proporcionaron un marco crítico para que los estudiantes reflexionaran sobre las implicaciones éticas y profesionales de utilizar la IA en el diseño arquitectónico. La confrontación de estas ideas les permitió, además desarrollar una comprensión más profunda de la relación entre creatividad, tecnología y responsabilidad profesional.

No obstante, y al margen de lo referido, es menester destacar que uno de los hallazgos más significativos de esta experiencia fue la revalorización del lenguaje verbal por parte de los estudiantes, quienes tradicionalmente han dependido en gran medida del lenguaje gráfico. La necesidad de diseñar *prompts* precisos y efectivos para la producción de imágenes mediante IA generativa llevó a los estudiantes a reconocer la importancia crítica de la palabra en el proceso de diseño. Esta revalorización del lenguaje verbal no solo mejoró sus habilidades comunicativas, sino que también amplió su repertorio de herramientas creativas, permitiéndoles articular y especificar conceptos arquitectónicos con mayor precisión y claridad. La integración del lenguaje como herramienta fundamental en la formulación de *prompts* fortaleció la capacidad de los estudiantes para traducir sus ideas visuales en descripciones textuales detalladas, lo que fomentó una sinergia más profunda entre la conceptualización gráfica y la verbal en sus

10. LoRA (Adaptación de Rango Bajo) es un modelo complementario al modelo base, de pequeño tamaño, entrenado a partir de un *dataset* reducido, que oficia de especialización en un estilo, objeto o sujeto particular.

11. Imagen en escala de grises que sirve como representación gráfica de la profundidad, utilizando 256 niveles de grises para establecer máscaras. Esta imagen proporciona una representación bidimensional de objetos distantes de la cámara, utilizando un degradado en el que el negro representa la distancia más lejana y el blanco la más cercana.

proyectos arquitectónicos. Este enfoque multimodal no solo enriqueció el proceso educativo, también preparó a los estudiantes para enfrentar los desafíos contemporáneos del diseño arquitectónico, en el que la comunicación efectiva y la precisión descriptiva son esenciales. En cierto sentido, esta vuelta a la palabra es también una forma de originalidad —una vuelta a los orígenes—, dado que la palabra fue, en los inicios de la arquitectura clásica, el modo de describir los procedimientos constructivos.

Durante el curso, cada equipo de estudiantes produjo alrededor de 1.000 imágenes para un mismo proyecto arquitectónico utilizando IA generativa. Esta abundancia no solo facilitó la exploración creativa, sino que también promovió una evaluación crítica del proceso de diseño. Inicialmente, la producción masiva generó una explosión de opciones frente a la cual los estudiantes actuaron como curadores, enfatizando la importancia de seleccionar las representaciones visuales más pertinentes y efectivas para el proyecto. Este enfoque subrayó la necesidad de valorar las imágenes tanto por el tiempo invertido en su creación como por su contribución efectiva al desarrollo del proyecto. Esta mentalidad de evaluación constante y crítica no solo mejoró la calidad de las propuestas visuales, también cultivó habilidades de adaptabilidad y toma de decisiones informadas —y controladas— en el diseño arquitectónico contemporáneo.

En el proceso de diseño se generó una dinámica de diálogo continuo entre los estudiantes y la IA, en la que el equipo docente asumió un rol de mediación. Este enfoque promovió una mirada crítica y técnica que incentivó a los estudiantes a defender y justificar su pericia técnica frente a las respuestas y propuestas generadas por la IA. Al adoptar esta dinámica se alentó a los estudiantes a no aceptar pasivamente las sugerencias de la IA, sino, por el contrario, analizarlas y evaluarlas críticamente. Además de mejorar la capacidad de los estudiantes para aplicar y defender sus conocimientos técnicos, este proceso fortaleció su habilidad para interactuar de manera efectiva con tecnologías avanzadas. Al tratarse de estudiantes de nivel medio, se procuró estimular su capacidad crítica incitándolos a la discusión sobre los procesos y los resultados, de modo tal que pudieran arribar a estos últimos de manera consciente.

Por último, a nivel proyectual se identificaron ciertas limitaciones en el uso de herramientas de IA generativa en la producción de planos técnicos y su adaptación a contextos reales. Estas deficiencias resaltaron la necesidad de un mayor control cibernético por parte de los estudiantes y del equipo docente. La herramienta de IA, aunque eficaz en la generación de conceptos y visualizaciones iniciales, mostró carencias en la precisión técnica requerida para la elaboración de planos arquitectónicos detallados y en la consideración de las especificidades contextuales inherentes a cada proyecto.

Para abordar estas limitaciones se incentivó a los estudiantes a adoptar una postura crítica frente a las propuestas generadas por la IA, evaluándose rigurosamente y ajustándose conforme a las exigencias técnicas y contextuales del proyecto. El equipo docente desempeñó un papel fundamental en este proceso al proporcionar orientación y promover el desarrollo de habilidades que permi-



FIGURA 3. IMÁGENES GENERADAS POR LOS ESTUDIANTES DURANTE LA FASE «ALUCINATORIA», CON CONTROL EXCLUSIVO DE PROMPTS.

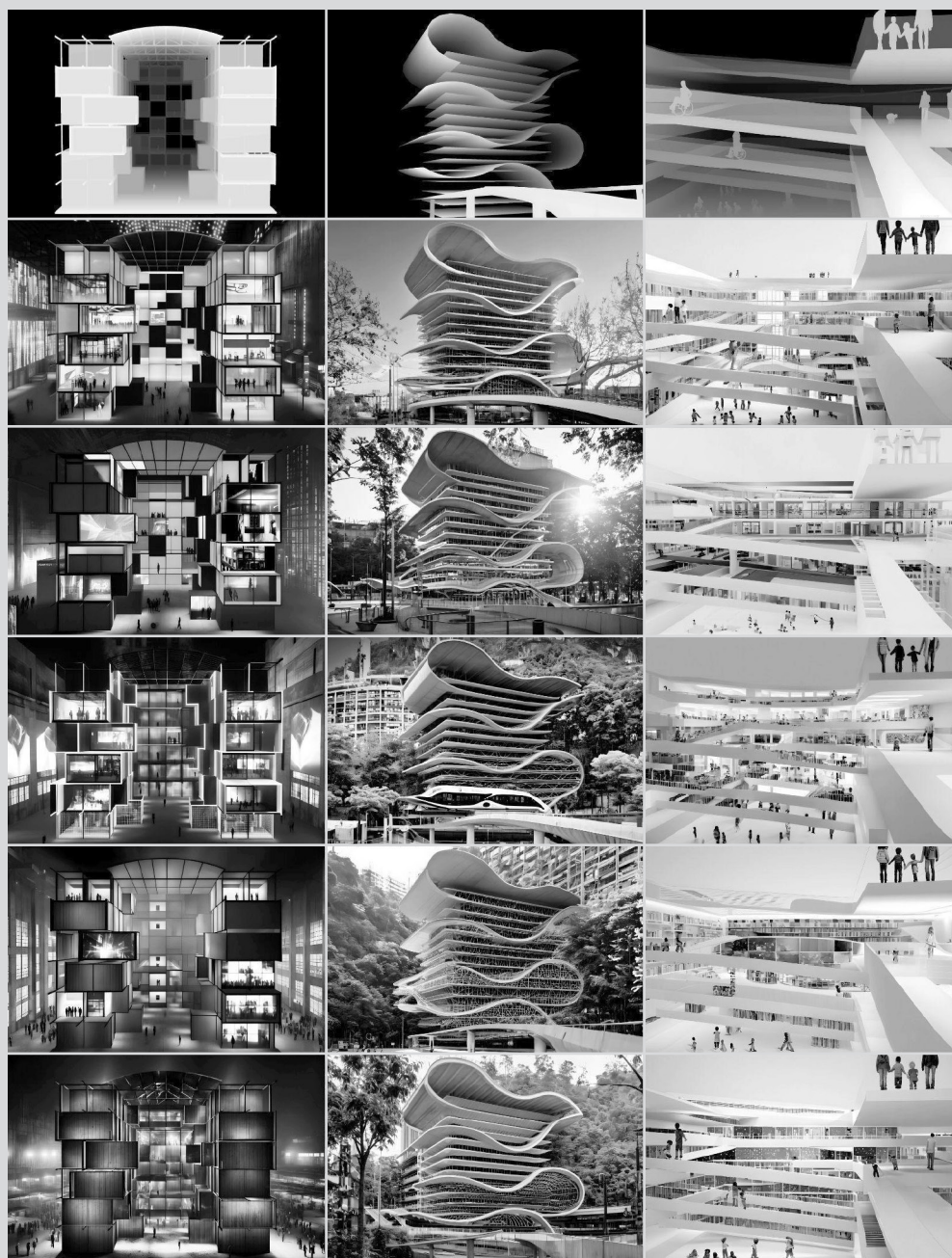


FIGURA 4. MAPA DE PROFUNDIDAD E ITERACIONES GENERADAS POR LOS ESTUDIANTES DURANTE LA FASE «CONVERGENTE», CON HERRAMIENTAS DE CONTROL CIBERNÉTICO.

tieran aumentar el control cibernético de las herramientas utilizadas. Este enfoque no solo mejoró la capacidad de los estudiantes para producir planos técnicos precisos y adaptados a contextos reales, sino que también les enseñó a equilibrar la innovación tecnológica con la rigurosidad técnica y contextual necesaria en la práctica arquitectónica.

Estos resultados subrayan la importancia de integrar tecnologías avanzadas como la IA generativa en la educación arquitectónica, al mismo tiempo que se mantiene un enfoque crítico y riguroso en el desarrollo de habilidades técnicas y contextuales. La experiencia obtenida en este curso ofrece valiosas lecciones para la implementación de estrategias didácticas innovadoras en la formación de futuros arquitectos.

Debate

La implementación de la IA en el diseño arquitectónico representa un desafío actual de la innovación tecnológica digital en su intersección con las prácticas más tradicionales del diseño. A lo largo de este estudio se ha explorado cómo la IA puede influir en la formación proyectual al permitir a los estudiantes no solo experimentar con nuevas herramientas, sino también reflexionar críticamente sobre su papel en el proceso creativo.

Aunque se han destacado los beneficios mencionados anteriormente, el uso de la IA generativa también presentó algunas limitaciones. La herramienta careció de la precisión técnica necesaria para elaborar planos arquitectónicos detallados y no pudo considerar las especificidades contextuales propias de cada proyecto. Estas deficiencias subrayan la necesidad de una mayor supervisión y control por parte de los estudiantes y del equipo docente. Además, se considera relevante destacar la verificación de que la IA, aunque eficaz en la generación de conceptos y visualizaciones iniciales, requiere necesariamente una postura crítica frente a sus propuestas. La adopción de una dinámica de diálogo continuo entre estudiantes e IA, mediada por el equipo docente, promovió esa mirada crítica y técnica, incentivando a los estudiantes a defender y justificar su pericia técnica frente a las respuestas y propuestas generadas por la IA. No obstante, dado el acelerado desarrollo de la IA, especialmente desde 2021 hasta la fecha, este diagnóstico deberá ser comparado con estudios y análisis recurrentes en los cursos venideros.

La convergencia entre lo digital y lo proyectual, mediada por la IA, abre a futuro un nuevo paradigma en el diseño arquitectónico, en el que la hibridación entre lo humano y lo no humano se convierte en una realidad cada vez más tangible. Este trabajo construye un terreno de hipótesis en el que se sugiere que el futuro del diseño arquitectónico dependerá tanto de la innovación tecnológica como de la capacidad de los diseñadores para integrar críticamente estas tecnologías en sus procesos creativos. La IA tiene el potencial de revolucionar el campo del diseño arquitectónico, pero su integración debe ser abordada desde una perspectiva

abierta, crítica y sumamente reflexiva, en la que la formación de grado en diseño proyectual deberá tener un rol preponderante a la hora de formar a los futuros arquitectos. Solo así podrán enfrentar los desafíos presentes y futuros y aprovechar las oportunidades que la tecnología ofrece, asegurando que la creatividad y la libertad proyectual continúen siendo pilares fundamentales del diseño sin por eso perder los rasgos distintivos que definen la singularidad humana.

Referencias bibliográficas

- Boden, M. A. (2017). *Inteligencia artificial*. Turner. ISBN 8416714908.
- Del Campo M. (2021). *Architecture language and AI-language attentional generative adversarial networks (AttnGAN) and architecture design*. Projections. En Proceedings of the XXVI Congress of CAADRIA. Híbrido: Hong Kong y en línea.
- Del Campo M. (2022). *Neural architecture: design and artificial intelligence*. Applied Research & Design.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A. y Bengio, Y. (2014). *Generative Adversarial Nets*. Proceedings of the 27th International Conference on Neural Information Processing Systems, 2, 2672-2680.
- Ho, J., Jain, A. N., y Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Neural Information Processing Systems*, 33, 6840-6851. Recuperado de: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/4c5bcfec8584af0d967f1ab10179ca4b-Paper.pdf>
- Isola, P., Zhu, J., Zhou, T., y Efros, A. A. (2016). *Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks*. arXiv (Cornell University). Recuperado de: <http://export.arxiv.org/pdf/1611.07004>
- Podell, D., English, Z., Lacey, K., Blattmann, A., Dockhorn, T., Müller, J., Penna, J., y Rombach, R. (2023). *SDXL: Improving Latent Diffusion Models for High-Resolution Image Synthesis*. arXiv (Cornell University). Recuperado de: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2307.01952>
- Leach N. (2021). *Architecture in the age of artificial intelligence: an introduction to AI for architects*. Bloomsbury Visual Arts New York.
- Manovich, L. (2024). *Artificial Aesthetics: Generative AI, Art, and Visual Media*. Recuperado de: <http://manovich.net/index.php/projects/artificial-aesthetics-book>
- Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., y Ommer, B. (2021). *High-Resolution image synthesis with latent diffusion models*. arXiv (Cornell University). Recuperado de: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2112.10752>
- Zhang, L., y Agrawala, M. (2023). *Adding conditional control to Text-to-Image diffusion models*. arXiv (Cornell University). Recuperado de: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2302.05543>