

Inteligencia artificial en el diseño habitacional: desafíos y oportunidades en países en vías de desarrollo

America Alonso Ramírez^(*) y
Nathalie Duarte Castañeda^(*)

Resumen: La inteligencia artificial cobra relevancia en la actualidad durante el desarrollo de la vida humana. En el caso de las diferentes ramas del diseño, se han identificado oportunidades para optimizar procesos conceptuales en etapas tempranas, en especial para el diseño habitacional a escala arquitectónica como urbana. Sin embargo, su implementación en el diseño aún presenta límites difusos sobre todo en países en vías de desarrollo debido a los desafíos en la generación y análisis de datos, la brecha tecnológica social y la claridad sobre los derechos digitales de la población.

Palabras Clave: Inteligencia artificial - tecnología - habitabilidad - diseño - sostenibilidad

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 103]

^(*) Arquitecta Magister en diseño y construcción ecológicos por la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, actualmente investigadora académica para el Departamento de Tecnología en el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (IARNA) de la misma casa de estudios.

^(**) Ingeniera ambiental con una maestría en geomática por la Universidad de San Carlos de Guatemala, actualmente investigadora académica para el Departamento de Tecnología en el Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar.

En la última década la inteligencia artificial ha cobrado un impacto significativo en los avances tecnológicos de la humanidad y, por tanto, en la percepción social de su valor. No es de sorprender cómo el último Premio Nobel de Física 2024 fue otorgado a los científicos John Hopfield y Geoffrey Hinton por sus descubrimientos e invenciones que permitieron el aprendizaje automático a través de redes neuronales artificiales. Hoy en día su trabajo

representa un fundamento importante para las muchas aplicaciones que se conocen de la inteligencia artificial, tanto desde un ámbito académico-científico como social. Sin embargo, información y desinformación que existe alrededor del concepto ha hecho del tema un espacio de discusión y diálogo, donde es fácil cuestionarnos sobre ¿Qué comprendemos por inteligencia artificial?

Desde la etimología de la palabra inteligencia (*intelligentia*) señala su origen como «saber escoger entre varias opciones» y artificial (*artificialis*) como «hecho por el ser humano». Con esto es posible afirmar que al referirnos del concepto «Inteligencia Artificial» estamos hablando de saber escoger entre varias opciones por algo hecho por el ser humano, donde éste tiene un papel relevante en su creación. Sin embargo, en el imaginario colectivo existen aspiraciones de cómo ésta puede ayudar a transformar la vida hacia escenarios óptimos, algunos desde un ideal utópico o futurista, generando una incertidumbre alrededor del tema con límites difusos en lo que su aplicación concierne.

La inteligencia artificial abarca distintas ramas, entre las que se incluye el aprendizaje automático y aprendizaje profundo, donde su principal diferencia radica en la forma en que cada algoritmo aprende. En *Machine Learning* (aprendizaje automático), el objetivo es desarrollar un programa que se ajuste a los datos. No solo se trata de aplicar métodos para extraer información, sino que el aprendizaje es clave para su inteligencia. Un sistema inteligente debe ser adaptable, aprender de sus errores y repetir procesos hasta lograr resultados (Alpaydin, 2016).

El aumento de datos y el desarrollo de supercomputadoras ha trazado un camino hacia nuevos aprendizajes y perspectivas que buscan romper fronteras de la inteligencia artificial. Esto ha permitido avances en el *Deep Learning* (aprendizaje profundo), un área en la que los modelos aprenden a través de diferentes niveles de abstracción, reduciendo al mínimo la intervención humana. Con grandes cantidades de datos, el algoritmo de aprendizaje es capaz de descubrir por sí mismo todo lo necesario, utilizando la idea de incrementar la abstracción, lo que significa que los datos no solo se representan en forma de palabras y números, sino también como imágenes, fotografías, vídeos y audios. Descubrir estas representaciones abstractas es fundamental para obtener mejores resultados y comprender el problema a profundidad, especialmente cuando este está relacionado con áreas como el diseño y arquitectura. Para poder alimentar este tipo de algoritmos, se han creado conjuntos de datos masivos y complejos, llamados *Big data*. Este concepto nació al momento en que se empezaron a generar cantidades masivas de datos en tiempo real a través de fuentes como las redes sociales, transacciones e incluso la implementación de las *Smart cities* (ciudades inteligentes).

Por su parte, el diseño desde sus múltiples aplicaciones se ha enfocado en la innovación desde el uso de nuevas tecnologías como herramientas para disminución de tiempos o mejora de procesos, bajo una caracterización técnica, donde el ejercicio creativo aún se concentra en la capacidad de imaginar del ser humano. Si bien el uso de la inteligencia artificial en el qué hacer del diseñador aún está en una etapa de exploración, es posible identificar aciertos que podrían transformar la forma en que el ejercicio creativo se ha realizado hasta ahora. En especial para la mejora del diseño habitacional desde una mirada del objeto arquitectónico, como desde una perspectiva de la sociedad urbana.

No obstante, esta realidad en su aplicación parece lejana en países donde las problemáticas socioeconómicas han incrementado la brecha tecnológica entre su misma población, y de estos con el resto del mundo. Es así como surge la incertidumbre si ¿La inteligencia artificial es una amiga distante para el diseño habitacional en estos territorios? Si bien el uso de la inteligencia artificial como una herramienta tecnológica para el diseño mantiene un continuo crecimiento, exploración y evaluación a nivel mundial, este artículo busca explorar cuáles son las posibles aplicaciones para el diseño arquitectónico y urbano, desde un enfoque de hábitat, mientras se consideran las capacidades para su implementación en países en vías de desarrollo, tomando como caso de estudio Guatemala.

Aplicaciones de la inteligencia artificial en el diseño

La inteligencia artificial se ha escabullido de forma gradual en las formas de vida actual del ser humano, ya sea conocida o no, seguramente tendrá un gran impacto en el cómo se diseña en un futuro cercano. El diseñador, desde sus múltiples facetas, se ha fortalecido con los años en el uso de herramientas tecnológicas que mejoren los procesos de diseño. Sin embargo, el factor creativo, aquel que hace únicos sus resultados, permanece como una habilidad única del ser humano.

En la actualidad, es posible identificar una vinculación entre el trabajo del diseñador y el de la inteligencia artificial, hasta cierto punto es posible percibirla como parte de un ejercicio interdisciplinario donde puede orientarse, en un sentido más amplio, hacia un servicio de convergencia asistida. Más que sólo una herramienta, el diseñador tiene la oportunidad de aprovechar los conocimientos de la inteligencia artificial para mejorar el ejercicio creativo sin descuidar sus fortalezas en la estética visual donde esa individualidad, personal o colectiva, destaca la creatividad del ser humano. La naturaleza finita de la existencia de un diseñador se cataliza en la creación y expresión, incitándolo a mostrar su destreza y a cultivar un estilo artístico único. Este impulso es precisamente lo que la inteligencia artificial carece, posicionándola aún más como un «órgano» sin cuerpo (Zhang y Yin, 2024). Los estudios realizados permiten identificar validaciones y caracterizaciones de las aplicaciones de la inteligencia artificial en diferentes etapas del diseño. En muchas ocasiones, la IA funciona como un puente en la intersección de diferentes disciplinas, permitiendo así una comunicación efectiva a un nivel profesional. Entre algunas de sus aplicaciones, esta herramienta tecnológica puede generar automáticamente diseños creativos acordes a las necesidades del usuario final, donde el análisis de datos sobre usuario y mercado puede evidenciar hallazgos interdisciplinarios sobre el negocio y la demanda de los usuarios. La IA también facilita la exploración en el diseño, generando un amplio número de soluciones en un corto período de tiempo, lo que mejora la eficiencia en el proceso. En cuanto al diseño participativo, aunque se sabe que la inteligencia artificial no puede sustituir una interacción humano-humano, sí mejora eficazmente la participación del usuario final de un producto creado o diseñado, lo que estimula el potencial creativo en el proceso de di-

seño. Así mismo, permite modelar y analizar preferencias estéticas de los usuarios finales facilitando la comprensión de sus necesidades y la provisión de productos finales personalizados (Li y Zhang, 2024, p. 9; Zhang y Yin, 2024).

Una aplicación que resalta en los múltiples usos de la inteligencia artificial en el diseño, que incluso podría impulsar estos procesos de transformación, es el análisis del color desde un aspecto estético. Estudios revelan que es posible utilizar metodologías de búsqueda de colores a través de la inteligencia artificial, donde se generan automáticamente una gran cantidad de esquemas de combinaciones de colores para luego identificar la paleta de color más apropiada. Esto presenta una relevancia importante desde un aspecto económico al considerar la opción óptima a la que el usuario final podría inclinarse a elegir más, donde experiencia emocional en el color del producto se ha convertido en un factor importante para que los usuarios tomen decisiones al comprar y utilizar cierto producto. Para esto se percibe importante la creación de un esquema de color de producto que no tiene restricciones por características de la forma y puede satisfacer las necesidades emocionales de imagen emocional del usuario, así como mejorar efectivamente la aplicabilidad teórica e ingenieril del diseño emocional del color del producto. Esto a su vez mejora los tiempos en su ejecución ya que el diseñador establece un esquema de color ideal para un conjunto de demandas dadas.

El uso correcto del color es un factor importante en cualquier ejercicio de diseño ya que éstos pueden producir diferentes emociones o percepciones desde lo que conocemos hoy como psicología del color, afectando así la experiencia sensorial de las personas. Por ejemplo, en un estudio se utilizó la teoría de grises (*gray theory*), la medición estética y un algoritmo genético (*genetic algorithm*) para generar y evaluar el diseño de color automáticamente (Tsai et al., 2007, pp. 560-563); en otro se presenta el diseño de un algoritmo para la evaluación de la calidad del color en una imagen, con una alta consistencia con la percepción humana, a través de extraer las cualidades de color que pueden representar efectivamente la distorsión del color desde una perspectiva de características del dominio de frecuencia del color, la redefinición del espacio de color y las características visuales del color. Esto debido a que las imágenes con color son almacenadas digitalmente, donde el cambio de cualquier píxel o grupo de píxeles puede cambiar las características visuales y la calidad de la percepción de la imagen (Zhao y Zhang, 2022, p. 383). Estos modelos, que a través de la inteligencia artificial pueden recomendar de manera eficiente y precisa el esquema de diseño que cumpla con el objetivo del usuario del valor emocional de la imagen, así como la relación de ésta con los elementos del producto diseñado (Ding y Bai, 2019, pp. 811-812, pp. 820-821).

Tal vez el uso de la inteligencia artificial para la generación y edición de imágenes ha funcionado como una herramienta de un impacto social relevante, especialmente para aquellos usuarios que carecen de habilidades o técnicas para desarrollarlas sin esta asistencia y que presentan algún tipo de necesidad gráfica. Con los crecientes hallazgos científicos alrededor de la AI, se puede considerar que los diseños creativos multimodales pueden llegar a ser una de las tendencias en diseño al futuro, donde estas herramientas auxiliares serán más populares y maduras (Li y Zhang, 2024, p. 9).

Usos de la IA como herramienta en el diseño arquitectónico y urbano

El objeto arquitectónico, así como lo urbano, es el resultado final de un proceso de diseño donde se espera un resultado estético a la percepción del su usuario, una estabilidad estructural en su composición y principalmente la funcionalidad para sus ocupantes. Las decisiones iniciales tomadas en su planificación podrían tener impactos significativos a lo largo de su vida útil, las cuales se reflejarán en sus desempeños, costos y calidad de vida humana que, a diferencia de otras expresiones artísticas, pueden llegar a prolongarse por décadas o incluso siglos.

El uso de la inteligencia artificial como una herramienta de asistencia para el diseño arquitectónico y urbano se ha identificado desde hace ya más de dos décadas. Según algunos autores las evidencias científicas presentan que el uso de algoritmos de aprendizaje profundo [*Deep Learning*] y de aprendizaje automático [*Machine Learning*], o el uso de algoritmos generativos basados en reglas como los algoritmos genéticos [*genetic algorithm*] funcionan para la exploración de tareas en el diseño y visualización arquitectónica. Entre estas, se destaca el desarrollo de plantas arquitectónicas utilizando videos, generación de diseño conceptuales arquitectónicos en 2D y modelos de edificaciones en 3D, desarrollo de síntesis de escenas interiores, reconocimiento automático de espacios en planos y de estilos arquitectónicos o tipologías de edificaciones, generación de bocetos de diseños en etapas preliminares, y el desarrollo de elementos decorativos en 3D (Kristombu et al., 2022, pp. 10-11). Desde el 2015 el número de investigaciones que utilizan la IA para resolver problemas conceptuales de diseño han aumentado en un 85 %, prevaleciendo la optimización de la forma (Castro et al., 2021).

Estas investigaciones hacen evidente que el uso de esta tecnología podría facilitar procesos de diseño en las etapas preliminares. En el caso de los algoritmos genéticos [*genetic algorithm*] permiten correlacionar de una forma más versátil el contexto climático de un proyecto con el diseño de fachadas esquemático y el desempeño ambiental de una edificación dada, especialmente para mejorar las condiciones de iluminación y de confort térmico en los espacios interiores (Gagne y Andersen, 2010; Gama y Norford, 2002, pp. 174-176, p. 183). Si bien, el factor estético se conserva como parte del qué hacer del diseñador, las múltiples variaciones con los análisis de deslumbramiento interior facilitan la toma de decisiones conceptuales. Para análisis o selección de paletas de color de un diseño interior, el estudio de Hoşer y Köymen evidencia cómo utilizar modelos de inteligencia artificial de creación de texto a imagen pueden funcionar como una herramienta para el acierto en la coloración de un espacio interior (2023, pp. 278-282).

Así mismo, existen evidencias desde un aspecto más técnico de cómo la asistencia de la IA puede desarrollar análisis más complejos para problemáticas puntuales y que en otro caso tendrían tiempos más prolongados en su desarrollo. Ejemplo de esto es cómo un análisis de aprendizaje automático [*Machine Learning*] de materiales puede apoyar a predecir las propiedades mecánicas y su microestructura para mejorar su calidad estructural (Kristombu et al., 2022, p. 10). De igual forma la investigación de Zemella evidencia cómo el uso de un diseño de redes neuronales evolutivas [*Evolutionary neural network*]

design] (ENN-Design), siendo un método que combina algoritmos evolutivos con redes neuronales artificiales para crear otras nuevas, permite diseñar fachadas de edificios energéticamente eficientes a través de un modelo estadístico que sugiere soluciones de diseño, tomando como base las simulaciones de la herramienta EnergyPlus para modelados energéticos. Esto además de mejorar los tiempos de análisis permite mejorar la eficiencia energética de las edificaciones sin comprometer el confort de los usuarios (2011, pp. 3297-3301). En estos modelos es importante comprender que para «entrenar» a la inteligencia artificial, es preciso alimentarla con la mayor cantidad de datos recolectados de distintos medios y temporalidad. Un ejemplo de esto es el estudio de Konstantakopoulos et al. (2019), quien evidencia la introducción de una estrategia que integra un modelo de inteligencia artificial a través de una interfaz permitiendo a los administradores del edificio interactuar con los ocupantes y potencialmente incentivar comportamientos energéticamente eficientes. Esta generación de información da como resultado una base de datos robusta sobre los ocupantes de la edificación, lo que a su vez facilita la identificación de patrones de uso, consumos y áreas de mayor frecuencia por los usuarios, perfilando los estratos socioeconómicos de éstos. Pero en realidad ¿es este el nivel de información personal que los usuarios quisieran dar a conocer?

En el caso de estudios relacionados a edificios sostenibles (*Green Buildings*) con el uso de la inteligencia artificial, desde el 2012 el enfoque se ha basado en cuatro (aspectos): reglas difusas y descubrimiento de nuevos conocimientos, *big data* y *data mining*, optimización inteligente y sistemas de automatización para edificios. La identificación de fortalezas y limitaciones de la inteligencia artificial en los *green buildings* pueden generar oportunidades y riesgos potenciales en su uso. Para aquellos interesados en la construcción y los desarrolladores primerizos, la adopción de la inteligencia artificial será de gran valor para la eficiencia y sostenibilidad. Se sugiere que la investigación futura explore la integración de la IA y las tecnologías emergentes como la robótica, cadenas de bloques e impresión 4D por mencionar algunos. No obstante, debido a las oportunidades de digitalización y automatización presentes, existe una necesidad urgente por investigar los desafíos legales, éticos y morales asociados a las tecnologías de IA (Caleb et al., 2022).

Para el ámbito urbano, el concepto de ciudades inteligentes [*Smart cities*] es el que se destaca. Éste involucra a su vez conceptos de movilidad, economía, personas, gobernanza, medio ambiente y estilos de vida inteligentes. Sin embargo, un punto de partida para la transformación de las ciudades hacia ese futuro tecnológico implica contar con edificios inteligentes [*Smart buildings*] que provean información al conjunto. Cuando las edificaciones inteligentes interconectan en una red de «ciudad» su información puede impactar al comportamiento de otras edificaciones o influir en la forma en que se enfrentan a desafíos ambientales complicados, donde la IA puede aportar decisiones o estrategias basadas en el conocimiento colectivo (Kristombu et al., 2022, p. 17). Resultado de esto es cómo Toyota ha consolidado una ciudad inteligente en Japón que intenta consolidar un modelo sostenible de movilidad (Toyota Woven City, 2024), al igual que Terminus Group quienes utilizan la tecnología de la IA como fundamento para el diseño urbano, manejo del transporte e inclusive para mejorar la calidad de vida en los habitantes (Global Times, 27 de septiembre de 2021). De igual forma, existe evidencia científica que muestra las

aplicaciones conceptuales a problemáticas puntuales en el campo del urbanismo, como el uso del reconocimiento simulado [*simulated annealing*] que permite identificar la ubicación óptima de edificaciones en un área determinada para mejorar el diseño del conjunto (Zheng y Ren, 2020).

Los profesionales partícipes de este proceso de diseño también evidencian escasos conocimiento al respecto, y podríamos suponer que estos estudios científicos quedan de alguna forma sólo en un ámbito académico. Los aspectos de zonificación, permisos, sostenibilidad, transporte, agua y desechos, así como diseño urbano son las funciones en la planificación urbana que seguramente serán aumentados o modificados por técnicas con inteligencia artificial. Un estudio realizado con miembros de la *American Planning Association* se evidenció que los planificadores urbanos encuestados están divididos entre no saber si las aplicaciones de la inteligencia artificial serán adoptadas en el futuro y aquellos que no piensan adoptar la inteligencia artificial en su campo. Sin embargo, si reconocieron que los ámbitos de mayor potencial para su aplicación en la planificación urbana son en el 1-Transporte, 2-Demografía, 3-Desarrollo económico, 4-Medio ambiente, 5-Vivienda, 6-Instalaciones comunitarias, 7-Uso del suelo, 8-Planificación integral (largo plazo), 9-Revisión de planificación, 10-zonificación, 11-Desarrollo comunitario, y 12-Participación comunitaria. (Sanchez et al., 2022, p. 5, pp. 10-11).

Limitaciones de la inteligencia artificial en países en desarrollo

Tomando en cuenta la diversidad de aplicaciones de la IA dentro del diseño habitacional, también trae consigo limitaciones que pueden influir en diversos aspectos para su ejecución en países en desarrollo, sobre todo aquellos que están incorporándose a estas tecnologías y manejan poco conocimiento desde sus múltiples enfoques. En este segmento, intentaremos evidenciar cuatro aspectos fundamentales que se reconocen al implementar la IA en ámbitos que requieren datos de diversas fuentes, siendo estos: la generación de datos, análisis de datos, la brecha tecnológica, y sobre los derechos digitales de la población.

La generación de datos

Para recolectar datos es necesario contar con la infraestructura y sensores adecuados, según Fan et al. (2025) la infraestructura sensible es la siguiente generación de sistemas de infraestructura integrada con sensores avanzados, inteligencia artificial y la capacidad de procesar datos a tiempo real, permitiéndoles así sentir, pensar y responder dinámicamente a las condiciones del medio ambiente y las necesidades del usuario. Este sistema también incluye el almacenamiento de *big data* por medio de redes y dispositivos que soporten y protejan la cantidad de datos generados día a día. En caso de las ciudades, solo con la implementación de dichos sensores, se aumentarían significativamente los costos operacionales por parte del sector público. Representando un gasto que debería contemplarse

en las planificación, gestión y ejecución de estos proyectos. Tomando en cuenta que existen otro tipo de intereses políticos y prioridades que satisfacer a los habitantes, la simple acción de recolección de datos en países en desarrollo se proyecta como muy escasa o nula para los siguientes años.

Análisis de datos

No se debe de pensar solo en la infraestructura y sensores como tal, sino también el contar con capacidad humana para poder realizar las diversas tareas que contempla la sistematización de los datos. Cuando la base de datos es muy amplia para procesar, las capacidades para su análisis no solo involucran poseer un equipo de cómputo adecuado (como el medio), sino también existe un componente ético y legal importante para el análisis y su correcto procesamiento. Los científicos de datos tienen la labor de saber sobre estas implicaciones en la recolección y análisis de datos, además de fundamentar los resultados obtenidos. Debido al auge de la tecnología en los últimos años, se percibe un incremento de personas que estudian algo relacionado a la ciencia de datos o ingeniería en sistemas. Sin embargo, existen pocos esfuerzos por fomentar estas profesiones en las futuras generaciones. Por esto, es importante que los gobiernos e instituciones fomenten este tipo de capacidades para obtener mejores resultados al momento de que se desarrollen estas tareas en el país.

Independiente de su origen, la cantidad y calidad de los datos es otro aspecto importante para evaluar ya que están fuertemente vinculados a los resultados derivados del modelo de IA. En otras palabras, si le proporcionamos al modelo datos «sucios» (término que se le da a los datos incompletos, erróneos o inconsistentes) se tendrá como salida información sin certeza, y que no permitirá alcanzar el objetivo deseado. Es importante mantener un cuidado en la obtención de datos, el preprocesamiento, su almacenamiento y el análisis, ya que estos suelen ser ignorados durante el proceso de implementación de un modelo IA. Los datos cada día son más complejos, por lo que análisis de *Big data* se presentan como un desafío para el funcionamiento de los modelos actuales. Sin embargo, en países en vías de desarrollo el problema recurre con la falta de datos para iniciar los procesos de entrenamiento básico de los modelos simples, atrasando así el desarrollo de modelos más complejos que puedan generar información de alta precisión para tomar decisiones más acertadas. En principio, el sector público en estos países no genera datos históricos de continuidad de la calidad necesaria sobre aspectos como el agua, su población, infraestructura y otros servicios básicos, lo que retrasa la oportunidad de entrenamiento para estos modelos más complejos y limita su certeza para validar los resultados. Aunque la *Big data* es un pilar fundamental para el desarrollo de los países en estas tecnologías basadas en la inteligencia artificial, es importante reconocer que, en ciertos temas, no siempre es indispensable para la toma de decisiones. Por ello, es también importante que estos países tomen decisiones acertadas, identificando prioridades donde aquellos sectores con roles claves para el desarrollo integral y tecnológico del país, puedan aportar al mismo, en distintos procesos donde la generación de datos sea requerida, tanto en la calidad como en la cantidad, según la función que desempeñen.

La brecha tecnológica

En pequeña o a gran escala, la brecha tecnológica se ve evidencia aún más a través de las desigualdades sociales marcadas por los estratos socioeconómicos. Si bien países más desarrollados como China o Japón son referentes en cuanto a las ciudades inteligentes y cómo los modelos de inteligencia artificial pueden facilitar el estilo de vida de la población. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que la inversión utilizada para este tipo de proyectos es mucho mayor a lo que un país en vías de desarrollo podría financiar, donde con dificultad se cubren servicios básicos como el abastecimiento de agua o infraestructura vial. La reducción de la brecha tecnológica acerca hacia una infraestructura, a una ciudad más completa e inteligente y, sobre todo, accesible para todos. Si solo se generan datos en ciertos sectores, que habitualmente son los de mayor crecimiento económico, ¿cómo se garantizará que todos tengan acceso a una vida mejor? En esta problemática es importante recordar que a diferentes escalas urbanas o habitacionales existen delimitaciones socioeconómicas que presentarán variaciones en los datos recolectados y los modelos de IA deberá acoplarse a éstos. Los resultados finales siempre serán de conformidad al sector, nivel o escala analizada y se debe evitar la homogeneización de los datos.

Derechos digitales de la población

En una era digitalizada, donde la mayoría dispone de teléfonos inteligentes que generan datos de manera constante, es fundamental velar por los derechos digitales de los ciudadanos. Estos derechos garantizan que cada individuo pueda generar datos y, por consecuencia, obtener beneficios que aporten a su entorno mejorando su calidad de vida. Los gobiernos deben de velar por que existan políticas que incurran en que los avances tecnológicos, donde éstas no concentren su poder en aquellos individuos de estratos socioeconómicos más altos, sino que puedan distribuirse de manera equitativa, asegurando que las comunidades de menores recursos también aprovechen las oportunidades que brindan las tecnologías emergentes. Para esto, la promoción de alfabetización digital y el uso de herramientas es fundamental para evitar la exclusión de individuos en los avances tecnológicos que están transformando la forma en la que nos comunicamos, trabajamos y accedemos a la información. Solo de esta manera, los derechos digitales podrán cumplir su propósito de asegurar un desarrollo más equitativo e inclusivo.

Cada día las personas generan datos que reflejan una identidad individual y colectiva, donde se evidencian las actividades diarias, gustos e inclusive patrones de comportamiento. Cada dato generado puede representar un aporte valioso para un determinado estudio, pero ¿Cómo se puede asegurar que la recolección y procesamiento de los datos no infrinjan la privacidad de los usuarios?, y de ser posible ¿se utilizan para otros propósitos que no son para su intención original? Estas interrogantes son parte de las discusiones colectivas alrededor de los usos de la IA para el análisis de datos. Estas llevan a cuestionar también los límites existentes en estos tipos de análisis para la protección de los usuarios individuales, especialmente en países donde el uso de estas herramientas se encuentra en una etapa inicial.

A esto también se le incorpora aspectos éticos y legales que permanecen pendientes, como la regulación adecuada del uso de los datos y el consentimiento informado de los usuarios, aspectos ignorados o subestimados en muchos países. La privacidad de los usuarios debe de protegerse, como un derecho humano básico, tomando en cuenta la cantidad y sensibilidad de los datos recolectados. La falta de marcos legales sólidos puede generar un vacío de responsabilidad, en el que los usuarios se vean vulnerables a la explotación de su información personal sin garantías claras de su protección, amenazando el bien común. En este caso, son los gobiernos locales aquellos que deben desarrollar e implementar mecanismos legales, que fomenten el control de los usuarios en la información recopilada.

¿La inteligencia artificial es una amiga distante para el diseño del entorno construido en territorios en vías de desarrollo?

Generalmente aquellos países en desarrollo evidencian fuertes redes de colaboración con otros más desarrollados, pero siempre tienen vinculaciones débiles con otros iguales a ellos. Para promover la investigación avanzada en la inteligencia artificial es necesario replantear inclusive políticas internacionales que fomenten espacios colaborativos con otros cuyas problemáticas sean similares a las nuestras. Además, será fundamental fortalecer las capacidades internas para reducir esa brecha tecnológica y fomentar la apropiación de la IA como una herramienta para un futuro mejor, donde existan más profesionales involucrados en estos temas. Los esfuerzos actuales no serán suficientes, solo con observar que entre los 30 países a nivel mundial que más colaboran en la investigación sobre los usos de la IA en los edificios sostenibles, de Latinoamérica solo Brasil aparece en el puesto 20 con únicamente seis (6) publicaciones entre 2012 al 2021, y más adelante en el puesto 26 figura Chile con tres (3) publicaciones (Caleb et al., 2022). Si bien la aplicación de esta tecnología propone un futuro de transformación para el diseño arquitectónico y urbano, donde el proceso de diseño y validación de propuestas podría mejorar aspectos técnicos del objeto final, existen desafíos importantes que aún se deben resolver. Es importante reconocer que la generación y análisis de datos, la brecha tecnológica en la sociedad y la claridad sobre los derechos digitales de la población son desafíos clave que países en vías de desarrollo, especialmente aquellos en Latinoamérica, aún no evidencian la estructura institucional suficiente como para incorporar la inteligencia artificial. Y que estos aspectos son claves para una transformación tecnológica en estos territorios.

Aunque es posible que actores claves, como aquellos que lideran los procesos de diseño arquitectónico urbano, desde un ámbito institucional puedan comenzar los procesos de transición de forma particular en la utilización de la IA como una herramienta principal. Sin embargo, existen también límites difusos sobre la aplicación misma de la inteligencia artificial considerando que el ejercicio de diseño arquitectónico aún se basa en la experiencia y creatividad de su autor o autores, y esta herramienta tecnológica no debería dar soluciones definidas, sino que ser parte de un ejercicio de exploración de requerimientos y de posibles soluciones para alcanzar éstos (Castro et al., 2021).

En esta búsqueda, es importante reconocer que, para la planificación urbana de las ciudades, cada fenómeno urbano tiene características distintas desde la perspectiva de una sociedad urbana, donde el conocimiento debe y puede evidenciar las bases en las que se fundamenta una práctica social en movimiento, como lo menciona Herni Lefebvre en «La revolución urbana». Hay que reconocer que no todas las ciudades tienen las mismas condiciones urbanas, debe servir para comprender mejor las aplicaciones de la inteligencia artificial en este campo: «Hacerlo diferente, en lugar de hacerlo mejor, podría ser más inteligente para la ciudad y el bien común» (Inclezan y Prádanos, 2017, p. 681). Las ciudades inteligentes dependen de tecnologías de información y comunicación sofisticadas, incluido el software de IA, para mejorar la eficiencia de los procesos urbanos existentes, pero su deseabilidad social y la viabilidad ecológica es cuestionada. Es importante comprender cómo ejercicios interdisciplinarios pueden apoyar a identificar los usos de la inteligencia artificial en estos ámbitos de diseño, considerando los efectos secundarios sociales y ecológicos inherentes a su diseño (Inclezan y Prádanos, 2017, pp. 681-2).

La mayoría de los estudios desarrollados buscan la optimización de procesos en las etapas tempranas de diseño que, si bien son importantes, solo escasos los estudios que buscan la incorporación de la inteligencia artificial para usos de operación y mantenimiento de las edificaciones. Para incorporar asertivamente esta tecnología, será fundamental identificar las necesidades locales para la optimización de procesos en el diseño habitacional durante sus diferentes etapas (diseño-construcción-operación). Pero a su vez, será fundamental que diseñadores, arquitectos y otros participantes en estos procesos puedan conocer más sobre estas tecnologías y sus formas de análisis, pues los estudios científicos aún son liderados sólo por otros profesionales que desconocen sobre los procesos de diseño. Será importante fortalecer estos ejercicios interdisciplinarios en los próximos años para que, aún si los gobiernos locales carecen de competencias para su desarrollo, sean los actores principales del ejercicio creativo los que lideren la implementación de la inteligencia artificial durante el diseño habitacional urbano.

Referencia Bibliográfica

- Alpaydin, E. (2016). *Machine learning: The new AI*. MIT Press.
- Caleb, D., Chan, A.P.C. y Darko, A. (2022). Artificial intelligence in green building. *Automation in construction* (137): 104192. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104192>
- Calzada, I. (2021). The right to have digital rights in smart cities. *Sustainability*, 13(20), 11438. <https://doi.org/10.3390/su132011438>
- Castro Pena, M.L., Carballal, A., Rodríguez-Fernández, N., Santos, I. y 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>
- Ding, M. y Bai, Z. (2019). Product color emotional design adaptive to product shape feature variation. *Color Research & Application* 44(5): 811-823. <https://doi.org/10.1002/col.22402>

- Fan, X., Jiang, Y., Zhong, R., Duarte, F., Qiu, W., Hackl, J. y Skibniewski, M. (2025). Advancements and potential pitfalls for Smart cities and sentient infrastructures. *Digital Engineering*, 5(2025). 100036. <https://doi.org/10.1016/j.dte.2025.100036>
- Gagne, J.M. y Andersen, M. (2010). *Multi-Objective facade optimization for daylighting design using a genetic algorithm*. Fourth National Conferences of IBPSA-USA.
- Gama Caldas, L. y Norford, L.K. (2002). A design optimization tool based on a genetic algorithm. *Automation in Construction* 2(2): 173-184. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(00\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(00)00096-0)
- Global Times. (27 de septiembre de 2021). «Terminus's first global Smart city to be built in Chongqing». *Global Times*. (Acceso Febrero 2025).
- Hoşer, M. y Köymen, E. (2023). Analysis of Text-to-Image Artificial Intelligence Systems in Terms of Contribution to Interior Coloring. *Bilişim Teknolojileri Dergisi* 16(4): 275-283. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.1252993>
- Inclezan, D. y Prádanos, L.I. (2017). Viewpoint: a critical view on smart cities and AI. *Journal of Artificial Intelligence Research* (60): 681-686. <https://doi.org/10.1613/jair.5660>
- Konstantakopoulos, I.C., Barkan, A.R., He, S., Veeravalli, T., Liu, H. y Spanos, C. (2019). A deep learning and gamification approach to improving human-building interaction and energy efficiency in smart infrastructure. *Applied Energy*, 237, 810-821. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.065>
- Kristombu Baduge, S., Thilakarathna, S., Shalitha Perera, J., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A. y Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction* (141): 104440. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440>
- Li, Y. y Zhang, Q. (2024). The analysis of aesthetic preferences for cultural and creative design trends under artificial intelligence. *IEEE Access* 12: 158799-158808. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3486031>
- Martins, J. (2018). Towards Smart city innovation under the perspective of software-defined networking, artificial intelligence and big data. *RTIC - Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação*, 8(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1467770>
- Pangrazio, L. y Sefton-Green. (2021). Digital rights, digital citizenship and digital literacy: What's the difference? *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10(1), 15-27. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.616>
- Sanchez, T.W., Shumway, H., Gordner, T. y Lim, T. (2022). The prospects of artificial intelligence in urban planning. *International Journal of Urban Sciences*, 27(2): 179-194. <https://doi.org/10.1080/12265934.2022.2102538>
- Talebkhah, M., Sali, A., Marjani, M., Gordan, M., Hashim, S. J., y Rokhani, F. Z. (2021). IoT and big data applications in smart cities: Recent advances, challenges, and critical issues. *IEEE Access*, 9, 51258-51270. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3070905>
- Toyota Woven City. (2024). Driving the Future of Movement. Woven by Toyota, Inc. (Acceso febrero 2025). <https://www.woven-city.global/about/>
- Tsai, H.C., Hung, C.Y. y Hung, F.K. (2007). Computer Aided Product Color Design with Artificial Intelligence. *Computer-Aided Design and Applications*, 4(1-4): 557-564. <https://doi.org/10.1080/16864360.2007.10738575>
- Zemella, G., De March, D., Borrotti, M. y Poli, I. (2011). Optimised design of energy efficient

- building facades via Evolutionary Neural Networks. *Energy and Building* 43: 3297-3302. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.006>
- Zhang, Z. y Yin, H. (2024). Research on design forms based on artificial intelligence collaboration model. *Computer Science*, 11(1): 2364051. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2364051>
- Zhao, Q. y Zhang, H. (2022). Automatic color extraction algorithm of graphic design image based on artificial intelligence. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing* 16: 374-384. <https://doi.org/10.46300/9106.2022.16.46>
- Zheng, H. y Ren, Y. (2020). Architectural Layout Design through Simulated Annealing Algorithm. En D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa e I. Koh (Eds), *RE: Anthropocene, Design in the Age of Humans: Proceedings of the 25th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2020)* (Vol. 1): 275-284. The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA). <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.1.275>
-

Abstract: Artificial intelligence is currently gaining relevance in the development of human life. In the case of different branches of design, opportunities have been identified to optimize conceptual processes in early stages, especially for housing design on an architectural and urban scale. However, its implementation in design still presents blurred boundaries, especially in developing countries, due to challenges in data generation and analysis, the social technological gap, and the lack of clarity regarding the population's digital rights.

Keywords: Artificial intelligence - technology - livability - design - sustainability

Resumo: A inteligência artificial está ganhando relevância hoje durante o desenvolvimento da vida humana. No caso de diferentes ramos do design, foram identificadas oportunidades para otimizar processos conceituais em estágios iniciais, especialmente para projetos residenciais em escala arquitetônica e urbana. Entretanto, sua implementação no design ainda apresenta limites pouco claros, especialmente em países em desenvolvimento, devido aos desafios na geração e análise de dados, à lacuna tecnológica social e à falta de clareza quanto aos direitos digitais da população.

Palavras-chave: Inteligência artificial - tecnologia - habitabilidade - design - sustentabilidade

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
