

- ▲ **Palabras clave/** Desempeño ambiental, edificaciones verdes, edificaciones sostenibles, percepción social, certificaciones ambientales.
- ▲ **Keywords/** Environmental performance, green buildings, sustainable buildings, social perception, environmental certifications.
- ▲ **Recepción/** 27 de mayo 2023
- ▲ **Aceptación/** 15 de marzo 2024

Desempeño ambiental y percepción social de una edificación con certificación ambiental. Estudio de caso del hotel de tres estrellas en Miraflores, Ciudad de Lima, Perú

Environmental Performance and Social Perception of an Environmentally Certified Building. Case Study of a Three-Star Hotel in Miraflores, Lima, Peru

Milagros Defilippi-Shinzato

Arquitecta, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
 Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
 tdefilippi@unfv.edu.pe

Luz Castañeda-Peréz

Ingeniera Química, Universidad Tecnológica de Bratislava, Eslovaquia.
 Doctora en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
 Departamento Académico de Física y Química, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
 lcastaneda@unfv.edu.pe

Lizbeth Rodríguez-Cerrón

Bachiller en Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias e Ingenierías-Sección de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
 a20155562@puccp.edu.pe

Alexandra Watanabe-Takayama

Bachiller en Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias e Ingenierías-Sección de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
 m.watanabe@puccp.edu.pe

Daniel Holguín-Defilippi

Arquitecto, Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
 Master en Historia Universal, TECH Universidad Tecnológica de México, Ciudad de México, México.
 Asociación de Estudios Ecológicos e Investigación Civil Sostenible (ADEICS), Lima, Perú.
 danieldefilippi001@gmail.com

Joaquín Mantilla-Huertás

Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
 MSC (c) en Finanzas, Universidad del Pacífico, Lima, Perú.
 Asociación de Estudios Ecológicos e Investigación Civil Sostenible (ADEICS), Lima, Perú.
 j.mantilla@puccp.edu.pe

Alexis Dueñas-Dávila

Agrónomo, Universidad Amistad de los Pueblos, Rusia.
 Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
 Facultad de Ciencias e Ingenierías, Sección de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
 Grupo PELCA-PUCP, Lima, Perú.
 fduenas@puccp.edu.pe

RESUMEN/ Las edificaciones verdes consideran soluciones técnicas para disminuir el uso de energía y agua –algo que las hace intensivas en tecnología; aun así, su desempeño ambiental es mejor que aquél de los *smart buildings* o edificaciones inteligentes. El mejor desempeño se debe no solo al uso de materiales reciclados, sino a la integración de la edificación con el entorno que, en el caso del sistema de clasificación LEED¹, implica cumplir con el criterio *site and environment*. Aun así, se hace necesario evaluar el desempeño ambiental de estas edificaciones con uso de indicadores de ecoeficiencia. El objetivo fue estimar el desempeño ambiental de una edificación certificada con parámetros públicos locales (escenario de línea de base), comparada con las certificaciones internacionales LEED y EDGE² (escenario optimizado). En el modelado de impactos ambientales asociados a la energía y el agua se empleó la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) usando el software SimaPro. El escenario optimizado tiene una reducción del 34% de las emisiones asociadas a gases de efecto invernadero (GEI) para la categoría de calentamiento global (GW) y de 20% en el agotamiento de recursos (agua). En la fase de preuso (construcción), el escenario optimizado registra menor desempeño ambiental (incremento de emisiones en 2%). La fase de uso explica el elevado desempeño ambiental de la edificación en su ciclo de vida (preuso y uso). **ABSTRACT/** Green buildings consider technical solutions to reduce energy and water use, which makes them intensive in technology. Even so, their environmental performance exceeds that of smart buildings. The better performance is not only due to the use of recycled materials, but to the building being integrated with the environment, which in the case of the LEED certification system implies meeting the site and environment criteria. The need arises to evaluate the environmental performance of these buildings using ecoefficiency indicators. The objective was to estimate the environmental performance of a building certified under local public parameters (baseline scenario), compared to the LEED and EDGE international certifications (optimized scenario). In the environmental impacts modeling associated with energy and water, the Life Cycle Assessment (LCA) methodology was used with the SimaPro software. The optimized scenario has a 34% reduction in GHG emissions for the Global Warming category, and a 20% reduction in resource depletion (water). In the pre-use phase (construction), the optimized scenario has a lower environmental performance (2% increase in emissions). The use phase explains the high environmental performance of the building during its life cycle (pre-use and use).

1 LEED es la sigla en inglés de Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental, el sistema de certificación de edificaciones verdes más utilizado a nivel mundial.

2 EDGE es un sistema de certificación de construcción sostenible promovido por la Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo Banco Mundial.

INTRODUCCIÓN

La ciudad, como un sistema abierto, es un concepto que permite identificar y medir tanto las entradas como las salidas de materiales, energía, información, bienes y servicios (Boccolini, 2016; Zhang *et al.*, 2014), y de esa forma estudiar su comportamiento (Wang *et al.*, 2021). Este modelo conceptual estimuló el surgimiento de herramientas analíticas tales como el metabolismo urbano (Ramos, 2014; Díaz Álvarez, 2014; Guerrero, 2008; Bahers *et al.*, 2022; Derrible *et al.*, 2021) y el análisis de flujo de materiales, de amplísima aplicación en la investigación urbana y ambiental (Ríos Ocampo *et al.*, 2017; Graedel, 2019; Barrett *et al.*, 2022), además del análisis de ciclo de vida aplicado tanto al contexto urbano (Maranghi, *et al.*, 2020) como a edificaciones y todo tipo de infraestructura urbana (Sartori *et al.*, 2021; Zuo *et al.*, 2017; Veselka *et al.*, 2020).

Las ciudades, como todo sistema, tiende al cambio expresado como crecimiento o expansión urbana sobre el cual se han propuesto diversos modelos, uno de los cuales es el *sprawl*³ (Zhang *et al.*, 2022). El modelo *sprawl* explica los cambios en la anatomía de la ciudad, compuesta por la “infraestructura gris” en alusión al color del cemento, traducido en vías, viaductos, autopistas, redes de servicios, con la consiguiente disminución de áreas verdes que la ecología urbana, designa como “infraestructura verde” (Duarte y Gonçalves, 2022). Este cambio a favor del bienestar del ser humano por el aumento de la cobertura de servicios supuso impactos ambientales aumentados, como el incremento de la contaminación atmosférica proveniente del transporte urbano, la contaminación del suelo por la generación de residuos sólidos, el aumento del fenómeno de “isla de calor” y la disminución de la capacidad de disipación de la contaminación por reducción de servicios ambientales de la vegetación urbana (Defilippi y Dueñas, 2021).

En este contexto, se aprecia una nueva tendencia en la industria de la construcción que favorece el desarrollo de proyectos inmobiliarios con “edificaciones verdes” (Zhao *et al.*, 2019; Kohler, 1999), varias de ellas con distintas certificaciones ambientales (LEED, EDGE, WELL). Esta tendencia tiene por objeto mitigar, en parte, los impactos asociados a las emisiones de GEI por medio de estimular el consumo eficiente de agua y energía, disminuyendo la intensidad de uso de materiales. Esto tiene una incidencia directa en la conservación de recursos naturales y promueve el reciclaje (Merchan y Vegas, 2020) y el ecodiseño (Bruce-Hyrkäs *et al.*, 2018). Durante el período 2000-2023, en Perú existen diversas certificaciones ambientales de edificaciones, entre ellas: LEED, EDGE, BREEAM, SITES, WELL y FITWELL (Camones y Gómez, 2022). Lidera la certificación LEED, con 120 proyectos certificados y alrededor de 150 en proceso (US Green Building Council, 2023). Por su parte, EDGE tiene 46 proyectos, cinco en “borde avanzado” y ninguno en “borde cero carbono” (EDGE-Building, 2024). Es posible encontrar, además, certificaciones FITWELL y WELL, que si bien son poco frecuentes en el país, tienen proyección de crecimiento (DOSSIER, 2022). Por el lado público, el gobierno nacional y los gobiernos locales promueven diversas iniciativas que impulsan edificaciones sostenibles, por ejemplo la ordenanza municipal 510/MM de Miraflores y sus modificatorias (520 y 539/MM).

Las edificaciones verdes consideran soluciones técnicas para disminuir el uso de energía y agua, algo que las hace intensivas en tecnología; aun así, tienen mejor desempeño ambiental que los *smart buildings* o edificaciones inteligentes (Defilippi y Dueñas, 2021; Amiri *et al.*, 2021). Este mejor desempeño se debe no solo al uso de materiales reciclados, sino a la integración de la edificación con el entorno, que en el

caso de LEED implica cumplir con el criterio *site and environment* o sitio y medioambiente (Suh *et al.*, 2014), situación que vincula la restitución de la infraestructura verde con el uso de plataformas informáticas como *i-Tree* (Ross, *et al.*, 2020). Aún no se dispone de evidencia suficiente para evaluar los efectos de soluciones como techos, muros y cortinas verdes. Tampoco se dispone de casos suficientes para medir la contribución de los *green buildings* al ámbito de la sostenibilidad (Teotónio *et al.*, 2021; Manso *et al.*, 2021); es decir, cuánto aportan al entorno urbano, cuáles son los servicios ambientales que prestan y si pueden ser considerados mecanismos de compensación en el ámbito de la ecología urbana (Teotónio *et al.*, 2020; Jim *et al.*, 2022).

Stricto sensu, una edificación sostenible es aquella capaz de aportar beneficios en términos de hábitat y acogida de actividades económicas cuyos impactos ambientales son mitigados y reducidos, preservando la calidad del ambiente (Neira *et al.*, 2014). Además de los efectos micro, el término “sostenible” debe estar vinculado a medidas relacionadas con el cambio climático, como es el caso de emisiones evitadas, algo ampliamente usado en las edificaciones verdes (Fauzi *et al.*, 2023; Debrah *et al.*, 2022; Alsulaili *et al.*, 2020). Bajo un enfoque holístico, un edificio sostenible puede definirse como aquél que afirma la dignidad humana con equidad económica y que no solo restaura sino que mantiene la armonía con el ecosistema en el largo plazo (Du Plessis, 2002; Sinha *et al.*, 2013).

MÉTODO

Descripción del estudio de caso

El estudio de caso es una edificación que albergará a un hotel de tres estrellas ubicado en el distrito de Miraflores, Lima y que, según la zonificación urbana aprobada por la Municipalidad de Miraflores (figura 1), corresponde a una zona de Comercio

3 Expansión urbana dispersa o caótica.

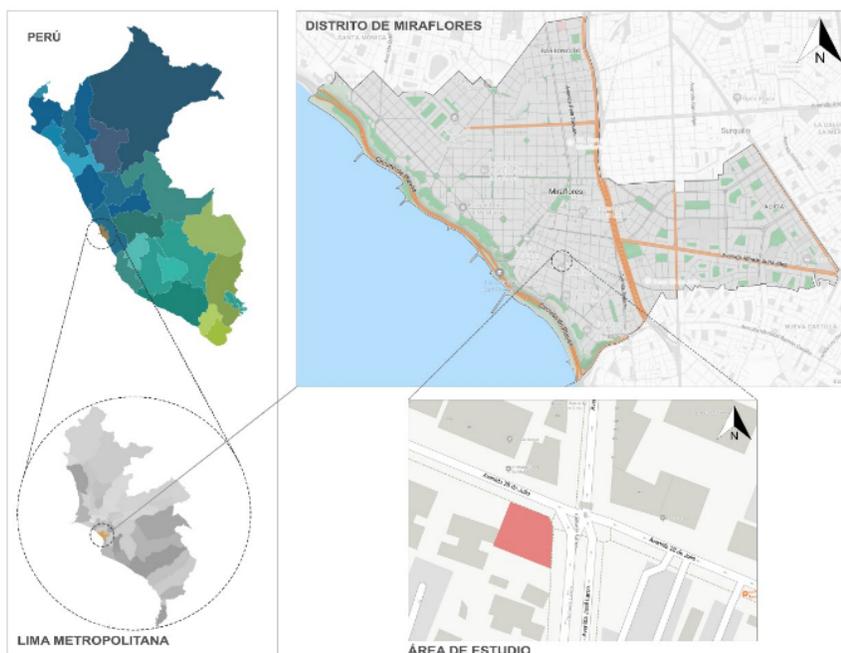


Figura 1. Ubicación del estudio de caso en el distrito de Miraflores, Lima, Perú (fuente: elaboración propia en base a plano de zonificación del Municipio de Miraflores, 2023).

VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN	COMENTARIO
Tipo de edificación	Hotel tres estrellas
Habitaciones	152
Niveles*	Subsuelo: 4 Sobre superficie: 16
Área de terreno	768.55 m ²
Área construida	10.169.71 m ²
Densificación **	13
Ubicación	Miraflores, Lima, Lima
Nivel socioeconómico de la zona***	A/B
Zonificación	Comercial/residencial de alta densidad
Condiciones de sostenibilidad/ Ambientalización	Reutilización de aguas grises Iluminación de 50% de áreas públicas con energía solar Área de compensación: azotea verde Eficiencia energética <i>Hydro Unit</i> para calentar agua

Tabla 1. Características básicas del estudio de caso

Nota: *Edificación de altura media (20 niveles). **Densidad de la edificación como ratio entre área construida/área de terreno. *** Zona de ingresos altos y medios altos.

(Fuente: elaboración propia, 2023).

Metropolitano (CM) y Comercio Zonal (CZ); dichos usos del suelo son compatibles con la actividad hotelera y turística. El perfil urbano en el área de influencia del proyecto tiene edificaciones de altura –entre nueve y 20 niveles– en un contexto urbano de alta densidad.

El caso es un proyecto inmobiliario de hotel que se ajusta al perfil urbano predominante de la zona; tiene previsto construir 20 niveles, de ellos dieciséis (16) sobre superficie y cuatro (4) subterráneos, con ratio de densidad de 13 (tabla 1).

METODOLOGÍA

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una metodología que permite evaluar impactos ambientales asociados a un bien o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Es decir, involucra la extracción y la adquisición de materias primas, la producción, el uso y el fin de la vida. Esta herramienta de gestión ambiental ha sido estandarizada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), mediante las normas 14040:2006 y 14044:2006; metodológicamente se organiza en cuatro fases: objetivo y alcance, inventario del ciclo de vida, evaluación de impactos e interpretación (Figura 2).

Respecto del alcance, el estudio consideró las siguientes etapas: construcción, uso y funcionamiento, para un plazo de 30 años. En otras palabras, va de puerta a puerta o “gate to gate”, ya que no considera el proceso de extracción y fabricación de los materiales de construcción, ni abarca el fin de vida de la edificación, es decir, su demolición (figura 3). La unidad funcional, considerada para el análisis de impacto ambiental, es el metro cuadrado (m²) construido, siguiendo la perspectiva de ciclo de vida (Val-Fiel, 2022). El desempeño ambiental se mide en base a esa unidad funcional (CO₂e/m², M³H₂O/m², Mj/m²), obtenido en las categorías de cambio climático y agotamiento de recursos (agua) (Moltesen y Bjørn, 2018; Rosenbaum, *et al.*, 2018). El primero considera la categoría de Potencial de Calentamiento Global a 100



Figura 2. Etapas del análisis de ciclo de vida (ACV), (fuente: ISO 14040:2006).

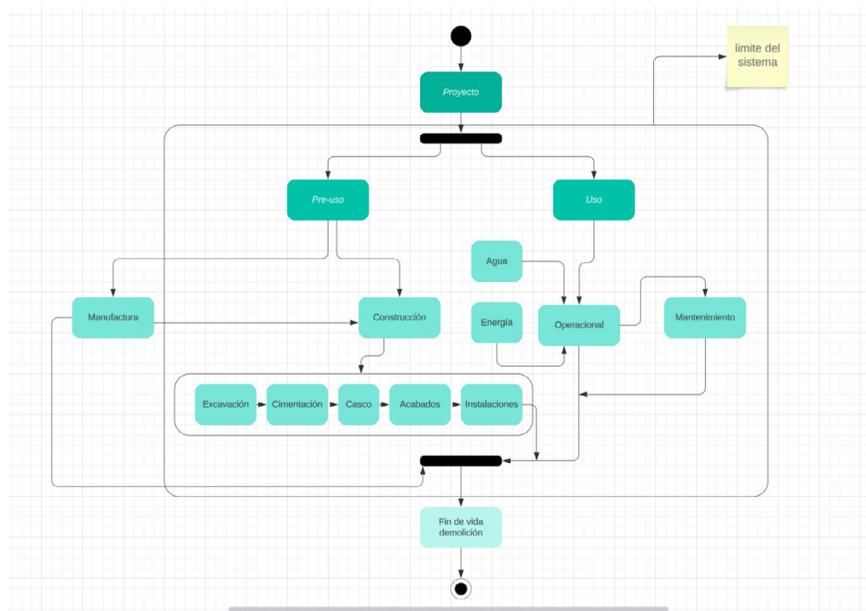


Figura 3. Límites del sistema de la edificación hotel de tres estrellas (fuente: elaboración propia, 2023).
Nota: La figura muestra los límites del sistema, que corresponde a un modelo gate to gate que abarca las etapas de pre-uso, únicamente el proceso constructivo, y de uso, que considera la operación y el mantenimiento.

años (GWP100) y el segundo, la metodología ReCiPe (2014). El inventario de ciclo de vida (tabla I del Anexo) consideró, en una primera etapa, fuentes documentales tales como metrados

de materiales de construcción, presupuestos y memoria descriptiva, con los cuales se identificaron, por un lado, las operaciones unitarias, y por otro, se estimaron las entradas al sistema de materiales, combustibles,

recursos naturales, maquinaria y otros necesarios para la construcción del edificio materia de análisis.

Escenarios de evaluación

Se consideraron dos escenarios, uno fue denominado línea base y el otro, optimizado. En el primer caso, se consideró la edificación conforme al modelo estándar permitido por su ubicación y las funciones que brinda; es decir, se trata de un referente típico local (tabla 2). Por su parte, el escenario optimizado considera la implementación de medidas de eficiencia en las categorías de agua (tabla III del Anexo), energía (tabla II del Anexo) y materiales (tabla IV del Anexo), provenientes del sistema de Certificación EDGE versión 3.0 (EDGE-Building, 2024), con el fin de lograr ahorros iguales o superiores al 20% en las tres categorías mencionadas.

Modelado del desempeño ambiental del estudio de caso

El modelado del desempeño ambiental consideró técnicas de recolección de datos basados en listas de criterios de evaluación (instrumentos técnico-normativos), en particular el *score card* LEED/GBC-Perú, de la norma LEED v4 BD+C: Diseño y Construcción de Edificios (D+CE). Estos se constituyen en prerequisites y/o créditos a satisfacer y conforme a ellos se incorporan mejoras en materiales y dispositivos de control de energía y agua usando el software EDGE 3.0. Para medir la percepción social del proyecto se aplicó una guía de observación que evaluó las condiciones del entorno del edificio: paisaje, conectividad urbana, *placelessness* (“deslugaridad” o ausencia de sentido de lugar), elementos y componentes de la infraestructura verde pública o privada circundante (tabla 3); cabe señalar que la muestra aplicada fue no probabilística por cuotas. El instrumento de recolección de datos fue un cuestionario con 10 preguntas cerradas, de escala de tipo Likert, que midió el nivel de satisfacción de vecinos, usuarios y transeúntes. Por último, se empleó la técnica de grupo focal compuesto por un panel de expertos

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Paredes externas	Pintado en tonos claros
	Aislamiento de paredes exteriores
Techo	Azotea verde
Ventanas	Vidrio pirolítico 6mm
	Marco de madera
	Dispositivos de protección solar externos
PTAR	Sistema de tratamiento de aguas grises
Luminarias	Con control de iluminación
Piscina	Cobertor de piscina
Ventilación	Control de demanda mediante sensores de CO ₂
	Eficiencia del sistema HVAC (VRF enfriado por aire)
	Sistema de preacondicionamiento de aire fresco
Agua caliente	50% energía solar, 50% bomba de calor
Ducha	7,6 L/min
Grifos de baños	Grifos con aireadores de 4 L/min
Inodoro	4,5 L/descarga de bajo volumen
Grifos de cocina	5L/min
Lavadoras	8L/Kg

Tabla 2. Componentes y materiales considerados en el escenario de línea base para la aplicación de medidas de eficiencia

ESTRATO	PROPORCIÓN EN PORCENTAJES	TIPO DE CUESTIONARIO	NUMERO DE ENCUESTADOS
Vecinos	30 %	Directa en campo	15
Usuario	50%	Online	25
Transeúntes	20%	Directa en campo	10

Tabla 3. Criterios técnicos para conformar la muestra (no probabilística) para el estudio propuesto a diversos actores sociales

integrado por 10 profesionales del ámbito urbano, provenientes del sector público y privado, académicos y técnicos, a quienes se les solicitó su opinión respecto de los resultados del modelado de impactos ambientales en sus dos escenarios (línea base

y optimizado). El detalle de la conformación del panel se describe en la tabla 4.

Proceso metodológico y tratamiento de datos

El proceso metodológico y el tratamiento de datos consideró cuatro etapas (figura 4). La

primera fase supuso la obtención de datos técnicos, relacionados con materiales de construcción, recursos naturales, maquinaria, generación de residuos, así como la descripción del proceso constructivo. En la segunda etapa se recabó información de procesos para identificar operaciones unitarias con el fin de elaborar inventarios de ciclo de vida, así como formular escenarios.

En la tercera etapa se estimaron los impactos ambientales (*middle point*) y sus huellas ambientales (Rosenbaum, 2018). En este punto, los resultados del modelado ambiental se agregaron a nivel de escenario (línea base y optimizado), con uso de indicadores de carga ambiental (desechos y contaminantes) y de presión ambiental (consumo de recursos), para estimar los índices de desempeño ambiental en las fases del proyecto (Zhang y Yang, 2007), conforme a la siguiente expresión:

$$IDA_i = \frac{\sqrt{(I_{em} - I_{lo})^2}}{I_{lo}}$$

Donde, IDA_i representa el índice de desempeño ambiental de la iésima edificación, I_{em} es el impacto ambiental del escenario optimizado y I_{lo} el impacto ambiental del escenario de línea base.

El procesamiento de los datos ambientales se llevó a cabo utilizando el software SimaPro (Pre Consultants, 2016), vinculado a Ecoinvent v3.06 como base de datos (Wernet, et al., 2016). Esto permite el análisis sistemático, así como la comparación de impactos ambientales basados en las normas antes mencionadas (ISO, 2006b, 2006a), como se indicó líneas arriba, con factores de emisión contenidos en dicha base de datos. Para el tratamiento de los datos provenientes de los cuestionarios aplicados a los diversos actores sociales, se empleó el software RStudio, Versión 2022.02.0+44, con fecha de actualización de 16 de febrero de 2023. Por último, el tratamiento de los datos provenientes de la opinión de expertos se hizo mediante el método Delphi, de dos rondas, con uso del sistema automatizado sobre plataforma de

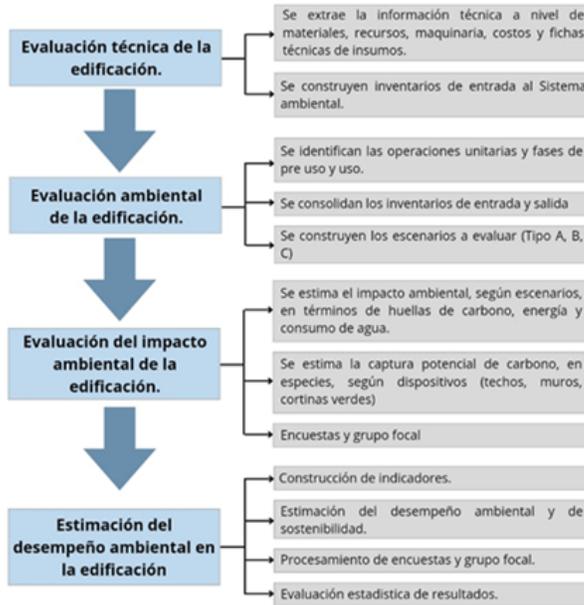


Figura 4. Procedimiento secuencial del proyecto de investigación propuesto (fuente: elaboración propia, 2023).
 Nota: Las dos primeras etapas tienen relación directa con la captura y recolección de datos e información relativa al caso de estudio y corresponden a la fase de campo. Las dos siguientes tienen relación con el procesamiento de datos y la obtención de resultados, y se vinculan con la fase de gabinete.

ESPECIALIDAD/PROFESIÓN	SECTOR DONDE LABORA	CANTIDAD	COMENTARIO
Arquitecto	Académico/ No académico	2	Uno por cada sector
Ingeniero civil	Académico/ No académico	2	Uno por cada sector
Agente municipal	No académico	2	
Agente privado (gestor inmobiliario/constructor)	No académico	2	Uno por cada sector
Agente privado (constructor)	No académico	2	Uno por cada sector
Experto ambiental	Académico	2	

Tabla 4. Criterios de conformación del panel de expertos para el grupo focal

trabajo en EXCEL para WINDOWS (Gómez-Ravelo *et al.*, 2013)

RESULTADOS

Modelado y desempeño ambiental

En el escenario de línea de base (tabla 5), las emisiones de GEI –en la categoría de

calentamiento global (GWP)- se estiman en $6,88 \times 10^6$ kg CO_{2eq} para la edificación en la etapa de construcción; en cambio, para la fase de uso fue de $1,6 \times 10^7$ kg CO_{2eq}. En el escenario mejorado, que considera medidas según los criterios LEED y EDGE, se aprecia una emisión de $7,04 \times 10^6$ kg CO_{2eq} y de $8,17 \times$

10^6 kg CO_{2eq} para las fases de construcción y uso, respectivamente. En ambos escenarios, la fase de uso es la más contaminante y el escenario mejorado genera menos impactos para esa fase, con una disminución del 49%. Cabe señalar que el escenario mejorado, en la fase de construcción, registra un incremento de 2,33 en las emisiones de CO_{2eq}. Para explicar las diferencias mostradas en la fase de construcción, se desagregaron las emisiones en subetapas para cada uno de los escenarios. La subetapa que presenta mayores emisiones es la edificación del casco, con $5,54 \times 10^6$ kg CO_{2eq}, seguido por los acabados, con $6,31 \times 10^5$ kg CO_{2eq}; mientras que la subetapa con la menor cantidad de emisiones corresponde a la excavación, con $7,2 \times 10^3$ kg CO_{2eq}. Por su parte, para el escenario mejorado, se observa un patrón similar al escenario de línea base, con la diferencia de que registra un aumento de emisiones de 21,71%, que se explica por los materiales empleados para satisfacer los criterios del estándar utilizado en la subetapa de acabado.

Las mayores reducciones se obtienen en la fase de operación o uso –bordeando el 49%– debido a menores consumos de energía; dicho de otro modo, a las emisiones evitadas, que se explican más adelante. En forma agregada, para ambas fases del ciclo de vida se obtiene una reducción de 33,52%, con un índice de 0,34, que implica una disminución de 0,64 respecto de la situación previa o sin mejora. Por otro lado y en relación con los esfuerzos ambientales –tanto en consumo de energía, como en agua (tabla 6)– se aprecia que la disminución del consumo de energía se traduce en la reducción de emisiones o emisiones evitadas, dado que las emisiones del escenario mejorado son inferiores en 23,2 % al escenario de línea base. En cuanto a la categoría de agotamiento de recursos evaluado para el consumo de agua, se registra una disminución del 19,7% respecto del escenario de línea base.

Los resultados obtenidos para ambos escenarios y para ambas categorías de impacto señalan que el estándar EDGE o

ETAPA/ SUB ETAPA DEL CICLO DE VIDA	UNIDAD DE MEDIDA**	LÍNEA DE BASE (L ₀)	ESCENARIO MEJORADO (E _m)	DIFERENCIA [E _m -L ₀]	PORCENTAJE (% DIFERENCIA)
Construcción (Preuso)*	kg CO _{2eq}	6.880.000	7.040.000	160.000	2,33
Instalación*	kg CO _{2eq}	426.000	426.000	-	-
Excavación*	kg CO _{2eq}	7.200	7.200	-	-
Cimentación*	kg CO _{2eq}	301.000	301.000	-	-
Casco*	kg CO _{2eq}	5.540.000	5.540.000	-	-
Acabados*	kg CO _{2eq}	631.000	768.000	137.000	21,71
Operación o mantenimiento (uso)***	kg CO _{2eq}	16.000.000	8.170.000	-7.830.000	-48,94
Total	kg CO _{2eq}	22.880.000	15.210.000	-7.670.000	-33,52
Índice de desempeño ambiental	Adimensional			0,335	-0,66

Tabla 5. Modelado ambiental según escenarios comparados con y sin mejora para la categoría de impacto cambio climático (GWP) en kg CO_{2eq} con uso del software SimaPro (Fuente: elaboración propia, 2023).

Nota: * La categoría de impacto calentamiento global ha sido modelada con la metodología del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para un escenario de 100 años. **La unidad de referencia es kg de CO_{2eq} por el área total construida. *** Valor estimado por año de uso.

ESCENARIO	CONSUMO DE ELECTRICIDAD		CONSUMO DE AGUA	
	LÍNEA BASE	OPTIMIZADO	LÍNEA BASE	MEJORADO
Categoría de impacto	GW*	GW*	Agotamiento de recursos**	Agotamiento de recursos**
Unidad	kg CO _{2eq}	kg CO _{2eq}	m ³	m ³
Consumo estimado	1,05 x 10 ⁷	8,06 x 10 ⁶	1.32 x 10 ⁵	1.06 x 10 ⁵
Diminución/ahorro en %	23,2		19,7	
Índice de desempeño ambiental	0,232		0,197	
Mejora ambiental	0,76		0,83	

Tabla 6. Esfuerzos ambientales comparados según escenarios para el consumo de energía y agua, con uso del software EDGE (Fuente: elaboración propia, 2023).

Nota: * Refiere a la categoría de impacto calentamiento global (GW, por sus siglas en inglés) bajo la metodología IPCC. **Categoría de impacto agotamiento de recursos según la metodología ReCiPe.

cualquier otro -por ejemplo LEED- da lugar a mejoras importantes en el desempeño

ambiental de una edificación, del orden del 0,76 para las emisiones de GEI y de 0,83

en materia de conservación de fuentes de agua. Por lo tanto, es posible afirmar que el escenario mejorado tiene mejor desempeño ambiental que el escenario de línea base.

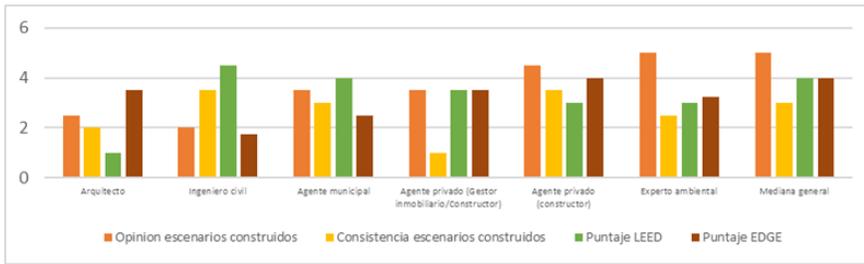
Validación del modelo. Expertos y desempeño ambiental

En la figura 5-A se aprecia que las opiniones difieren, en términos de puntaje, en función del tipo de profesión o grupo ocupacional al que pertenecen los panelistas. Entre arquitectos e ingenieros se observa una opinión de nivel medio (con mediana 2-2,5), mientras que entre los agentes municipales, públicos y privados, se tiene un nivel superior (mediana 3-4,5). En el caso de los expertos ambientales, la opinión es sensiblemente mayor (mediana 5). Similares resultados se observan para el resto de las variables. Cabe señalar que se aprecian diferencias entre el desempeño ambiental bajo las certificaciones LEED y EDGE, siendo la última de ellas la que obtiene mayor puntaje.

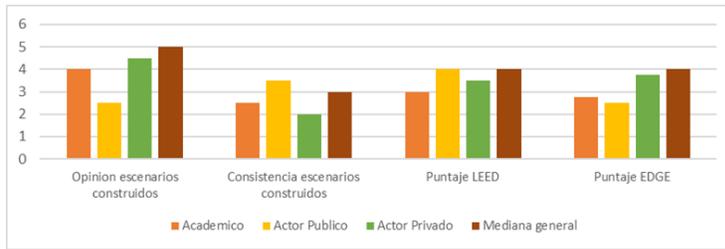
Si bien EDGE recibe mejor ponderación que LEED, explicado por el acuerdo de agentes públicos y privados, arquitectos y expertos ambientales, LEED recibe mejor evaluación por parte de los ingenieros civiles (figura 5-B). Similares resultados se observan para el caso del tipo de panelista; en todos los casos EDGE es mejor evaluado que LEED. Los resultados del test de Fisher (ANOVA fijo para dos factores) no muestran diferencias significativas entre los grupos, ni entre los tratamientos (línea base, LEED, EDGE). Por lo tanto, se concluye que el desempeño ambiental estimado por ambas certificaciones no difiere sustancialmente (tabla V del Anexo).

Perspectivas comparadas. ¿Gris o verde? Percepción social de las edificaciones verdes

La percepción de los actores sociales respecto de la pérdida o erosión del paisaje, derivado de la ejecución del proyecto, también conocido como efecto *placelessness* (“deslugaridad” o ausencia de sentido de lugar), (ver tabla VI del Anexo), recibe un índice promedio de 0,64, que podría considerarse como intermedio. Este difiere de la percepción de residentes o



A. Perspectivas comparadas de escenarios y modelos evaluados según profesión del panelista.



B. Perspectivas comparadas de escenarios y modelos evaluados según tipo de panelista.

Figura 5. Validación del desempeño ambiental en cuanto a escenarios y resultados de los modelos LEED y EDGE optimizados (fuente: Elaboración propia, 2023).

Nota. En la figura superior se observan los índices de opinión y consistencia de los escenarios construidos y evaluados, así como de los puntajes estimados del desempeño ambiental bajo el modelo LEED y EDGE. En la figura inferior se ofrece el nivel de opinión y consistencia de los escenarios y los puntajes modelados del desempeño ambiental con LEED y EDGE según tipo de panelista.



Imagen 1 Análisis de paisaje del emplazamiento del proyecto (fuente: fotografías MDS y DHD, 2023).

Nota: Las imágenes a, b, c y d proporcionan la realidad actual del lugar para identificar las estructuras urbanas presentes en el entorno estudiado, como las áreas verdes, las áreas grises, el mobiliario urbano y la propia arquitectura. Asimismo, en la figura d se presenta la ubicación del predio en referencia con la finalidad de comprender de forma eficiente el concepto de *placelessness*.

vecinos que, en promedio, se ubica en 0,72. Por debajo del índice promedio se ubica la opinión de los usuarios potenciales. En el caso de los efectos positivos y negativos, se aprecian diferencias no sustanciales. La percepción de *placelessness* es mayor, como era de esperarse, entre los residentes, y menor entre los usuarios y transeúntes. El test no paramétrico efectuado para ambos casos confirma la no significancia de tales diferencias al ser un p-valor mayor que el alfa crítico (0,05).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten plantear la discusión en torno a las edificaciones verdes conforme a dos perspectivas. La primera tiene relación con el impacto ambiental agregado según la cual se aprecian diferencias entre el desempeño ambiental bajo las certificaciones LEED y EDGE (tablas 5 y 6) respecto de las edificaciones convencionales (Miranda-Murillo, 2013; Aguilar *et al.*, 2006). Los menores impactos se traducen en emisiones evitadas y menor demanda de energía y agua (Lecca-Díaz y Prado-Canahuire, 2019; Suh *et al.*, 2014); la última de ellas obtiene mayor puntaje de acuerdo con los criterios evaluados (Jamaludin y Li, 2023). Sin embargo, una evaluación agregada no es del todo útil o, en todo caso, no conlleva novedad debido a que se dispone de abundante literatura científica y técnica que refiere este comportamiento positivo con el ambiente (Villa, 2009).

Al incorporar la perspectiva de ciclo de vida se aprecian resultados que evidencian un desempeño ambiental diferenciado de las edificaciones “verdes” según sus etapas del ciclo de vida. Las técnicas de construcción no varían sustancialmente; como las edificaciones –sean verdes o convencionales– generan impactos ambientales similares, las certificaciones ambientales en la práctica no controlan con criterios suficientes para disminuir tales impactos, en particular en operaciones como instalación, excavación o levantamiento del casco. (Bermeo-Rodríguez y Mora-Rodríguez, 2021).



Imagen 2: Vista aérea del área de análisis (fuente: fotos MDS y DHD, 2023).

Nota: En la imagen se ubica el terreno donde será construido el hotel tres estrellas LARCO como mapa general desarrollado en una vista aérea para apreciar la ubicación específica de cada punto de estudio.

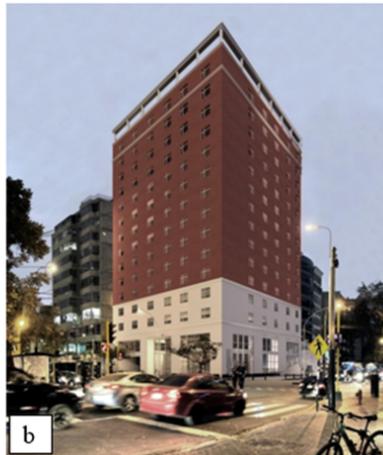
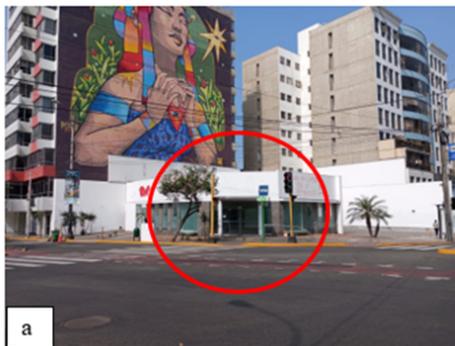


Imagen 3. Ubicación del proyecto (fuente: fotos MDS y DHD, 2023).

Nota: La imagen A muestra la situación actual del predio de un solo piso con edificaciones en altura en las colindancias; en la imagen B se muestra la maqueta virtual del hotel tres estrellas Larco, tomando la altura de las edificaciones contiguas y cerrando el perfil de la cuadra.

La segunda perspectiva se relaciona con los menores impactos en la subetapa de acabados, impactos que aumentan en 22% básicamente

debido a los materiales que deben emplearse, varios de los cuales tienen huellas de carbono, hídrica o energética embebidas mayores

que los que se usan convencionalmente. Por el contrario, son precisamente estos materiales, dispositivos y equipos, los que explican, por ejemplo, la importante disminución de impactos (50%) en la fase de uso. Esto quiere decir que las certificaciones EDGE y LEED, con los actuales criterios y categorías establecidas, tienen como principal objetivo disminuir las huellas ambientales durante la fase de operación, dejando de lado el proceso constructivo, posiblemente porque en esa fase las diferencias entre las edificaciones certificadas y convencionales son prácticamente las mismas. Por lo tanto, se puede acotar que, a pesar de la reducida evidencia empírica de la que se dispone, por ahora las edificaciones verdes son básicamente edificaciones con alto desempeño ambiental. Desde un punto de vista social, los resultados expuestos permiten constatar que existe un “acuerdo” coincidente entre agentes públicos y privados, arquitectos y expertos ambientales, que tienden a ponderar mejor a EDGE que a LEED (figura 5-A). En cambio, LEED recibe mejor evaluación por parte de los ingenieros civiles. Similares resultados se observan para el caso del tipo de panelista; en todos los casos se observa una mejor evaluación para EDGE respecto de LEED. Por otra parte, se han podido apreciar perspectivas diferenciadas, pero muy cercanas entre residentes o vecinos y usuarios potenciales, con una posición positiva por encima del promedio tanto para los efectos positivos como para los negativos (tabla VI del Anexo).

Las perspectivas divergen respecto de la pérdida del espacio y la erosión del paisaje asociado a la memoria social (*placelessness*), que es mayor entre los residentes, pero menor entre los usuarios y transeúntes. A pesar de que esas diferencias no desembocan, *stricto sensu*, en divergencias significativas estadísticamente hablando, refieren a cambios en la percepción sobre la calidad del espacio, tanto vivido como percibido (De Michele, 2018). Según este argumento, el paisaje y el entorno funcionan como un vínculo entre el espacio y la percepción del actor social (Rubio-Tenor y Ojeda-Rivera,

2018) y la concepción natural del sitio (Vilela y Moschella, 2017). El efecto *placelessness* exige, de manera obligatoria, la ubicación del individuo en el lugar para comprender su percepción y cómo afecta el proceso de cambio generado por la naturaleza de las ciudades modernas (Freestone y Liu, 2016). Finalmente, el concepto de identidad que subyace en la concepción del "lugar" o "espacio" de vecinos, transeúntes o no residentes tiene un significado histórico e urbanístico con diversas estructuras del paisaje, como es caso de la vegetación urbana (infraestructura verde) expresado como vehículo de integración del espacio

natural y el espacio construido por el hombre (infraestructura gris). El resultado de ello es la construcción del paisaje donde el hombre y su cultura le otorgan una dimensión doble: cultural y ambiental (Gauzni-Muller, 2002), aspectos que, de cierto modo, se encuentran involucrados en el criterio de sitio de las certificaciones ambientales.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal por los recursos brindados para el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, especial agradecimiento al Grupo

PELCAN de la Pontificia Universidad Católica del Perú, por brindar las credenciales de acceso al software SimaPro y a la base de datos Ecoinvent, que posibilitó la labor de las tesis de Lizbeth Rodríguez y Alexandra Watanabe. Agradecemos a la empresa ESPARQ Arquitectos por compartir la información referente a la edificación y el expediente técnico, que permitió el modelado del desempeño ambiental. Queremos agradecer expresamente a los pobladores del distrito de Miraflores por su disposición a colaborar con el estudio de percepción, y a los profesionales que participaron del grupo focal. 🟡🟢

REFERENCIAS

- Aguilar, L., García, M., Monteoliva, S., y Salinas, J. (2006). El modelo del valor, las normas y las creencias hacia el medio ambiente en la predicción de la conducta ecológica. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 7(2), 21-44.
- Allenby, B. R. (2012). *The theory and practice of sustainable engineering*. Boston: Prentice Hall.
- Alsulaili, A., Marwa, F., Rabab, A., y Al-Enezi, A. (2020). Environmental and economic benefits of applying green building concepts in Kuwait. *Environment, Development and Sustainability*, 22(40), 3371-87. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00352-1>
- Amiri, A., Emami, N., Ottelin, J., Sorvari, J., Marteinsson, B., Heinonen, J., y Junnila, S. (2021). Embodied emissions of buildings-A forgotten factor in green building certificates. *Energy and Buildings*, 110962.
- Babu, S. S., y Eldhose, S. (2024). Proposal of construction material flow index for multi-storey residential buildings. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 12(Ahead of Print 2).
- Bahers, J. B., Athanassiadis, A., Perrotti, D., y Kampelmann, S. (2022). The place of space in urban metabolism research: Towards a spatial turn? A review and future agenda. *Landscape and Urban Planning*, 104376
- Barrett, J., Vallack, H., Jones, A., y Haq, G. (2022). *A material flow analysis and ecological footprint of York*. Stockholm-Sweden: Stockholm Environment Institute.
- Benedict, M. A., y McMahon, J. D. (27.07 de 2006 de 2006). *Green infrastructure: linking landscapes and communities*. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=yid=2xTjYqzFNkC_yoi=fndyppg=PR5_ydq=benedit+y+mcMahonyots=3pW8dEZQZsyzsig=AlueSo8GirFnrjHbmSlu7_ _zWMqo
- Bermeo-Rodríguez, S., y Mora-Rodríguez, A. (2021). *Estudio comparativo de las Herramientas de certificación sostenible a nivel mundial y su efecto en la construcción en Colombia*. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34929/2021angelamora.pdf>. Bogotá DC: Universidad Santo Tomás de Aquino.
- Boccolini, S. M. (2016). El evento urbano. La ciudad como un sistema complejo lejos del equilibrio. *Quid 16. Revista del Área de Estudios Urbanos*(6), 220-252. <https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/quid16/article/view/2073/1765>
- Bruce-Hyrkás, T., Pasanen, P., y Castro, R. (2018). Overview of whole building life-cycle assessment for green building certification and ecodesign through industry surveys and interviews. *Procedia CIRP*, 178-183.
- Camones, A. B., y Gomez, B. C. (2022). *Análisis de la construcción sostenible a nivel de Certificación EDGE para la mitigación del impacto ambiental en una edificación multifamiliar en San Borja*. Universidad Ricardo Palma. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Castillo-García, R. F. (2020). *Hacia el desarrollo urbano sostenible de la megalópolis Lima-Callao, Perú al 2050*. Obtenido de URP: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/2980>
- Debráh, C., Ping, A., Chan, C., y Darko, A. (2022). Green finance gap in green buildings: A scoping review and future research needs. *Building and Environment*, 207, 108443. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108443>
- Defilippi, M., y Dueñas, A. (2021). Environmental certifications in buildings. How sustainable are green buildings? En F. Scalisi, *A NEW LIFE FOR LANDSCAPE, ARCHITECTURE AND DESIGN* (págs. 96-110). Palermo (Italy): Palermo University Press.
- Defilippi, M., y Dueñas, A. (2021). Environmental certifications in buildings. How sustainable are green buildings? *A New Life for landscape, architecture, and design*, 96-119. <https://doi.org/10.19229/978-88-5509-291-3/66202>
- De Michele, A. (2018). Espacio concebido versus espacio vivido. La construcción del sentido del lugar en Lavapiés como resistencia a las representaciones dominantes. *Territorios en formación*, N°(13), 3-30.[doihttps://doi.org/10.20868/ft.2018.13.3802](https://doi.org/10.20868/ft.2018.13.3802)
- Derrible, S., Cheah, L., Arora, M., y Yeow, L. W. (2021). Urban metabolism. En W. Shi, M. Goodchild, M. Batty, M. Kwan, y A. (. Zhang, *Urban informatics* (págs. 85-114). Singapore: Springer.
- Díaz Álvarez, C. J. (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *Interdisciplina*, 2(2), 51-70. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2014.2.46524>
- División de Vivienda y Desarrollo Urbano. (2013). *Infraestructura gris y verde para mayor resiliencia urbana*. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/infraestructura-gris-y-verde-para-may>
- DOSSIER. (20 de febrero de 2022). *DOSSIER*. Obtenido de DOSSIER: <https://dossierarquitectura.com/post/el-crecimiento-de-las-certificaciones-de-construccion-sostenible-en-el-peru-5e16472d1f051>
- Duarte, D. H., y Gonçalves, F. L. (2022). Urban climate adaptation: an interdisciplinary research experience empowering architecture and urbanism education. *Revista de Arquitectura*, 24(2), 4380.
- Du Plessis, C. (2002). *Agenda 21 for Building and Construction Technology. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries*. Pretoria: CSIR.
- EDGE-Building. (05 de Febrero de 2024). *EDGE Building*. Obtenido de edgebuildings: <https://edgebuildings.com/project-studies/>
- Fauzi, M. A., Anuar, K. F., Mohd Zainudin, N., Ahmad, M. H., y Wider, W. (2023). Building information modeling (BIM) in green buildings: A state-of-the-art bibliometric review. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 10.1108/IJBPA-06-2023-0086.
- Freestone, R., y Liu, E. (2016). Revisiting Place and Placelessness. En E. Liu, y R. Freestone, *Place and Placelessness Revisited* (págs. 1-19). New York: Routledge.
- García Quesada, R. (2016). Eficiencia energética y cultura urbana: la ciudad como sistema complejo. En J. Calatrava, F. García, y D. Arredondo, *En La cultura y la ciudad* (págs. 1091-1096). Granada: Editorial Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/65321>
- Gauzni-Muller, D. (2002). *Sustainable architecture and urbanism*. Berlin: BIRKÄUSER.
- Graedel, T. E. (2019). Material flow analysis from origin to evolution. *Environmental Science and Technology*, 53(21), 12188-12196.
- Guerrero, E. M. (2008). Indicador espacial del metabolismo urbano. Huella Ecológica de la ciudad de Tandil, Argentina. *REVIBEC-REVISTA IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA*, 31-44. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/123043>
- Gómez-Ravelo, I., de-las-Cuevas- Milán, H. R., Fernández- de-Castro-Fabre, A., y González-Viera, D. (2013). Software evaluación de expertos por el método Delphi para el pronóstico de la investigación agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agrícola*, 81-86.
- Grimm, N. (2021). Urban Ecology: What Is It and Why Do We Need It? En P. Barbosa, *Urban Ecology: Its Nature and Challenges* (págs. 1-9). CAB International. <https://doi.org/10.1079/97817892426070001>

- Hauschild, M. Z. (2018). Introduction to LCA Methodology. En M. Hauschild, R. Rosenbaum, y S. I. Olsen, *Life cycle assessment. Theory and practice* (págs. 59-67). Montpellier. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>
- Hernandez, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación científica. Las rutas cuantitativa, cualitativa, y mixta*. Mexico: Mac Graw Hill.
- Jamaludin, F. A., y Li, J. (2023). Research on low-carbon evaluation of green buildings based on the whole life cycle theory. *SN Applied Sciences*, 5(10), 262.
- Jim, C., Ling, C. H., y Rupprecht, C. (2022). Public Perceptions of Green Roofs and Green Walls in Tokyo, Japan: A Call to Heighten Awareness. *Environmental Management*, 35-52. <https://doi.org/10.1007/s00267-022-01625-8>
- Kohler, N. (1999). The relevance of Green Building Challenge: an observer's perspective. *Building Research y Information*, 27(4-5), 309-320. Ramos, G. C. (2014). Ciudad, agua y cambio climático: una aproximación desde el metabolismo urbano. *Medio ambiente y urbanización*, 80(1), 95-123.
- Lecca-Díaz, G., y Prado-Canahuire, L. (2019). *Propuesta de criterios de sostenibilidad para edificios multifamiliares a nivel de certificación EDGE y sus beneficios en su vida útil (obra, operación y mantenimiento) frente a una edificación tradicional*. Lima: UPC.
- <http://hdl.handle.net/10757/625743>
- Ramos, G. C. (2015). Complejidad e interdisciplina en las nuevas perspectivas socioecológicas: la ecología política del metabolismo urbano. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*(17), 108-130.
- Martínez Alier, J., y Schüppmann, J. (1991). *La ecología y la economía*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Maranghi, S., Parisi, M. L., Facchini, A., Rubino, A., Kordas, O., y Basosi, R. (2020). Integrating urban metabolism and life cycle assessment to analyse urban sustainability. *Ecological indicators*, 106074.
- Manso, M., Teotónio, I., Matos, C., y Oliveira, C. (2021). Green Roof and Green Wall Benefits and Costs: A Review of the Quantitative Evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
- Merchan, J., y Vegas, J. (2020). Importancia de la teoría de la ecoeficiencia en las organizaciones empresariales. *Pol Con*(50).
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2014). *Perú hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático*. Lima: MVCS.
- Miranda-Murillo, L. (2013). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *P+L [online]*, 8(2), 94-105.
- Moltesen, A., y Bjørn, A. (2018). LCA and Sustainability." SPRINGER, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3> ISBN. En M. Hauschild, R. Rosenbaum, y S. Olsen, *In Life Cycle Assessment Theory and Practice* (págs. 43-58). Springer.
- Neira, E., Miranda, L., Valdivia, R., y Torres, R. (2014). Perú Hacia La Construcción Sostenible En Escenarios de Cambio Climático. *REPEC. CIES Consorcio de investigación económica y social*, 2014. <https://cies.org.pe/investigacion/peru-hacia-la-construccion-sostenible-en-escenarios-de-cambio-climatico/>
- Pre Consultants. (2016). *Simapro version 8.3*.
- Ríos Ocampo, J., Olaya-Morales, Y., y Rivera-León, G. (2017). Proyección de la demanda de materiales de construcción en Colombia por medio de análisis de flujos de materiales y dinámica de sistemas. <https://doi.org/10.22395/riuv16n31a4>
- Rosenbaum, R., Hauschild, M., Boulay, A.-M., Fantke, P., Laurent, A., Núñez, M., y Vieira, M. (2018). Life Cycle Impact Assessment. En M. Z. Hauschild, y R. K. Rosenbaum, *In Life Cycle Assessment Theory and Practice* (págs. 167-270). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-56475-3>
- Rosenbaum, R. K. (2018). Introduction to Part III: Application of LCA in Practice. En M. Z. Hauschild, R. Rosenbaum, y S. Olsen, *In Life Cycle Assessment Theory and Practice*, 425-27. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56475-3_17
- Ross, S., Sharon, J., Wayne, C., Neil, G., Jamie, H., y Zobel, J. (2020). I-Tree Eco Analysis of Landscape Vegetation on Remediated Areas of Oak Ridge National Laboratory. *Open Journal of Forestry*, 10(4), 412-27. <https://doi.org/10.4236/ojf.2020.104026>
- Rubio-Tenor, M., y Ojeda-Rivera, J. (Septiembre de 2018). Paisaje y paisajismo: realidad compleja y diálogos discursivos. DOI: <https://doi.org/10.21138/bage.2436>. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*(78), 245-269.
- Sartori, T., Drogemuller, R., Omrani, S., y Lamari, F. (2021). A schematic framework for life cycle assessment (LCA) and green building rating system (GBRS). *Journal of Building Engineering*(38), 102180.
- Sinha, A., Gupta, R., y Kutnar, A. (2013). Sustainable development and green buildings. *Drvna industrija*, 64(1), 45-53.
- Suh, S., Tomar, S., Leighton, M., y Kneifel, J. (2014). Environmental performance of green building code and certification systems. *Environmental science y technology*, 48(5), 2551-2560.
- Teotónio, I., Matos, C., y Oliveira, C. (2021). Economics of Green Roofs and Green Walls: A Literature Review. *Sustainable Cities and Society*, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102781>
- Teotónio, I., Matos, C., Oliveira, C., y Morais, J. (2020). Investing in Sustainable Built Environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls. *Sustainability*, 12(8), 12083210. <https://doi.org/10.3390/su12083210>
- US Green Building Council. (16 de Mayo de 2023). *US Green Building Council*. Obtenido de usgbc: <https://www.usgbc.org/projects?Country=%5B%22Peru%22%5DyRating+System=%5B%22New+Construction%22%5DyRating+Version=%5B%22v4%22%5D>
- Valdés, P., y Foulkes, M. D. (2016). La infraestructura verde y su papel en el desarrollo regional. Aplicación a los ejes recreativos y culturales de resistencia y su área metropolitana. *Cuaderno Urbano*, 45-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369246715003>
- Val-Fiel, M. (2022). Arquitectura sostenible y eco-efectiva: ampliando los límites del BIM con una aproximación cradle to cradle. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*(32), 12-19. <https://doi.org/10.4206/aus.2022.n32-03>
- Verdaguer Viana-Cárdenas, C. (2010). De los ecobarrios a las ecociudades: una formulación sintética de la sostenibilidad urbana. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*(111), 77-86. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n50/n50-acverp.pdf> ISBN 1888-0576
- Veselka, J., Nehasilová, M., Dvořáková, K., Ryklová, P., Volf, M., Růžička, J., y Lupíšek, A. (2020). Recommendations for Developing a BIM for the Purpose of LCA in Green Building Certifications. *Sustainability*, 12(15), 6151.
- Vicente-De-Lucio, J. (2016). *Las ciudades: Infraestructura verde urbana*. Lima. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2016_115_60_75.pdf
- Vilela, M., y Moschella, P. (2017). Paisaje y expansión urbana sobre espacios naturales en ciudades intermedias. El caso de Purumpampa en Huamachuco, La Libertad, Perú. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 46(3), 529-550. <https://doi.org/10.4000/bifea.9003>
- Villa, F. (2009). Construcciones verdes. *Alarife. Revista de arquitectura*(17), 39.
- Wang, X., Zhang, Y., Zhang, J., Fu, C., y Zhang, X. (2021). Progress in urban metabolism research and hotspot analysis based on CiteSpace analysis. *Journal of Cleaner Production*(281), 125224.
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., y Weidema, B. (2016). *The ecoinvent database version 3*.
- Zhang, H., Sun, X., Ahmad, M., Lu, Y., y Xue, C. (2022). A Step Towards a Green Future: Does Sustainable Development Policy Reduce Energy Consumption in Resource-Based Cities of China?. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.901721>
- Zhang, Y., Liu, H., Chen, B., Zheng, H., y Li, Y. (2014). Analysis of urban metabolic processes based on input-output method: model development and a case study for Beijing. *Front. Earth Scr*(8), 190-201.
- Zhang, Y., y Yang, Z. (Agosto de 2007). Eco-Efficiency of Urban Material Metabolism: A Case Study in Shenzhen, China. *Acta Ecologica Sinica*, 27(8), 3124-31. [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(07\)60067-5](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(07)60067-5)
- Zhao, X., Zuo, J., Wu, G., y Huang, C. (2019). A bibliometric review of green building research 2000-2016. *Architectural Science Review*, 62(1), 74-88.
- Zuo, J., Pullen, S., Rameezdeen, R., Bennetts, H., Wang, Y., Mao, G., Duan, H. (2017). Green building evaluation from a life-cycle perspective in Australia: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 358-368.

TABLAS DEL ANEXO. MATERIAL DE APOYO

MATERIALES	PROCESO UNITARIO	CANTIDAD	UND.
Accesorios de acero	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	192,3	Kg
Accesorios de bronce	Bronze {GLO} market for APOS, U	82,5	Kg
Acero corrugado FY = 4200 kg/cm ²	Reinforcing steel {GLO} market for APOS, U	580.380,1	Kg
Agua	Tap water {PE} market for tap water APOS, U	903.179.070	Kg
Alimentadores	Copper-rich materials {GLO} market for copper-rich materials APOS, U	2.930,0	Kg
Baldosas	Glass fibre {GLO} market for APOS, U	49,6	Kg
Bandejas eléctricas	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	21.314,4	Kg
Cable eléctrico	Cable, unspecified {GLO} market for APOS, U	80,5	Kg
Concreto premezclado F'C = 210 kg/cm ²	Concrete, 20MPa {RoW} market for concrete, 20MPa APOS, U; Machine operation, diesel, >= 18.64 kW and < 74.57 kW, steady-state {GLO} market for APOS, U	1.637,0	m ³
Concreto premezclado F'C = 280 kg/cm ²	Concrete, 30-32MPa {RoW} market for concrete, 30-32MPa APOS, U; Machine operation, diesel, >= 18.64 kW and < 74.57 kW, steady-state {GLO} market for APOS, U	1.390,4	m ³
Concreto premezclado F'C = 350 kg/cm ²	Concrete, 35MPa {RoW} market for concrete, 35MPa APOS, U; Machine operation, diesel, >= 18.64 kW and < 74.57 kW, steady-state {GLO} market for APOS, U	1.617,2	m ³
Concreto premezclado F'C = 420 kg/cm ²	Concrete, 40MPa {PE} market for concrete, 40MPa APOS, U; Machine operation, diesel, >= 18.64 kW and < 74.57 kW, steady-state {GLO} market for APOS, U	602,1	m ³
Eliminación de desmante	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {BR} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 APOS, U	168.690,7	tkm
Energía	Electricity, medium voltage {PE} market for APOS, U	53.635.050,5	kWh
Encofrado y desencofrado normal	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	1.362.730,5	Kg
Excavación	Excavation, hydraulic digger {GLO} market for APOS, U	13.607,3	m ³
Inodoro <i>one piece</i>	Sanitary ceramics {GLO} market for APOS, U	3.825,0	Kg
Interruptor	Switch, toggle type {GLO} market for APOS, U	76,2	Kg
Inyector centrífugo	Ventilation of dwellings, decentralized, 6 x 120 m ³ /h {GLO} market for APOS, U	768,6	m ² a
Ladrillo pasteler	Clay brick {GLO} market for APOS, U	20.613,9	Kg
Lana de roca	Stone wool {GLO} market for stone wool APOS, U	803,8	Kg
Lavabo	Sanitary ceramics {GLO} market for APOS, U	1.426,8	Kg
Papel vinil	Polyester-complexed starch biopolymer {GLO} market for APOS, U	1.993,4	Kg
Pintura	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} market for acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state APOS, U	20.799,7	Kg

MATERIALES	PROCESO UNITARIO	CANTIDAD	UND.
Piso de concreto	Cement mortar {RoW} market for cement mortar APOS, U	9.980,1	Kg
Piso de porcelanato	Ceramic tile {GLO} market for APOS, U	39.442,9	Kg
Puerta con rejilla cortafuego	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	2.559,6	Kg
Puerta cortafuego metálica	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	29.560,1	Kg
Puerta de madera	Door, inner, wood {GLO} market for APOS, U	94,8	m²
Puerta de vidrio	Flat glass, coated {RoW} market for flat glass, coated APOS, U	19,9	Kg
Rociadores	Bronze {GLO} market for APOS, U	544,4	Kg
Salida de agua fría y caliente	Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for APOS, U	131,5	Kg
Salidas auxiliares	Plug, inlet and outlet, for network cable {GLO} market for APOS, U	190,0	p
Solaqueo	Cement mortar {RoW} market for cement mortar APOS, U	288,3	Kg
Tabique DRYWALL	Gypsum plasterboard {GLO} market for APOS, U	41.934,9	Kg
Tabique ladrillo blanco P-7	Sand-lime brick {GLO} market for APOS, U	29.330,0	Kg
Tabique ladrillo blanco P-12	Sand-lime brick {GLO} market for APOS, U	2.064.985,9	Kg
Tablero eléctrico	Transformer, low voltage use {GLO} market for APOS, U	3.527,7	Kg
Tarrajeo	Cement mortar {RoW} market for cement mortar APOS, U	110,1	Kg
Taza para inodoro	Sanitary ceramics {GLO} market for APOS, U	420,0	Kg
Tomacorriente	Plug, inlet and outlet, for printer cable {GLO} market for APOS, U	416,0	p
Tubería de desagüe	Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for APOS, U	5.374,1	Kg
Tubería de distribución agua	Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for APOS, U	2.381,9	Kg
Tuberías eléctricas de acero	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	1.218,1	Kg
Tuberías eléctricas de PVC	Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO} market for APOS, U	568,1	Kg
Tubería SCH-40	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	22.944,4	Kg
Tubo de hierro rectangular	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	380,2	Kg
Urinario	Sanitary ceramics {GLO} market for APOS, U	140,0	Kg
Válvulas rociadores	Steel, low-alloyed, hot rolled {GLO} market for APOS, U	14.322,0	Kg
Válvulas sanitarias	Brass {RoW} market for brass APOS, U	234,1	Kg
Ventilación	Machine operation, diesel, < 18,64 kW, steady-state {GLO} market for APOS, U	72.000,0	p

Tabla 1. Inventario de ciclo de vida del caso de estudio
Fuente: elaboración propia, con base en Ecoinvent, 2023.

CÓDIGO	MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	APLICACIÓN
EEM01*	Proporción de vidrio respecto de la pared	Sí
EEM02	Techo reflectante	No
EEM03	Paredes exteriores reflectantes	Sí
EEM04	Dispositivos de protección solar externos	Sí
EEM05*	Aislamiento del techo	No
EEM06*	Aislamiento del suelo/losa de piso y entrepiso elevada	No
EEM07	Techo verde	Sí
EEM08*	Aislamiento de paredes exteriores	Sí
EEM09*	Eficiencia del vidrio	Sí
EEM10	Infiltración de aire de la envolvente del edificio	Sí
EEM11	Ventilación natural	Sí
EEM12	Ventiladores de techo	No
EEM13*	Eficiencia del sistema de refrigeración	Sí
EEM14	Unidades de velocidad variable	No
EEM15	Sistema de preacondicionamiento de aire fresco	Sí
EEM18*	Sistema de agua caliente sanitaria (ACS)	Sí
EEM19	Sistema de precalentamiento de agua caliente sanitaria	No
EEM20	Economizadores	No
EEM21	Ventilación con control de demanda mediante sensores de CO ₂	Sí
EEM22	Iluminación eficiente para áreas internas	Sí
EEM23	Iluminación eficiente para áreas externas	No
EEM24	Controles de iluminación	No
EEM25	Claraboyas	No
EEM26	Ventilación con control de demanda para estacionamiento mediante sensores de CO ₂	Sí
EEM30	Submedidores para sistemas de calefacción/refrigeración	No
EEM31	Medidores inteligentes de energía	No
EEM32	Correcciones del factor de potencia	No
EEM33	Energía renovable en el emplazamiento: 25% del consumo anual de energía	No
EEM34	Otras medidas de ahorro de energía	No

Tabla II. Medidas de eficiencia energética aplicadas al edificio Hotel 28 de Julio
 Nota. Las medidas con asterisco (*) indican el ingreso obligatorio de valores reales si fuera el caso.
 Fuente: elaboración propia, 2023.

CÓDIGO	MEDIDA DE EFICIENCIA EN EL CONSUMO DEL AGUA	APLICACIÓN
WEM01*	Cabezales de ducha que ahorran agua	Sí
WEM02*	Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños	Sí
WEM04*	Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños	Sí
WEM06	Bidé eficiente que ahorra agua	No
WEM07	Orinales eficientes que ahorran agua	No
WEM08*	Grifos de cocina que ahorran agua	Sí
WEM09	Lavavajillas que ahorran agua	No
WEM10	Válvulas de preenjuague de cocina que ahorran agua	No
WEM11	Lavadoras que ahorran agua	No
WEM12	Cobertores de piscina	Sí
WEM13	Sistema de riego de jardines que ahorra agua	No
WEM14	Sistema de recolección de agua de lluvia	No
WEM15	Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales	Sí
WEM16	Recuperación del agua de condensación	No
WEM17	Medidores inteligentes de agua	No

Tabla III. Medidas de eficiencia en el consumo de agua aplicadas al edificio Hotel 28 de Julio. Nota. Las medidas con asterisco (*) indican el ingreso obligatorio de valores reales si fuera el caso. Fuente: elaboración propia. 2023.

CÓDIGO	MEDIDA DE EFICIENCIA DE LOS MATERIALES	APLICACIÓN
MEM01*	Construcción de planta baja	Sí
MEM02*	Construcción del entrepiso	Sí
MEM03*	Acabado de piso	Sí
MEM04*	Construcción del techo	Sí
MEM05*	Paredes externas	Sí
MEM06*	Paredes internas	Sí
MEM07*	Marcos de ventana	Sí
MEM08*	Vidrios de ventana	Sí
MEM09*	Aislamiento de techo	No
MEM10*	Aislamiento de paredes	No
MEM11*	Aislamiento de piso	No

Tabla IV. Medidas de eficiencia de los materiales aplicadas al edificio Hotel 28 de Julio. Nota. Las medidas con asterisco (*) indican el ingreso obligatorio de valores reales si fuera el caso. La aplicación no significa necesariamente ahorro de energía incorporada. Fuente: elaboración propia. 2023.

FUENTES	SSa	dfb	MSc	Fd	p-valore	p eta-sqf
Grupos*	2,39	2	1,19	0,64	0,54	0,05
Tratamientos**	2,39	2	1,19	0,64	0,54	0,05
Interacción	7,11	4	1,78	0,95	0,45	0,12
Dentro	50,50	27	1,87			
Total	62,39	35	1,78			

Tabla V. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) para el panel de expertos

Nota: a. Suma de cuadrado de los errores; b. grados de libertad; c. cuadrados medios esperados; d. valor del test de Fisher; e. p/valor o probabilidad al alfa de 0,05; y f. valor de la raíz de eta. *Grupos considera a los expertos consultados (arquitectos, ingenieros civiles, agente municipal, agente privado, experto ambiental). ** Considera como tratamientos: línea base, LEED, EDGE.

Fuente: elaboración propia. 2023.

GRUPO	ÍNDICE DE OPINIÓN	EFFECTOS POSITIVOS	EFFECTOS NEGATIVOS	PLACELESSNESS
Residente (vecino)	0,72	0,59	0,58	-0,40
Transeúnte	0,68	0,61	0,65	-0,35
Usuarios	0,52	0,58	0,61	-0,32
Media general	0,64	0,59	0,60	-0,36

Tabla VI. Perspectivas comparadas sobre la infraestructura gris y verde y el efecto placelessness en el área del emplazamiento

Fuente: elaboración propia. 2023.