

UN ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CERTIFICACIÓN EDGE EN EDIFICACIONES: EL CASO DE PERÚ

ANALYSIS OF THE IMPACT OF EDGE CERTIFICATION ON BUILDINGS: THE CASE OF PERU

ANÁLISE DO IMPACTO DA CERTIFICAÇÃO EDGE EM EDIFÍCIOS: O CASO DO PERU

Mónica J. Condezo-Solano

Arquitecta
Investigadora Facultad de Arquitectura
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
<https://orcid.org/0009-0004-2275-5057>
mcondezoz@uni.pe

Andrews A. Erazo-Rondinel

Ingeniero Civil
Investigador Facultad de Ingeniería
Universidad Continental, Huancayo, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-5639-573X>
aerazo@continental.edu.pe (Autor de Correspondencia)

Lorena Milagros Barrozo-Bojorquez

Estudiante - Investigadora, Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
<https://orcid.org/0009-0002-9700-8764>
lorena.barrozo.b@uni.pe

Coraima Chantal Rivera-Nalvarte

Estudiante - Investigadora, Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
<https://orcid.org/0009-0008-3629-0288>
coraima.rivera.n@uni.pe

Areli Zaraida García-Puclla

Estudiante - Investigadora, Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
<https://orcid.org/0009-0002-5750-3760>
areli.garcia.p@uni.pe



RESUMEN

Las certificaciones ambientales, se han implementado en el sector de la construcción por los beneficios de reducción del impacto ambiental, mejora de la eficiencia energética, uso de agua, entre otros. En ese sentido, en los últimos años se ha adoptado en más de ciento cuarenta países la certificación EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies). Sin embargo, pese a su popularidad; la literatura sobre los impactos en el medio ambiente, es escasa a nivel mundial y latinoamericano. Por ello, el siguiente artículo analizará el uso de EDGE en proyectos de vivienda en el Perú y mostrará las estrategias empleadas en los casos de estudio para disminuir el impacto ambiental. Para ello, se realiza una revisión literaria de EDGE y un análisis de dieciocho proyectos de edificaciones peruanos, los principales ahorros promedio obtenidos, son: 27.6% en Energía, 41.2% en Agua y 51.81% en Carbono Incorporado en Materiales. El siguiente estudio significa un aporte a los profesionales del sector construcción interesados en implementar la certificación EDGE en sus proyectos, ya que se evidencian los impactos ambientales que genera este tipo de certificación.

Palabras clave

EDGE, edificaciones verdes, eficiencia energética, sustentabilidad

ABSTRACT

Environmental certifications have been implemented in the construction sector because of the benefits of reduced environmental impact, improved energy efficiency, and water use, among others. In recent years, the EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) certification has been adopted in more than 140 countries. However, despite its popularity, the literature on its environmental impacts worldwide and in Latin America is scarce. Therefore, the following article will analyze the use of EDGE in housing projects in Peru and show the strategies employed in the case studies to reduce the environmental impact. The main average savings obtained were 27.6% in energy, 41.2% in water, and 51.81% in embodied carbon in materials. The following study aids professionals in the construction sector interested in implementing EDGE certification in their projects, as it will show the environmental impacts generated by this certification.

Keywords

EDGE, green buildings, energy efficiency, sustainability

RESUMO

As certificações ambientais foram implementadas no setor de construção pelos benefícios da redução do impacto ambiental, da melhoria da eficiência energética e do uso da água, entre outros. Nesse sentido, a certificação EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) foi adotada em mais de 140 países nos últimos anos. Entretanto, apesar de sua popularidade, a literatura sobre os impactos no meio ambiente é escassa em nível global e latino-americano. Portanto, o artigo a seguir analisará o uso do EDGE em projetos habitacionais no Peru e mostrará as estratégias empregadas nos estudos de caso para reduzir o impacto ambiental. Para isso, é realizada uma revisão da literatura sobre EDGE e uma análise de dezoito projetos de construção peruanos, sendo que as principais economias médias obtidas são: 27,6% em energia, 41,2% em água e 51,81% em carbono incorporado em materiais. O estudo a seguir é uma contribuição para os profissionais do setor de construção interessados em implementar a certificação EDGE em seus projetos, pois mostra os impactos ambientais gerados por esse tipo de certificação.

Palavras-chave:

EDGE, edifícios verdes, eficiência energética, sustentabilidade

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las principales fuentes de consumo energético (Aini y Taringa, 2023) y de contaminación atmosférica en la mayoría de los países (Li et al., 2019) y contribuye significativamente al 38% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) (ONU, 2021). En el sentido de controlar el impacto de los proyectos de construcción, se han desarrollado diversos sistemas de certificación. El primer sistema de certificación desarrollado fue BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) en Reino Unido y es bastante empleado en distintas partes del mundo, donde Europa involucra el 80% de proyectos certificados. Si bien BREEAM evalúa la sostenibilidad de las construcciones, a lo largo de su ciclo de vida, el factor ambiental es predominante en la certificación (Doan et al., 2017). Así también, BREEAM ha influenciado el desarrollo de otros sistemas de certificación como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), que es un sistema de certificación, desarrollado por la USGBC (US Green Building Council) y es considerado el sistema de certificación más adoptado puesto que, se ha implementado en más de 160 países y al igual que BREEAM está enfocado principalmente en los factores ambientales (Doan et al., 2017). LEED es un sistema de certificación basado en puntuaciones, y categorías, las que llevan a cuatro niveles de certificación para los edificios (Certificado, Plata, Oro y Platino) (Marzouk, 2023). Así también LEED trae consigo beneficios al medio ambiente, salud humana y beneficios económicos (Chavez-Finol et al., 2021; Elkhapery et al., 2021). Otra certificación empleada es DGNB, que consiste en un sistema desarrollado por el GSBC (German Sustainable Building Council) en el año 2007 y cuenta con más de 5900 proyectos en más de 30 países, esta certificación busca evaluar y certificar la sostenibilidad de edificios en Alemania e internacionalmente ya que tiene la capacidad de adaptarse al clima, estructura, variaciones legales y culturales, y cuenta con cuatro tipos de certificaciones: platino, oro, plata y bronce (Samamé-Zegarra, 2021).

En Latinoamérica, LEED y EDGE se han mostrado como las certificaciones con mayor admisión, así también los países han adoptado otras certificaciones locales como: CASA (Colombia), Punto Verde (Ecuador), EcoCasa (México), Programa Mivivienda Sostenible (Perú), entre otros (Villaseñor, 2021). De acuerdo al Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS, 2024), en el último análisis LEED para Latinoamérica, el 75% de los proyectos están concentrados en los siguientes países: Brasil, México, Colombia y Chile y más del 50% de proyectos son oro y platino. LEED ha presentado beneficios como: mejora de la salud y bienestar de los ocupantes, así como menores costos de operación de los edificios. Si bien, LEED es un sistema de certificación riguroso y exigente, enfrenta limitada aceptación en países en vía de desarrollo, debido a su costo y complejidad (Beltrán-Méndez y Nik-Bakht, 2018). La Corporación Financiera Internacional (IFC), del

Banco Mundial, ha respondido a esta necesidad con el desarrollo de EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), una herramienta de certificación ambiental para edificaciones disponible en más de 140 mercados emergentes (Isimbi y Park, 2022). Además de ello, EDGE se enfoca en brindar soluciones técnicas, tanto para reducir gastos operativos, reducción de emisiones de carbono y mitigar el impacto ambiental, en edificios nuevos como existentes (Villaseñor, 2021).

Para cumplir con la certificación EDGE, un edificio debe lograr un ahorro del 20% como mínimo en cada una de sus tres categorías: energía, agua y carbono incorporado en materiales respecto a las prácticas locales habituales (Aini y Taringa, 2023). EDGE abarca diversos tipos de edificaciones, como casas, apartamentos, hoteles, comercios, industrias, oficinas, centros de salud, almacenes, hospitales, aeropuertos y de uso mixto (Kapoor et al., 2019; Marzouk, 2023), además puede aplicarse en cualquier fase del ciclo de vida del edificio, desde el diseño conceptual hasta nuevas construcciones, edificios existentes y renovaciones.

La guía EDGE v3 (IFC, 2021) menciona que, las medidas a evaluar para lograr los ahorros del 20%, dependen de la tipología del proyecto. En el caso de la presente investigación, en relación a la categoría de energía, se pueden evaluar 34 medidas que propone la guía y el software EDGE, de las cuales 6 son obligatorias y el resto son opcionales, esto dependerá de si los resultados de la simulación energética en el software EDGE son mayores al 20%; en relación a la categoría agua se pueden evaluar de 17 medidas, de las cuales 6 son obligatorias y el resto son opcionales y dependerá de si los resultados de la simulación energética en el software EDGE y finalmente en el caso de materiales se evalúan 11 medidas de las que todas son obligatorias.

La evaluación bajo la tipología Casas y Apartamentos, en el que se enfoca el presente estudio, se basa principalmente en la eficiencia energética e hídrica a nivel residencial, con énfasis en sistemas domésticos como iluminación, calefacción, y electrodomésticos, así como en el consumo de agua en baños y cocinas. También se considera el uso de materiales sostenibles y la eficiencia en el aislamiento térmico para mejorar la eficiencia energética en la unidad de vivienda. Por otro lado, la evaluación del resto de tipologías como Industrias, se centra en la eficiencia de maquinaria y procesos de producción, optimización del uso de agua en procesos industriales, y selección de materiales de baja energía incorporada con gestión eficiente de residuos., en el aspecto denominado Comercios, se orienta en la eficiencia energética de iluminación, HVAC y refrigeración, reducción del consumo de agua en áreas comunes y uso de materiales sostenibles y reciclados (IFC, 2021).

Marzouk (2023) menciona que, las ventajas de EDGE respecto a LEED son: la aplicación web gratuita de EDGE que permite realizar una autoevaluación del edificio a certificar de manera informal, antes del proceso de certificación

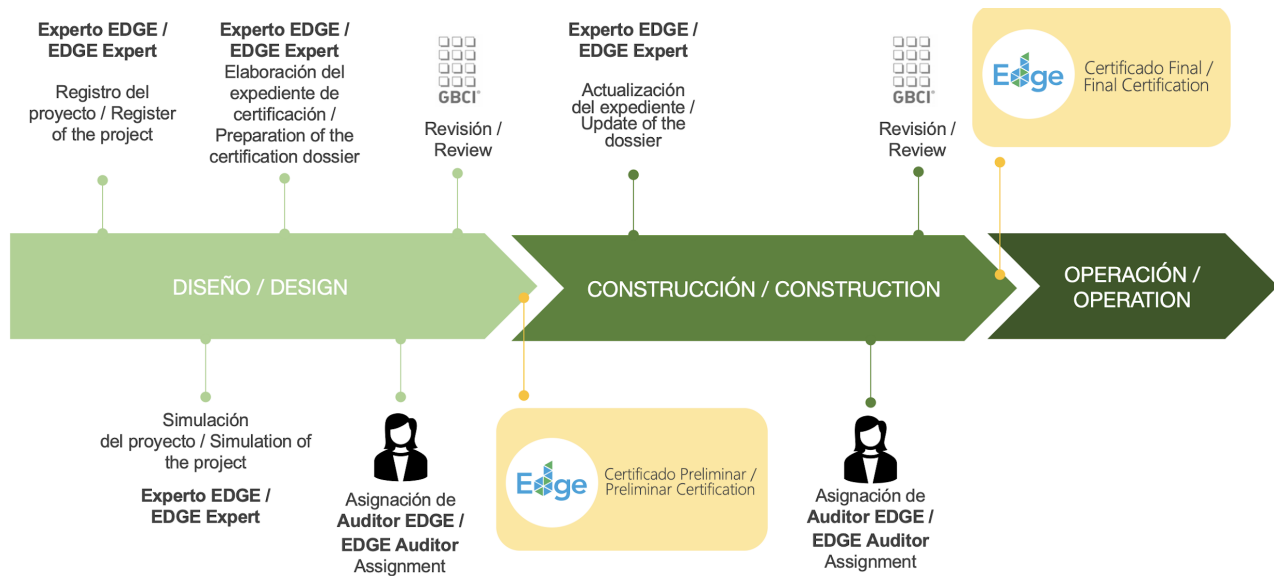


Figura 1. Línea de tiempo de la Certificación EDGE. Fuente: Elaboración de los autores.

inicial, sin incurrir en algún costo. La segunda, es su facilidad para entender los criterios de certificación y lograrlos. Y el tercero es que EDGE cuenta con una base de datos que permite adaptarse al lugar determinado por el usuario para el proyecto que será diseñado y construido, con ello no se requiere recopilar datos adicionales como precios e información climática para el diseño. La última ventaja es la rápida respuesta interactiva que se puede obtener al hacer uso del software EDGE online, durante el diseño, además de mostrar rápidamente los cambios en agua o energía u optimizar el uso de materiales de construcción. Así también Samamé-Zegarra (2021) menciona que, la herramienta web de cálculo de agua de EDGE, permite hacer el proceso de análisis de agua más sencillo que otras certificaciones como LEED, BREEAM o DGNB.

EDGE ha sido ampliamente adoptado en distintos países; sin embargo, la investigación sobre sus beneficios e impactos es limitada, en especial en Latinoamérica. En Latinoamérica, EDGE cuenta con más de 400 proyectos certificados; donde Colombia, cuenta con 200 certificaciones y es la región con mayor cantidad de proyectos certificados (Villaseñor, 2021), donde el 81% de ellos, son proyectos residenciales (Rodríguez et al., 2021). Por su parte, Perú es el segundo país latinoamericano con más proyectos certificados EDGE (Villaseñor, 2021). En Perú las certificaciones ambientales, están logrando una adopción creciente en el mercado, donde se tienen construcciones certificadas en LEED, con un crecimiento constante, donde la tipología de edificaciones de oficina representa cerca del 50% de proyectos certificados (Villaseñor, 2021). Además de ello, la adopción de LEED posee ciertas limitaciones como el uso de materiales que no se encuentran disponibles en el país, la reutilización de materiales de las construcciones, energía renovable en el sitio, limitados proveedores de madera certificada (Regalado-Espinoza et al., 2021).

Otra certificación con rápido crecimiento en el mercado peruano ha sido EDGE, que ha ganado bastante popularidad entre los desarrolladores inmobiliarios debido a los incentivos municipales que reciben por obtener la certificación, como el bono de altura, que les permite construir más pisos (Samamé-Zegarra, 2021). A nivel local, se emplea la certificación Programa Mivivienda Sostenible promovida por el estado peruano, es opcional y está implementado desde el año 2016 y está enfocada a la vivienda social en rangos de \$17,262 a \$122,901. En esta certificación se evalúan seis criterios: agua, energía, bioclimática, materiales, desperdicios y sostenibilidad urbana (Samamé-Zegarra, 2021).

Dado el déficit habitacional que afecta a la población peruana, la vivienda sostenible se presenta como una solución clave y EDGE, se revela como una herramienta potencialmente transformadora que aborda tanto la eficiencia energética como las brechas habitacionales. Es por ello, que la presente investigación tiene como objetivo analizar la adopción de la certificación EDGE en edificaciones del Perú.

PROCESO DE CERTIFICACIÓN EDGE

El proceso de certificación EDGE de un edificio nuevo se divide en etapa de diseño y construcción, y se puede resumir en la Figura 1.

De acuerdo a la guía EDGE V3 (IFC, 2021), el proceso se inicia con el registro del proyecto en la plataforma de EDGE, donde se llevarán simulaciones aplicando diversas estrategias sostenibles, con el objetivo de lograr ahorros mínimos requeridos del 20% en las tres categorías contempladas por EDGE. A continuación, en la etapa de diseño, se desarrollará el expediente de la certificación, que será sometido a revisión por el Auditor EDGE y el ente certificador GBCI. Después de la primera ronda de revisión,

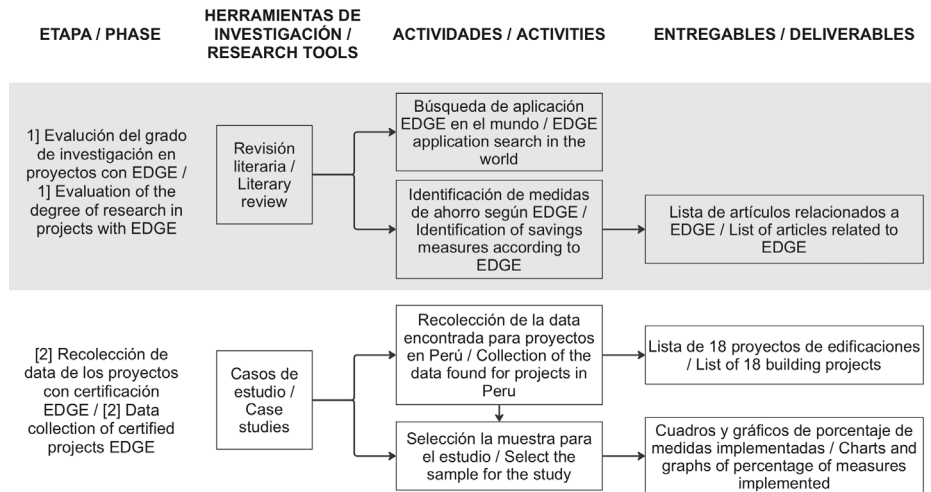


Figura 2. Metodología de la investigación. Fuente: Elaboración de los autores.

se identificarán las observaciones correspondientes, las que serán comunicadas al equipo del proyecto. Posteriormente, el equipo tendrá la oportunidad de abordar y corregir las observaciones, dando paso a la segunda ronda de revisión para finalmente obtener la Certificación Preliminar.

Durante la etapa de construcción, se repetirá el mismo proceso. Comenzará con la actualización del expediente en función de los cambios experimentados por el proyecto, en caso de que los haya. Posteriormente, se asignará al Auditor EDGE, quien llevará a cabo una auditoría en sitio y en colaboración con el GBCI, verificará el cumplimiento de todas las medidas adoptadas e implementadas en el proyecto. Este proceso concluirá con la obtención de la Certificación Final EDGE.

Según la guía EDGE V3 (IFC, 2021) La certificación EDGE contempla 3 niveles, en base a los ahorros logrados:

- **EDGE Certified.** Es el nivel básico con el que se puede obtener este reconocimiento: se otorga al cumplir un ahorro mínimo de 20% en la categoría de energía, 20% en la categoría de agua y 20% en la categoría de carbono incorporado en los materiales del edificio. Estos son los "ahorros base" en los que se fundamenta la evaluación EDGE.
- **EDGE Advanced.** Este nivel premia a los proyectos que demuestran una reducción de mínimo 40% en energía; mientras que los ahorros mínimos en agua y carbono incorporado en los materiales se mantienen al 20% como en EDGE Certified.
- **Zero Carbon.** Este nivel de certificación busca la máxima reducción y compensación de consumo energético del edificio. Para conseguirlo es necesario que mínimo el 40% de la energía sea reducida en la etapa de diseño, a través de la implementación de estrategias en el edificio (como EDGE Advanced) y el ahorro faltante para completar el 100% del consumo energético será compensado mediante fuentes renovables en sitio o

la compra de bonos de carbono. Asimismo, los ahorros mínimos de agua y carbono incorporado en los materiales se mantienen al 20% como en el nivel EDGE Certified.

METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se detalla en la Figura 2. En una primera etapa, se realizó una revisión literaria de EDGE utilizando PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Y en una segunda etapa se realizó el análisis de 18 proyectos EDGE.

PRIMERA ETAPA: REVISIÓN LETERARIA

Se realizó una revisión literaria sobre EDGE, siguiendo la metodología PRISMA, debido a que se ha usado previamente para desarrollar revisiones literarias correspondiente a temas de sostenibilidad (Cao et al., 2022a; Cao, et al., 2022b). Se identificaron las bases de datos Scopus y Web of Science, donde se colocó la palabra clave: "Excellence in design for greater efficiencies", luego de ello, se obtuvieron 12 resultados en Scopus y 05 resultados en Web of Science y 50 resultados en Google Scholar, en los que se repitieron 20 de ellos y se descartaron 27 artículos, quedando una lista de 20 artículos relacionados a EDGE.

SEGUNDA ETAPA: ANÁLISIS DE PROYECTOS DE EDIFICACIONES EDGE

Para la selección de proyectos a analizar, llevamos a cabo una búsqueda en la base de datos web de EDGE: archivos de estudios de proyectos y nuevos estudios de proyectos (Edge Buildings, 2024). Los criterios de búsqueda y exclusión se detallan en la Figura 3.

En la fase inicial, se identificaron 163 proyectos, en los que 81 carecían de una denominación específica y se mencionan simplemente como "viviendas". Otros 28 proyectos tenían

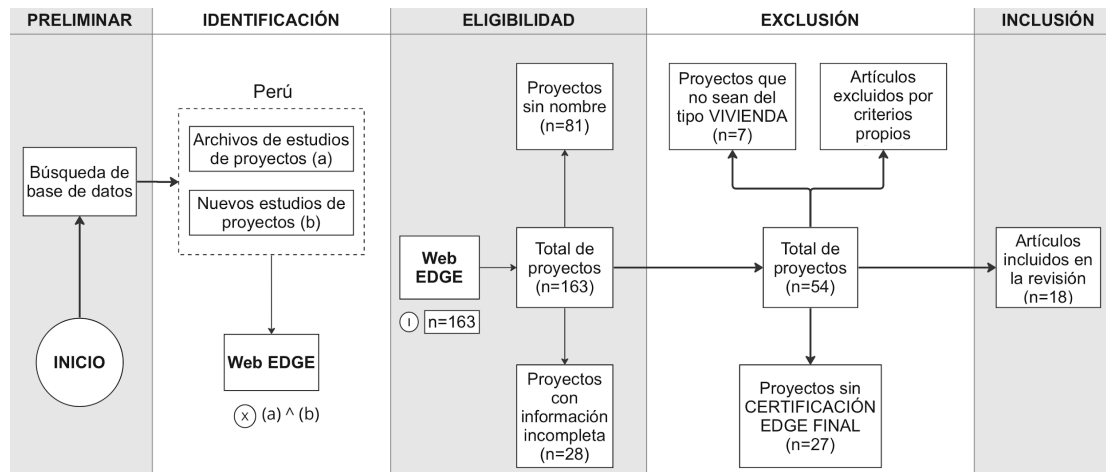


Figura 3. Proceso de selección de proyectos en estudio. Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla 1. Dieciocho complejos residenciales con certificación EDGE. Fuente: Elaboración de los autores.

Código del edificio	Nombre del edificio	Superficie (m2)	Fecha de certificación
P1	Edificio Alborada II	963,66	1 de noviembre de 2021
P2	Alcanfores 1262	4024,04	1 de febrero de 2022
P3	Parque Verde Sur	5556,00	1 de febrero de 2022
P4	Soleada	4825,04	1 de noviembre de 2021
P5	Parque Club	4509,69	1 de septiembre de 2021
P6	Madrid Amistoso	3208,62	1 de septiembre de 2021
P7	Madrid en Vivo	5274,93	1 de octubre de 2020
P8	Conde de la vega	2834,00	1 de diciembre de 2020
P9	Hermano Lobo 188	2770,00	1 de septiembre de 2019
P10	Golf Los Incas	5188,00	1 de noviembre de 2017
P11	Edificio Manco Cápac 860	3675,75	19 de mayo de 2023
P12	Multifamiliar Farah	3140,75	21 de abril de 2023
P13	Lumiere 7 - Llosa Edificaciones	5814,82	8 de marzo de 2023
P14	Casimiro Ulloa 227	3608,12	22 de agosto de 2023
P15	Edificio Multifamiliar Laureles	8367,14	29 de enero de 2024
P16	Edificio Multifamiliar Today	6725,39	17 de enero de 2023
P17	Edificio Multifamiliar Túnez 448	1643,72	13 de junio de 2023
P18	Edificio Helsinki	1848,3	29 de enero de 2024

información incompleta, obteniendo un total de 54 proyectos revisados.

En la siguiente fase, se excluyeron 9 proyectos, 7 estructuras que no eran del tipo de edificaciones y 2 que se eliminaron debido a información inconsistente. También se descartaron 27 proyectos sin certificación final de EDGE, ya que los datos de ahorro son más fidedignos en la certificación final. Como resultado, se obtuvieron 18 edificios residenciales con Certificación Final EDGE, que se detallan en la Tabla 1.

RESULTADOS

REVISIÓN LITERARIA

Luego de la revisión literaria, se identificaron 20 artículos, los que se detallan en la Tabla 2.

En la Tabla 2, se evidencia que de los 20 artículos se han desarrollado en los cinco continentes y en su mayoría

Tabla 2. Artículos relacionados a EDGE. Fuente: Elaboración Autores.

N°	Autor	País	Medida EDGE	Concepto EDGE implementado
1	Azouz y Elarlane (2023)	Egipto	Eficiencia Energética	Calculadora EDGE para calcular la eficiencia energética.
2	Ayanrinde y Mahachi (2023)	Nigeria	Eficiencia Energética, agua y materiales	Medición de la huella de CO2.
3	Velázquez Robles et al. (2022)	México, Puerto Rico e Indonesia	Eficiencia Energética	Uso del software de EDGE, para calcular los ahorros energéticos.
4	Bochare y Bagora (2022)	India	Eficiencia Energética, agua y materiales	EDGE para evaluar la eficiencia energética, hídrica y de materiales en la construcción sustentable.
5	Kapoor et al. (2019)	No específica	EDGE para desarrollos urbanos	Propuesta de una herramienta EDGE GUD para Desarrollos Verdes Urbanos.
6	Kartikasari et al. (2018)	Indonesia	Eficiencia Energética	Uso del software EDGE para simular medidas de eficiencia energética.
7	Saberi y Kapoor, (2016)	Reino Unido	Eficiencia Energética	Evaluación de la nueva medida EDGE y su impacto en el ahorro energético.
8	Isimbi y Park (2022)	Sudáfrica	Eficiencia Energética, agua y materiales	Software EDGE para calcular el ahorro de energía, agua, energía incorporada en materiales y emisiones anuales de CO2.
9	Marzouk (2023)	Omán	Eficiencia Energética, agua y materiales	Software EDGE para calcular el ahorro energía, agua y materiales de un caso base vs un caso de diseño modificado.
10	Dlamini y Yessoufou (2022)	Sudáfrica	Evaluación de usuarios sobre energía y agua	Evalúa las barreras, oportunidades y la percepción de los usuarios sobre el uso de energía y agua en un conjunto residencial.
11	Ibrahim et al. (2023)	Egipto	Eficiencia Energética, agua y materiales	Análisis de la aplicación EDGE para calcular el ahorro energético, de agua y de carbono incorporado en materiales.
12	Beltrán-Méndez y Nik-Bakht (2018)	Colombia	Viabilidad de implementación en el mercado colombiano	Evaluación de las características de EDGE frente a otras certificaciones, respecto a costo, operatividad y penetrabilidad.
13	Indriyati y Izzah (2022)	Indonesia	Agua	Medir la eficiencia del uso de agua en una edificación universitaria. 24.8% de
14	Tarigan y Kartikasari (2016)	Indonesia	Eficiencia Energética	Se usó la calculadora EDGE, se generó un ahorro energético del 28%
15	Aini y Tarigan (2023)	Indonesia	Eficiencia Energética, agua y materiales	Software EDGE para calcular el ahorro energía, agua y materiales de un caso base vs un caso de diseño modificado.
16	Rodríguez et al. (2021)	Colombia	Análisis de Proyectos EDGE (Eficiencia Energética y Agua)	Se listan los ahorros energéticos y de agua de EDGE y LEED en Colombia
17	Setyowati et al. (2020)	Indonesia	Eficiencia de agua	Uso del software EDGE y medición manual para el cálculo de la eficiencia del agua ante escenario de tratamiento de agua
18	Atolagbe et al. (2023)	Nigeria	Eficiencia Energética, agua y materiales	Software EDGE para estimación de reducción en el consumo energético en una edificación universitaria
19	Agyekum et al., (2023)	Ghana	Evaluación de usuarios sobre la calidad del aire interior	Evaluación de la calidad ambiental interior (EIQ) en edificios EDGE,
20	Samamé-Zegarra (2021)	Perú	Eficiencia de Agua	Comparación de la eficiencia de agua, entre EDGE, LEED, BREEAM, HQE, DGNB y Programa Mivivienda Sostenible

en países en vías de desarrollo. De los 20 estudios, 4 de ellos están enfocados en Latinoamérica, dos en Colombia (Beltrán-Méndez y Nik-Bakht, 2018; Rodríguez et al., 2021), 1 en Perú (Samamé-Zegarra, 2021) 1 en México y Puerto Rico (Velázquez Robles et al., 2022), lo que representa una baja cantidad en comparación a los proyectos certificados en Latinoamérica.

Respecto a la categoría energía, 9 artículos abordan este tema y se encuentran en la Tabla 2 (1,3,6,8,9,14,15,17,18), los que están enfocados en el uso del software de análisis energético que brinda la herramienta en línea de EDGE, el que permite diseñar libremente un proyecto de manera eficiente autorizando la elección de diversas medidas ecológicas que generen un mayor ahorro energético. Una ventaja destacada de EDGE es su herramienta de autoevaluación en línea gratuita, que facilita la evaluación previa del diseño de un edificio antes de iniciar el proceso oficial de certificación (Marzouk, 2023). En Indonesia, el software EDGE se utilizó para simular medidas de eficiencia energética, identificando nueve medidas que podrían lograr un ahorro del 18.9% (Kartikasari et al., 2018). En Egipto, se aplicó el software EDGE para calcular el ahorro de energía (Azouz y Elariane, 2023). En México, Puerto Rico, Indonesia y el Reino Unido, también se utilizó el software EDGE para calcular ahorros energéticos (Velázquez Robles et al., 2022).

Respecto a la eficiencia del uso del agua de la Tabla 2 (13,17, 20), se demuestra que 3 artículos exploran la eficiencia del agua y analizan la eficiencia hídrica con ayuda del software EDGE para simulaciones de escenarios propuestos; la aplicación EDGE se debió principalmente a su facilidad, rapidez y asequibilidad (Samamé-Zegarra, 2021; Setyowati et al., 2020). Para el caso de los artículos (12 y 16), se realiza la comparación entre la certificación EDGE y otras, las que permiten evaluar la viabilidad de aplicación en los proyectos según costos u operatividad. Según Beltrán-Méndez y Nik-Bakht (2018), EDGE tiene un menor costo y una mayor operatividad en comparación con otras certificaciones como LEED, lo que puede contribuir a su inserción en el mercado colombiano.

En los artículos de la Tabla 2 (10, 19), se evalúan las perspectivas de los usuarios, donde se evidenció la falta de conocimientos sobre los conceptos de medio ambiente y sostenibilidad, además de la baja conciencia del beneficio de la implementación de medidas de ahorro y energía en las edificaciones, sugiriendo una mayor difusión de éstos. Por otro lado, existe sólo un artículo relacionado a la calidad del aire interior (EIQ), en edificios EDGE; si bien este no es un concepto analizado por EDGE, Agyekum et al. (2023), realiza una evaluación de los parámetros de confort que deben considerarse basados en la certificación EDGE.

A nivel Latinoamericano, la implementación de la certificación EDGE en Colombia y Perú presentan puntos en común. En Colombia, Rodríguez et al. (2021) menciona

que se ha observado un esfuerzo concertado por parte de empresas y el gobierno para promover la construcción sostenible, en línea con la Resolución 0549 del año 2015. La certificación EDGE se destaca por su facilidad de uso y bajo costo, lo que ha facilitado su adopción en el país. Las estrategias gubernamentales y la colaboración con el sector privado, han sido clave para que EDGE aspire a capturar el 20% del mercado de la construcción en los próximos años. En el caso de Perú, Samamé-Zegarra (2021), menciona que, la adopción de EDGE ha sido adoptada por los desarrolladores inmobiliarios, debido a incentivos locales como incremento de la altura de la edificación, por poseer la certificación. Así también, en ambos países los proyectos residenciales son los que presentan la mayor cantidad de proyectos certificados, en el caso de Colombia es cercano al 80% (Rodríguez et al., 2021) y el 50% en el caso de Perú (Samamé-Zegarra, 2021). Otro punto en común, es que los autores de ambos países han mencionado la importancia de la herramienta online de EDGE, destacando su importancia y facilidad de uso para agua y energía (Beltrán-Méndez y Nik-Bakht, 2018; Rodríguez et al., 2021; Samamé-Zegarra, 2021).

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS EN ESTUDIO

Las soluciones técnicas en energía, agua y carbono embebido en materiales de los 18 proyectos, se detallan en las tablas correspondientes. Se destaca que los edificios Farah y Today lideran en la implementación de estrategias en todas las categorías del estándar EDGE, mientras que el edificio Golf Los Incas presenta una menor cantidad de estrategias implementadas. Los edificios certificados bajo el estándar EDGE desempeñan un papel crucial en la mitigación del impacto ambiental, contribuyendo significativamente a la lucha contra el cambio climático. Ninguno de los 18 edificios alcanzó la Certificación EDGE Advanced en la Certificación Zero Carbón.

MEDIDAS DE ENERGÍA Y AHORRO ENERGÉTICO

La Tabla 3 muestra el porcentaje de aplicación de las medidas de Energía de EDGE v3 en los edificios estudiados, clasificadas en ahorro de energía (78.4%), generación de energía (13.5%) y medición de la energía (8.1%). El diseño de los edificios se enfocó en eficiencia y reducción del consumo, además incluyó estrategias implementadas durante la etapa de diseño y construcción, como controles de iluminación, pintura reflectante en techos y muros, iluminación LED, reducción de la proporción ventana-muro, vidrios de baja transmitancia térmica, dispositivos de sombreado exterior, aislamiento del techo y la adopción de energía solar fotovoltaica. Buscando evitar puentes térmicos, se optimizó la eficiencia energética mediante la reducción de la proporción ventana-muro, vidrios de baja transmitancia térmica y aislamiento en techos y muros, los que generó ahorros evidentes en las facturas de electricidad de los propietarios finales.

Tabla 3. Resumen de soluciones técnicas relacionadas con la categoría de Energía. Fuente: Elaboración de los autores.

Soluciones técnicas	Porcentaje de edificios con soluciones
E01*: Menor proporción de vidrio en la fachada exterior	100.00%
E02: Dispositivos de control solar externo	44.44%
E03: Pintura reflectiva/tejas para techo	22.22%
E04: Pintura reflectiva para paredes externas	5.56%
E05*: Aislamiento del techo	50.00%
E06*: Aislamiento térmico de paredes externas	44.44%
E07: Vidrio con revestimiento de baja emisividad	33.33%
E12*: Sistema de aire acondicionado	5.56%
E33: Bombillas ahorradoras de energía	66.67%
E34: Controles de iluminación	33.33%
E42: Energía solar fotovoltaica	16.67%

*Medida obligatoria

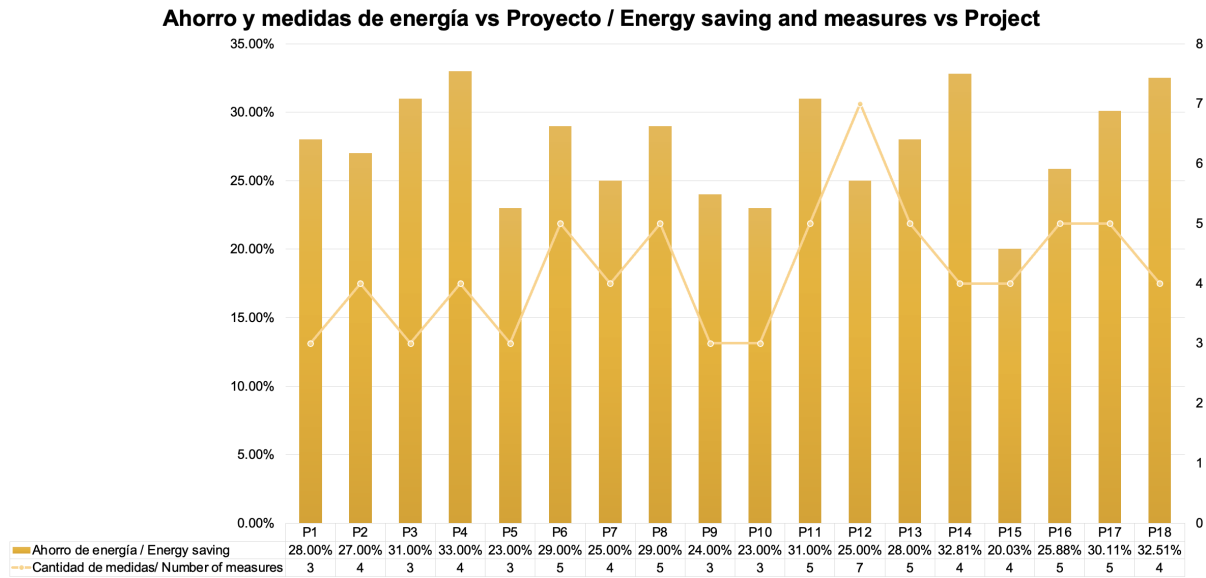


Figura 4. Ahorro de energía contra medidas del proyecto. Fuente: Elaboración de los autores.

Los proyectos evaluados lograron un ahorro energético promedio del 27.6% en comparación con el caso base, según la normativa local; entre los años 2017 y 2024, los ahorros de energía fluctuaron entre el 20% y el 33%. Soleada lideró con un 33%, seguido por Casimiro Ulloa con un 32.81%. Laureles tuvo el menor ahorro energético, con 20.03%, seguido por Parque Club y Golf Los Incas con un 23%.

La mayoría de los edificios redujo la proporción de área vidriada en la fachada, minimizando la ganancia térmica y manteniendo el confort interior. No obstante, Madrid en Vivo optó por equipos eficientes de HVAC en las unidades de vivienda, lo que no afectó significativamente el ahorro energético. Además, Alcanfores, Manco Cápac y Lumiere implementaron paneles fotovoltaicos para cubrir

la demanda de energía en áreas comunes. Así también, en la Figura 4 se consideró la cantidad de medidas adoptadas por cada proyecto en estudio, de la figura 4, se muestra que, el ahorro energético logrado no necesariamente está relacionado a la cantidad de medidas implementadas. Esto se debe a que cada proyecto posee características únicas como: la arquitectura del proyecto, la proporción del vidrio en la fachada y elementos de los que dependerá la evaluación de las medidas.

MEDIDAS DE AGUA Y DE AHORRO HÍDRICO

De las tres categorías de EDGE, la categoría de Agua fue la que menos estrategias presentó. Las estrategias relacionadas con el agua, se enfocan en controlar el

Tabla 4. Resumen de soluciones técnicas relacionadas con la categoría de Agua. Fuente: Elaboración de los autores.

Soluciones técnicas	Porcentaje de edificios con soluciones
W01*: Cabezales de ducha que ahorran agua	94.44%
W02*: Grifos eficientes que ahorran agua para todos los baños	100.00%
W04*: Inodoros eficientes que ahorran agua para todos los baños	83.33%
W08*: Grifos de cocina que ahorran agua	100.00%
W15: Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales	5.56%

*Medida obligatoria

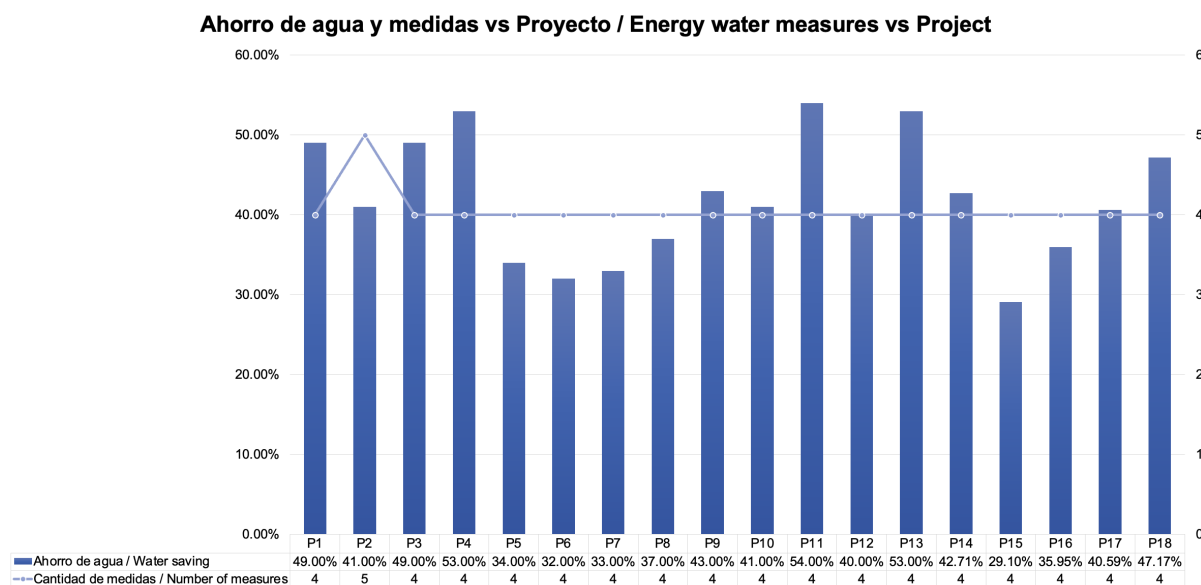


Figura 5. Ahorro de agua contra medidas del proyecto. Fuente: Elaboración de los autores.

consumo de la misma en las griferías y equipos sanitarios de baño y de cocina. Se instalaron griferías de bajo caudal para reducir el consumo de agua y disminuir el consumo de energía que está relacionado intrínsecamente con el consumo de agua caliente. Casi el 100% de los edificios han implementado estrategias como la instalación de griferías de bajo caudal en los baños y cocinas, cabezales de ducha de bajo caudal e inodoros eficientes de simple o doble descarga.

Por otro lado, el 6% de las edificaciones acudió a la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises con el fin de reutilizar las aguas recuperadas en el sitio, como en las descargas de inodoros y el riego de áreas vegetadas, lo que aporta al ahorro hídrico final (Tabla 4).

La reducción del consumo de agua es sumamente importante, debido al estrés hídrico que vive Lima actualmente. El ahorro hídrico promedio fue de 41.92%. El Edificio Manco Cápac se posiciona en el primer lugar, con el ahorro más alto con 54%, seguido por Soleada y Lumiere con un 53%. Soleada destaca en el ahorro energético e hídrico entre todos los edificios evaluados. Los menores ahorros logrados fueron obtenidos por Madrid Amistoso con 32%, seguido por Madrid en Vivo con 33%. A pesar de que, Alcanfores fue el único edificio que

implementó un sistema de tratamiento de aguas grises en el sitio, como fuente alternativa de agua potable, su ahorro se mantuvo cercano al promedio con 41%. En la Figura 5, se muestran los ahorros logrados versus las medidas adoptadas. Se percibió que el porcentaje de ahorro de agua logrado, no necesariamente está relacionado a la cantidad de medidas implementadas. Esto debido a las especificaciones de los equipos sanitarios y griferías; además de ello, en esta categoría se tienen cuatro medidas de cumplimiento obligatorio y sólo un proyecto presentó de manera extra, la medida W15 (Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales).

Estrategias de mitigación del carbono incorporado en materiales

Los proyectos analizados, han considerado la versión 2 y 3 de EDGE, en el caso de versión 2, se indican 6 medidas obligatorias y en el caso de la versión 3, son 11 medidas obligatorias. En la construcción de edificios, se emplean diversos materiales en elementos estructurales y arquitectónicos, como losas de pisos, losas de techo, muros interiores y exteriores, acabados de pisos, marcos y vidrios de ventanas, mamparas, y aislamiento en la envolvente.

Tabla 5. Resumen de soluciones técnicas relacionadas con la categoría de Carbono Incorporado en Materiales. Fuente: Elaboración de los autores.

Materiales de construcción	Porcentaje de edificios con soluciones
M01*: Losas de pisos	
Losas de concreto reforzada in situ	44.44%
Losas aligeradas de concreto	44.44%
Losas aligeradas de concreto con bloques de poliestireno	27.78%
M02*: Losas de techo	
Losas de concreto reforzada in situ	44.44%
Losas aligeradas de concreto	61.11%
Losas aligeradas de concreto de bloques de poliestireno	27.78%
M03*: Muros interiores	
Bloques de concreto hueco de peso mediano	44.44%
Pared reforzada in situ	66.67%
Bloques de concreto aireado en autoclave	22.22%
Ladrillos huecos (con orificios) con yeso interno y externo	16.67%
Ladrillos caravista y bloques de concreto	11.11%
M04*: Muros exteriores	
Bloques de concreto hueco de peso mediano	38.89%
Pared reforzada en obra	11.11%
Bloques de concreto aireado en autoclave	22.22%
Ladrillos huecos (con orificios) con yeso en ambos lados	22.22%
M05*: Acabados de pisos	
Baldosa cerámica	66.67%
Piso de vinilo	11.11%
Piso de madera laminada	55.56%
Baldosas de terracota	11.11%
M06*: Marcos de ventanas	
Aluminio	72.22%
M09*: Aislamiento de losas de techo	
Poliestireno	11.11%
Celulosa	16.67%

*Medida obligatoria

La losa de concreto reforzada in situ y la losa aligerada de concreto fueron utilizadas en el 44% de los edificios para las losas de pisos. En las losas de techo, la losa aligerada de concreto prevaleció en el 61%, seguida por la losa de concreto reforzada in situ en el 44%. Los muros exteriores se construyeron principalmente con muros reforzados in situ (67%) y bloques de concreto con huecos de peso mediano (44%). En muros interiores, los bloques de concreto con huecos de peso mediano denso fueron los más utilizados (39%), seguidos por bloques de concreto aireado en autoclave (22%). En acabados de pisos, las baldosas de cerámica y el piso de madera laminada fueron aplicados en el 67% y 56% de los edificios, respectivamente. Los marcos de ventana de aluminio fueron predominantes en el 72% de los casos. El aislamiento en las losas de techos y en las losas con contacto directo al terreno, se realizaron con ladrillos de poliestireno en el 11% de los edificios evaluados (Tabla 5).

El análisis de los materiales de construcción que se lleva a cabo bajo la categoría correspondiente, es más exhaustivo y detallado puesto que, se realiza un análisis del ciclo de vida

de cada material. Por tanto, cuanto menor sea el carbono equivalente generado en todo el ciclo de vida del material a emplear, menor será la huella de carbono emitida y a su vez será menor el impacto en el planeta. El ahorro de carbono incorporado promedio es de 51.81%. En general, los edificios Madrid en Vivo y Golf Los Incas lograron los ahorros más altos con un 69% demostrando que mitigaron su huella de carbono en el proceso de construcción de las edificaciones. Multifamiliar Farah obtuvo el ahorro más bajo, con un 30%, seguido por Conde de la Vega con 35%. En base al material elegido y empleado en la etapa constructiva de los edificios se establece el carbono equivalente involucrado, este puede reducirse con la elección correcta del material, para ello el software EDGE será un gran aliado en proceso de elección ya que, permitirá realizar las simulaciones respectivas basado en el carbono incorporado predeterminado para cada material existente y con ello proyectar los ahorros en cada categoría respectiva que conforma la certificación.

En la Figura 6, se muestran los ahorros logrados versus las medidas adoptadas. Se aprecia que el porcentaje de ahorro

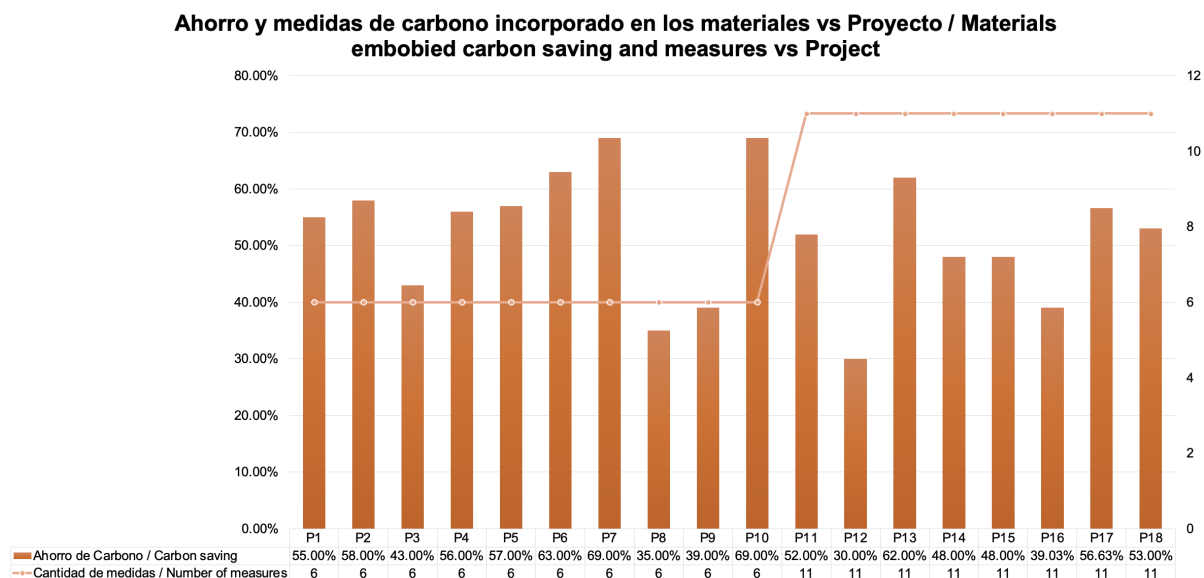


Figura 6. Ahorro de carbono incorporado contra medidas de materiales del proyecto. Fuente: Elaboración de los autores.

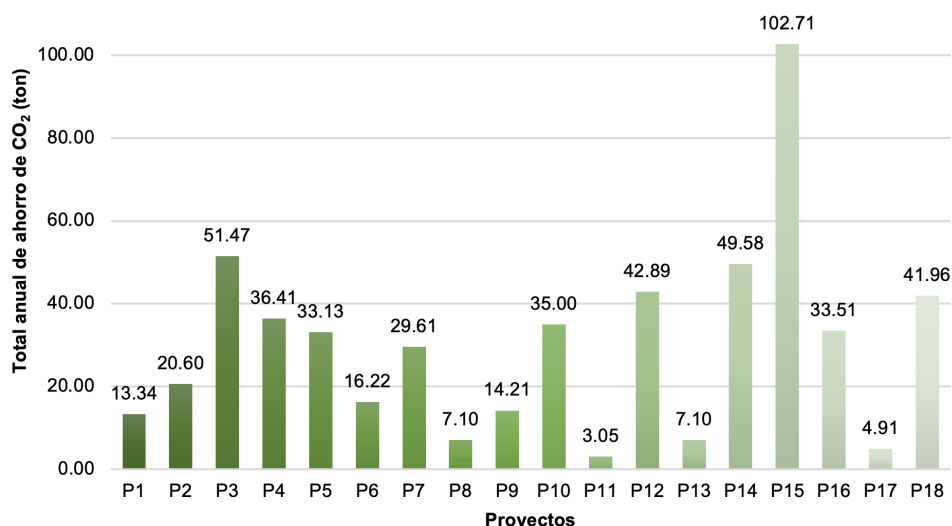


Figura 7. Total anual de ahorro de CO₂ por Proyecto. Fuente: Elaboración de los autores.

de carbono incorporado logrado, no necesariamente está relacionado a la cantidad de medidas implementadas. Esto debido a la elección del material sostenible, para la construcción de las edificaciones.

AHORRO TOTAL ANUAL DE CO₂

El valor promedio de mitigación de CO₂ para los edificios en estudio, se sitúa en 30.12 toneladas de CO₂ equivalente al año. Es esencial señalar que la mitigación de CO₂ varía significativamente, oscilando entre 3.05 y 102.71 toneladas. Este contraste en el ahorro de CO₂ entre edificios, se atribuye a la diversidad en la envergadura de las estructuras evaluadas. En particular, se observa que Laureles logró el mayor ahorro anual de CO₂, alcanzando las 102.71 toneladas, seguido por Parque Verde Sur con 51.47 toneladas. Por otro lado, el Edificio Manco Cápac registró el ahorro más bajo, con tan sólo

3.05 toneladas de CO₂. La Figura 7 ilustra de manera gráfica el ahorro anual total de CO₂ para cada uno de los edificios evaluados.

DISCUSIÓN

Del análisis realizado, la mayoría de los proyectos estudiados, están enfocados en la ciudad de Lima y los resultados podrían variar si se obtienen más datos de otros sectores del Perú, debido a las características geográficas y normativas.

En Perú, la implementación de EDGE ha generado un impacto positivo en el aspecto energético de las edificaciones. Las medidas adoptadas incluyen la reducción de la proporción de vidrio en la fachada exterior, dispositivos de control solar externo, aislamiento del techo, aislamiento térmico de

paredes externas, vidrio con revestimiento de baja emisividad, bombillas ahorradoras de energía y controles de iluminación. El ahorro promedio energético alcanzado fue del 27.6%, ligeramente inferior al 29.7% registrado en un estudio similar en Sudáfrica (Isimbi y Park, 2022), atribuible a las condiciones climáticas y normativas locales. Así también, Kartikasari et al. (2018) resaltan la mejora de la eficiencia energética con el uso de EDGE en Indonesia.

En el caso de Latinoamérica, en Colombia, los nuevos proyectos certificados como edificios sostenibles más del 50% cumple con los porcentajes mínimos de reducción de consumo y energía; en el caso de la metodología EDGE, el 24% no cumplía con el porcentaje de reducción de energía, el 12% del consumo de agua y el 6% de ambos, esto no implica una contradicción en lo que determina una construcción sostenible ya que, la obtención de certificaciones como EDGE o LEED, incluye otros ítems cuantificables que permiten alcanzar la certificación (Rodríguez et al., 2021). Por otro lado, con la implementación de EDGE, en el caso de México se obtuvieron reducciones significativas en demandas de energía (38.52%) y consumo de agua (46%) (Velázquez Robles et al., 2022). En el caso de Perú, EDGE puede ser una herramienta importante para el ahorro de agua, debido a que gran parte de la población de Perú, se encuentra en la costa, donde el agua termina siendo un recurso importante (Samamé-Zegarra, 2021).

Bajo la categoría de agua, las medidas adoptadas en Perú incluyeron cabezales de ducha que ahorran agua, grifos eficientes, inodoros eficientes y un sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales, que lograron un ahorro promedio del 41.92%. Este resultado supera el ahorro del 31% registrado en un estudio comparativo. Los edificios peruanos también optaron por una fuente alternativa de agua potable, a través del sistema de tratamiento y reciclaje de aguas residuales. Así también, una investigación realizada en México muestra un ahorro en el consumo del agua del 46%, donde se emplearon medidas como duchas y grifos de bajo caudal, el sistema recogido de aguas pluviales y aguas grises recicladas (Velázquez Robles et al., 2022).

En cuanto al carbono incorporado, los materiales más utilizados en Perú fueron la losa de concreto reforzada in situ, los bloques de concreto hueco de peso mediano y la baldosa cerámica. El ahorro promedio de carbono incorporado fue del 51.81%, ligeramente inferior al 54% observado en Sudáfrica, donde se tuvo en cuenta la reutilización de elementos estructurales.

Además de los resultados obtenidos, los proyectos certificados bajo el estándar EDGE han demostrado claros beneficios ambientales, especialmente en la reducción de emisiones de CO₂ equivalente a lo largo de todo el ciclo de vida de las edificaciones. Estos impactos positivos se deben a la implementación de estrategias de eficiencia energética, uso eficiente del agua y selección de materiales sostenibles, consolidándose EDGE como una herramienta esencial para la promoción de estrategias de construcción sostenible y la mitigación del cambio climático.

CONCLUSIONES

El siguiente estudio muestra el impacto de la certificación EDGE en las edificaciones del Perú, se analizaron 557 unidades de 18 edificios residenciales certificados desde el 1 de noviembre de 2017 hasta 29 de enero de 2024, obteniéndose en promedio 27.6% de ahorro en Energía, 41.2% en Agua y 51.81% en Carbono Incorporado en Materiales.

Los edificios lograron reducir el consumo de energía mediante estrategias como la optimización de la proporción ventana-muro, el empleo de aislamiento térmico en la envolvente, vidrios de baja transmitancia térmica y calentadores de agua a gas. Además, se implementaron medidas de eficiencia hídrica, como griferías y equipos sanitarios de bajo consumo, así como una fuente alternativa de agua potable, a través de una planta de tratamiento de aguas grises para reutilización en descargas de inodoros y riego de áreas verdes. En cuanto a la construcción, se destaca el uso frecuente de losa de concreto reforzada in situ y losa aligerada de concreto en pisos, mientras que en muros exteriores se prefirieron los reforzados in situ y bloques de concreto con huecos de peso mediano. Los bloques de concreto con huecos de peso mediano denso, fueron predominantes en muros interiores. Baldosas de cerámica y pisos de madera laminada fueron los acabados de pisos más comunes y el aluminio fue el material preferido para los marcos de ventanas. En prácticas de aislamiento, se observó una frecuente utilización de ladrillos de poliestireno en losas de techos y en las losas con contacto directo al terreno.

La investigación presenta limitaciones en cuanto a la cantidad de estudios, debido a que sólo se analizaron 18 certificados finales, los resultados podrían variar si se tiene una mayor cantidad de proyectos. Los autores, sugieren replicar el siguiente estudio entre otros países para ver el impacto de la certificación EDGE, así también realizar análisis para explorar si existe una correlación entre los m² y los ahorros obtenidos. Así también, se sugiere investigar cuáles son los factores que generan la adopción de la certificación EDGE u otras certificaciones ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agyekum, K., Akli-Nartey, E. E. K., Kukah, A. S., y Agyekum, A. K. (2023). Importance-performance analysis (IPA) of the indoor environmental quality (IEQ) of an EDGE-certified building in Ghana. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 41(1), 73–95. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2021-0040>
- Aini, T. N., y Tarigan, S. G. (2023). Analysis of the EDGE Rating System Implementation in PKN STAN Buildings. *Architectural Research Journal (ARJ)*, 3(2), 46–49. <https://doi.org/10.22225/arj.3.2.2023.46-49>
- Atolagbe, U. K., Saihu, A., Mambo, A. D., y Kumar, E. (2023). Accounting of Carbon Footprint and Energy Consumption of Nile University in Nigeria: A detailed and Systematic Approach. *2023 2nd International Conference on Multidisciplinary Engineering and Applied Science (ICMEAS)*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICMEAS58693.2023.10379409>
- Ayanrinde, O., y Mahachi, J. (2023). Scenario Method for Catalysing Circularity and Lowering Emissions in the Construction Sector/Real Estate, Nigeria (pp. 388–402). <https://doi.org/10.4324/9781003267492-22>

- Azouz, M., y Elariane, S. (2023). Towards energy efficiency: retrofitting existing office buildings using smart technologies. *Journal of Engineering and Applied Science*, 70(1), 147. <https://doi.org/10.1186/s44147-023-00327-0>
- Beltrán-Méndez, O., y Nik-Bakht, M. (2018). Can "EDGE" be the Solution to Sustainability of Buildings in Colombian Market? In *Construction Research Congress 2018* (pp. 246–256). <https://doi.org/10.1061/9780784481301.025>
- Bochare, R., y Bagora, P. (2022). Comparative Analysis of Green Building Rating Systems for Residential House: A Case Study. *ECS Transactions*, 107(1), 7091. <https://doi.org/10.1149/10701.7091ecst>
- Cao, Y., Kamaruzzaman, S. N., y Aziz, N. M. (2022a). Green Building Construction: A Systematic Review of BIM Utilization. *Buildings*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/buildings12081205>
- Cao, Y., Xu, C., Kamaruzzaman, S. N., y Aziz, N. M. (2022b). A Systematic Review of Green Building Development in China: Advantages, Challenges and Future Directions. *Sustainability*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912293>
- CCCS (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible). (2024). *Caso de negocio LEED en Latinoamérica*. <https://www.cccs.org.co/wp/mitigacion/caso-de-negocio-de-leed-en-latinoamerica/>
- Chavez-Finol, F., Trebilcock-Kelly, M., y Piderit-Moreno, M. B. (2021). Diseño de edificios de oficinas sustentables para promover ocupantes sustentables. *Hábitat Sustentable*, 11(2), 34–45. <https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.03>
- Dlamini, L. N., y Yessoufou, K. (2022). Residents and Professionals's Perspectives on Energy and Water Consumption While Transiting from Conventional to Sustainable Housings in South Africa. *Sustainability*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/su14084498>
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., y Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- Edge Buildings. (2024). *Archivo de estudios de proyectos y Nuevos estudios de proyectos*. <https://edgebuildings.com/project-studies/>
- Elkhapery, B., Kianmehr, P., y Doczy, R. (2021). Benefits of retrofitting school buildings in accordance to LEED v4. *Journal of Building Engineering*, 33, 101798. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101798>
- Ibrahim, H., SalahEldin Elsayed, M., Seddik Moustafa, W., y Mohamed Abdou, H. (2023). Functional analysis as a method on sustainable building design: A case study in educational buildings implementing the triple bottom line. *Alexandria Engineering Journal*, 62, 63–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.07.019>
- IFC (International Finance Cooperation). (2021). *Guía del usuario de EDGE Versión 3.0*. <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2022/07/2022001613SPAspa001.pdf?lang=es>
- Indriyati, C., y Izzah, S. (2022). Water Tower Conservation and Sriwijaya University Law Efficiency Based on Indonesian Green Building Certification. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 4(2 SE-Articles), 176–182. <https://doi.org/10.35877/454RI.asci99713>
- Isimbi, D., y Park, J. (2022). The Analysis of the EDGE Certification System on Residential Complexes to Improve Sustainability and Affordability. *Buildings*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/buildings12101729>
- Kapoor, P., Saberi, O., y Oliver, N. (2019). Green Urban Development: A methodology to calculate site and infrastructure related GHG emissions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 297(1), 12004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/297/1/012004>
- Kartikasari, F. D., Tarigan, E., Fransiscus, Y., y Lidyawati, T. (2018). Energy Saving Measures and Potential of Energy Efficiency at the University of Surabaya, Based on EDGE Simulation. In *2018 5th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, (pp. 89–92). <https://doi.org/10.1109/ICITACEE.2018.8576925>
- Li, C. Z., Zhao, Y., y Xu, X. (2019). Investigation of dust exposure and control practices in the construction industry: Implications for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 227, 810–824. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.174>
- Marzouk, O. A. (2023). Zero Carbon Ready Metrics for a Single-Family Home in the Sultanate of Oman Based on EDGE Certification System for Green Buildings. *Sustainability*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813856>
- ONU. (2021). Industrial Development Report 2022. *The Future of Industrialization in a Post-Pandemic World*. Overview. <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-03/IDR-2022-OVERVIEW-es.pdf>
- Regalado-Espinoza, M., Manrique, J. G., Loreña, M. H., Coz, G. L., Machaca, Á. M., Valdivia, R. M., Varillas, C. N., Andia, C. Q., y Asto, D. R. (2021). *An Analysis of Leed Certification's Adaptation to Design and Construction of Sustainable Buildings in Peru* [Discurso principal]. 2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI), Colombia <https://doi.org/10.1109/CONIITI53815.2021.9619628>
- Rodríguez, A. M., Fernández, A. C. R., Rojas, L. V., Palma, F. P., y Oliveros, A. B. (2021). State of regulation and implementation of energy and water-saving measures in buildings in Colombia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 871(1), 12008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/871/1/012008>
- Saberi, O., y Kapoor, P. (2016). Virtual energy for comfort: To present discomfort and reward passive design in EDGE. *Proceedings - 9th International Windsor Conference 2016: Making Comfort Relevant, April*, 1325–1332.
- Samamé-Zegarra, E. K. (2021). Water Efficiency Evaluation Analysis Among Environmental Certification Methods: LEED, BREEAM, DGNB, HQE, EDGE, and BONO VERDE. In R. González-Lezcano (Ed.), *Advancements in Sustainable Architecture and Energy Efficiency* (pp. 275–291). IGI. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7023-4.ch013>
- Setyowati, D. L., Trihatmoko, E., Wijayanto, P. A., y Amin, M. (2020). Simulating water efficiency management at UNNES Campus, Semarang, Indonesia using EDGE application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 485(1), 12038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/485/1/012038>
- Tarigan, E., y Kartikasari, F. D. (2016). Simulation of Energy Savings in a Six Floor Library Building University of Surabaya. *3rd Engineering Science and Technology International Conference*, 1–4. <https://repository.ubaya.ac.id/28481/>
- Velázquez Robles, J. F., Picó, E. C., y Hosseini, S. M. A. (2022). Environmental performance assessment: A comparison and improvement of three existing social housing projects. *Cleaner Environmental Systems*, 5, 100077. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100077>
- Villaseñor, M. (2021). *Breve Informe estado de certificaciones de sustentabilidad en la construcción países CEELA*. https://proyectoceela.com/wp-content/uploads/2023/01/20210430_Outcome-3_Estado-Certificaciones-Paises-CEELA.pdf