

Eficiencia energética en viviendas urbanas: hacia la sostenibilidad de la alcaldía Benito Juárez, CDMX

Energy efficiency in urban housing: towards the sustainability of the Benito Juarez district, CDMX

-  Dulce María Vázquez Hernández^{1*}
-  Daniel Alejandro Olvera Sule²

¹Universidad Nacional Rosario Castellanos, Ciudad de México, México

²Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

*20222mccb01@rcastellanos.cdmx.gob.mx

05

¿CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO?

Vázquez Hernández, D. M. y Olvera Sule, D. A. (2025). Eficiencia energética en viviendas urbanas: hacia la sostenibilidad de la alcaldía Benito Juárez, CDMX. *SketchIN*, 7(13), 64-78.

Resumen

El sector de la edificación es uno de los emisores principales de gases de efecto invernadero (GEI) en México, pues representa alrededor del 12 % a nivel nacional. En la alcaldía Benito Juárez (ABJ), el crecimiento urbano ha incrementado las emisiones a causa de la proliferación de los edificios habitacionales verticales. La presente investigación analiza estrategias de eficiencia energética compatibles con dichos inmuebles, enfocándose en tecnologías accesibles, sostenibles y con alto impacto ambiental. La metodología incluyó una revisión documental y un análisis de los programas existentes, así como encuestas a profesionales del sector. Las tecnologías reconocidas como más efectivas y viables fueron: paneles y calentadores solares, aislamiento térmico, impermeabilizantes reflectantes y luminarias ahorradoras LED. También destacaron medidas complementarias, tales como el mantenimiento preventivo

de bombas de agua y el control inteligente de elevadores. El estudio enfatiza los desafíos técnicos y logísticos, como la compatibilidad estructural, las condiciones climáticas y la necesidad de infraestructura adecuada. Pese a los obstáculos, se constató que algunas ecotecnologías pueden reducir el consumo energético hasta en un 85 % y las emisiones de CO₂ entre un 10 y 90 %. Las políticas públicas como la certificación EcoCasa y el Programa de Ordenamiento Territorial han contribuido al desarrollo urbano sostenible. No obstante, es imprescindible fortalecer los incentivos económicos y la educación ambiental para una adopción más amplia. En suma, una transición energética en la ABJ demanda una combinación de tecnología, normatividad y participación ciudadana para convertir los edificios en espacios resilientes y sostenibles acorde con los objetivos del desarrollo urbano y ambiental.

Palabras clave: ecotecnias, edificaciones verticales, eficiencia energética, emisiones de CO₂, tecnologías sostenibles, transición urbana.

Abstract

The construction sector is a significant emitter of greenhouse gas (GHG) in Mexico, which accounts for approximately 12% of the national total. In the Benito Juárez district, urban growth has increased emissions due to the expansion of vertical residential buildings. This research analyzes energy efficiency strategies applicable to these structures, emphasizing accessible, sustainable technologies with a high environmental impact. The methodology entailed documentary review, analysis of available programs, and surveys to construction professionals. The solutions identified as most effective and feasible were: solar cells and water heaters, thermal insulation, reflective waterproof coatings, and LED lightbulbs. Some other complementary measures were also highlighted, such as preventive maintenance of water pumps and smart elevator control systems.

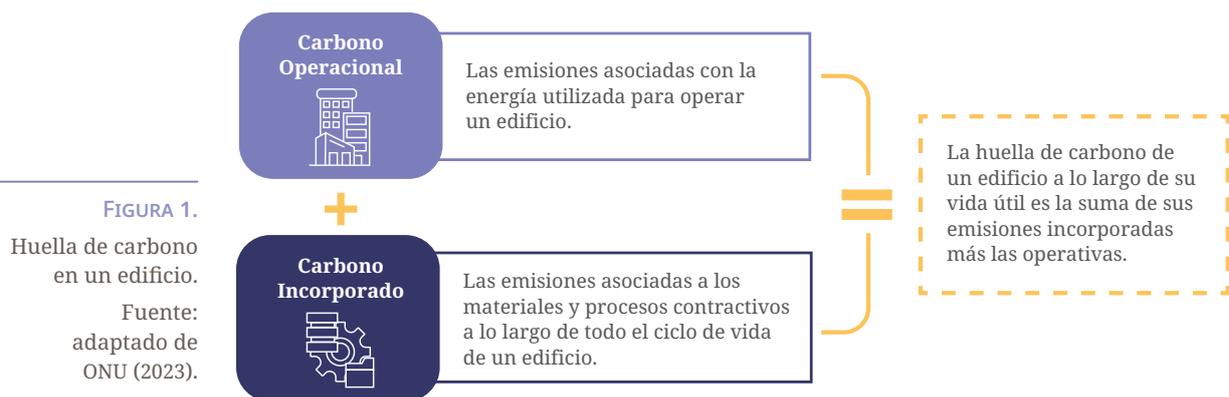
The study acknowledges technical and logistical challenges, specifically structural compatibility, climatic conditions, and the need for adequate infrastructure. In the face of these obstacles, some eco-technologies were proven to reduce energy consumption up to 85% and CO₂ emissions between 10 and 90%. Some public policies, such as the EcoCasa system and the Territorial Planning Program have provided for a sustainable urbanistic development. Nevertheless, it is necessary to strengthen economic incentives and environmental education to usher broader adoption. In conclusion, the energy management in the Benito Juárez district requires a holistic approach based on technology, regulation, and a proactive population to transform buildings into resilient, sustainable spaces aligned with environmental and urban development goals.

Keywords: eco-technologies, vertical buildings, energy efficiency, CO₂ emissions, sustainable technologies, urban transition.

Introducción

El sector de la edificación es uno de los mayores consumidores de energía y emisores de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo debido a su alta dependencia eléctrica (ONU, 2023). La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) estima que los edificios comerciales, residenciales y públicos consumen entre el 30 y 40 % de la energía y son responsables de entre 25 y 35 % de las emisiones de GEI a nivel mundial (Gobierno de CDMX, 2019). En México, se estima que las edificaciones consumen aproximadamente el 18 % de la energía del país y generan cerca del 12 % de los GEI (WRI, 2019).

El crecimiento urbano desorganizado representa una problemática en la Ciudad de México (CDMX), al igual que en otras zonas urbanizadas del país. Impulsado por la creciente demanda habitacional, el fenómeno ha llegado a generar una presión significativa sobre el desempeño de los servicios públicos, además de impactos negativos, como contaminación, visual y acústica, del aire, agua y suelo (Luiselli Fernández, 2019). Aunque las edificaciones habitacionales verticales se presentan como una solución para optimizar el espacio al albergar a más personas (Alvarado Noriega, 2021), este tipo de desarrollos aumenta el consumo energético. Como se esquematiza en la Figura 1, la huella de carbono de un edificio es la suma de sus emisiones operativas más las incorporadas, por lo que los modelos de construcción actuales deben evolucionar hacia diseños con mayor eficiencia energética que tomen en cuenta ambos conceptos.



La construcción, mantenimiento y operación de edificios representan el 38 % de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía (ONU, 2023). Ante los desafíos ambientales, las edificaciones sustentables inspiradas en la naturaleza, con arquitectura bioclimática, sistemas de captación solar, instalaciones eléctricas ahorradoras y espacios verdes verticales, emergen como alternativas clave para reducir el consumo energético y la huella de carbono (Valderrama Morales, 2016).

De acuerdo con la IEA, el éxito desde la perspectiva de la eficiencia energética de estas iniciativas radica en la adopción de tecnologías avanzadas y en la promoción de estrategias educativas que fomenten un uso consciente de los espacios habitables (Guillén Mena *et al.*, 2015). En ese sentido, es fundamental actualizar los códigos de construcción hacia la mejora de la eficiencia energética, como ocurrió en Mendoza, Argentina (Balter, 2015), donde los cambios en los códigos de construcción y simulaciones optimizaron el desempeño ambiental y energético de los edificios verticales.

En este contexto, urge implementar estrategias de eficiencia energética en edificios habitacionales para minimizar el impacto del cambio climático. La presente investigación busca describir propuestas de modernización y tácticas sostenibles para dichas edificaciones, con el objetivo de promover el desarrollo urbano sostenible en la alcaldía Benito Juárez (ABJ) de CDMX.

Desarrollo

Estrategia de análisis

La investigación se desarrolló en tres etapas; en primer instancia se consultaron acervos como el del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Global Covenant of Mayors for Climate & Energy y el Registro Único de Vivienda (RUV), entre otras. Se seleccionó información poblacional, de tipologías de vivienda y de consumo energético en la ABJ. Posteriormente, se revisaron datos sobre población y vivienda, así como de generación de emisiones de dióxido de carbono en la zona de estudio (Gobierno de CDMX, 2025).

En segunda, con base en los planteamientos de Tena y Rivas (1995), se analizaron las acciones y estrategias urbanísticas de eficiencia energética en México. Se revisaron programas implementados en edificaciones de vivienda vertical, de 2010 a la fecha, con el propósito de identificar qué planes de mitigación del cambio climático se han llevado a cabo y evaluar su viabilidad y resultados.

Por último, se diseñó e implementó una encuesta referente a la efectividad de diferentes medidas de eficiencia energética, dirigida a mipymes y profesionales del sector de la construcción, cuyas identidades se mantienen reservadas. Del mismo modo, se consultó a instituciones como Sustentabilidad para México y la Asociación Mexicana del Edificio Inteligente y Sustentable A. C. para identificar medidas de eficiencia energética desde la perspectiva de efectividad, factibilidad técnica, costos y beneficios ambientales. Después la información fue procesada por medio

de la matriz de Velázquez Sánchez y Meléndez García (2023), a fin de jerarquizar por facilidad de implementación la factibilidad técnica, costos e impactos potenciales de cada medida.

Área de estudio

La ABJ de la CDMX (Figura 2), abarca una superficie de 2663 hectáreas, equivalente al 1.81 % del territorio central de la ciudad. Entre 2000 y 2020, experimentó un crecimiento poblacional del 20 %, alcanzando en 2020 un total de 434 153 habitantes (INEGI, 2000, 2010, 2020). La alcaldía es un afianzamiento urbano con inmuebles dedicados, en especial, a oficinas y comercio, en su mayoría por su ubicación céntrica y accesibilidad de servicios. Sin embargo, esa misma realidad ha generado la consolidación de torres departamentales de lujo, que han desplazado gradualmente las viviendas unifamiliares y vecindades.

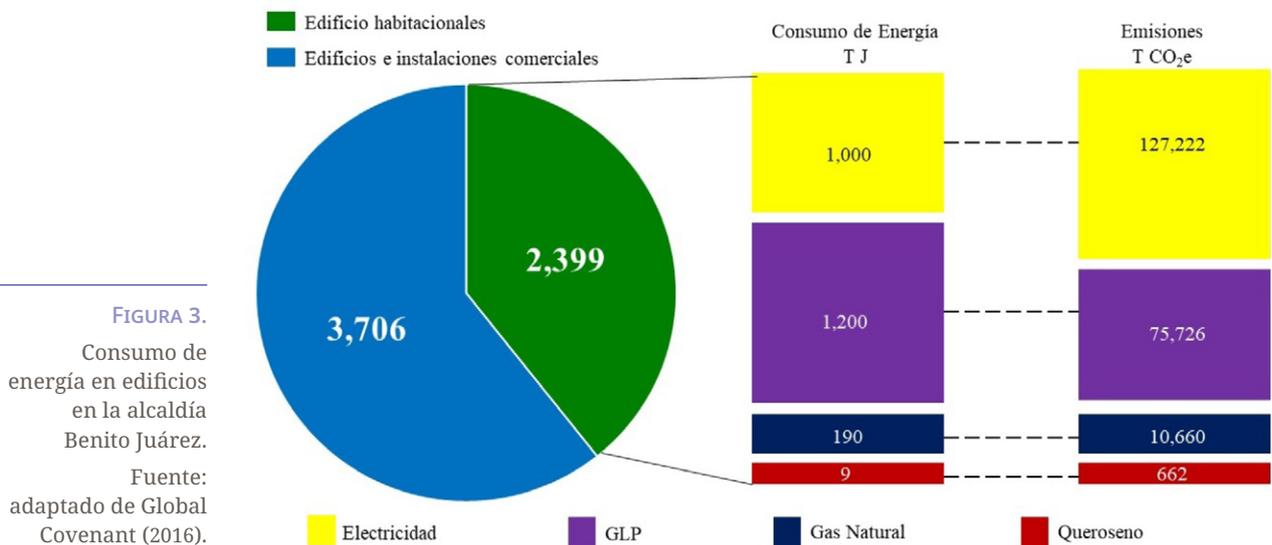


FIGURA 2.
Ubicación de la
alcaldía Benito Juárez.
Fuente: IPN (s. f.).



En 2010, se registró un incremento significativo en el número de departamentos en edificios, con 239 738 unidades, más de tres veces la cantidad reportada en 2000 (72 439). No obstante, para 2020, la actividad sísmica y las dinámicas de urbanización redujeron este número a 113 264, lo que significó una disminución del 52.75 % (INEGI, 2000, 2010, 2020).

Por otra parte, la inadecuada planeación urbana ha generado impactos sociales, económicos y ambientales en la ABJ. Se registraron en 2016 un total de 3 145 063 toneladas de CO₂e, de las cuales el 18.7 % correspondió al sector de edificios (Global Covenant, 2016). Como se presenta en la Figura 3, las edificaciones de uso habitacional son responsables del 36 % de las emisiones de CO₂e del sector (214 270 t); el consumo de energía eléctrica representa la principal fuente de estas emisiones 127 222 t CO₂e (22 %).



Aspectos institucionales hacia la eficiencia energética en edificaciones

El Estado mexicano fijó como objetivo generar por lo menos el 35 % de su energía a partir de fuentes alternativas a los combustibles fósiles para finales de 2024; sin embargo, en 2023, solo alcanzó el 22 % (SENER, 2024). Ante este desafío, y conforme a las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), es imperativo aminorar emisiones mediante estrategias como la regulación de la eficiencia energética en edificios (ONU, 2015).

Diversas iniciativas promueven las tecnologías y sistemas constructivos sostenibles para optimizar el consumo energético; una de ellas es la edificación de viviendas

verticales de departamentos de 60 m² o menos. En la CDMX, entre 2020 y 2023, el 99.96 % de las viviendas construidas fueron verticales, por lo que la huella ambiental se redujo en el ámbito de uso de suelo (INFONAVIT, 2024). Asimismo, a fin de cumplir con el Acuerdo de París, la Sociedad Hipotecaria Federal ha instaurado programas como las certificaciones *EcoCasa*, que evalúan la eficiencia energética y el consumo hídrico, al igual que la huella de carbono de las viviendas con el objetivo de disminuir al menos un 20 % de las emisiones de CO₂ (Gobierno de México, 2025).

En CDMX, la Dirección General de Desarrollo y Sustentabilidad Energética impulsó en 2019 la Política Energética Sustentable 2019-2024, enfocada en el empleo de energías renovables, la eficiencia en el consumo energético y la demanda eléctrica (Gobierno de CDMX, 2019). De manera semejante, se estableció el Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial, que promueve el uso de ecotecias, la construcción de infraestructura verde y la articulación de funciones ecológicas entre suelos de conservación rurales y urbanos. Acciones compensatorias como estas han fomentado alternativas sostenibles desde los sectores económico, social y cultural, atenuando la huella de carbono en viviendas y edificios habitacionales (Gobierno de CDMX, 2019).

La edificación de inmuebles en zonas urbanas mexicanas se ciñe a la Ley de Planeación Urbana, la Ley General de Asentamientos Humanos y Ordenación del Territorio y sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas. Las entidades federativas cuentan con una dependencia estatal específica encargada de emitir los permisos necesarios para la construcción. En la Ciudad de México, es la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI). Por medio de instrumentos de planeación y gestión, la SEDUVI promueve el desarrollo urbano enfocado en la generación de viviendas dignas, observando los objetivos de sostenibilidad y ordenamiento territorial (Gobierno de CDMX, 2025).

Propuestas de transición energética sostenible en edificios habitacionales de la ABJ

El análisis realizado en la presente investigación se centra en tecnologías y materiales innovadores accesibles y asequibles. Según la encuesta aplicada, las tecnologías clave para mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones en edificios habitacionales existentes incluyen paneles solares para la generación eléctrica y calefacción de agua, iluminación LED, sistemas inteligentes de control energético, materiales aislantes y ventilación pasiva.

En el ámbito de tecnologías más accesibles, se destacan los impermeabilizantes reflectantes, el aislamiento térmico y los dispositivos ahorradores de energía, así como los calentadores y paneles solares (Tabla 1). Su implementación representa un paso crucial para disminuir las emisiones de carbono y optimizar el consumo energético en el sector habitacional. En cambio, las tecnologías sofisticadas están sujetas a barreras financieras, logísticas y operacionales que obstaculizan la adquisición de unidades a escala masiva. De igual forma sucede con los sistemas de bombeo de agua y elevadores, caracterizados por los altos consumos de energía y desafíos como la inversión significativa y el reacondicionamiento de los complejos. Sin embargo, existen estrategias de eficiencia energética más asequibles que contribuyen a la sostenibilidad ambiental y la modernización del entorno urbano. En cuanto a la mejora del desempeño de sistemas de bombeo de agua se encuentran disponibles las siguientes opciones:

- Los variadores de velocidad posibilitan el ajuste de la potencia según la demanda real, evitando el funcionamiento a máxima capacidad cuando es innecesario.
- El mantenimiento preventivo, las inspecciones periódicas y la limpieza de sistemas de bombeo, tuberías y filtros garantiza un funcionamiento eficiente, evitando las pérdidas de energía por desgaste, obstrucciones o fugas en el sistema.

En lo que concierne a la modernización de elevadores:

- Los sistemas de tracción regenerativa recuperan, almacenan y permiten reutilizar la energía generada durante el descenso, lo que reduce el consumo total del edificio.
- El control inteligente de operaciones optimiza las rutas y agrupa las solicitudes de usuarios, minimizando los recorridos innecesarios.

TABLA 1.

Costos de ecotecnias en la Ciudad de México.

TECNOLOGÍA	COSTO
Aislamiento térmico	31.20 USD por m ² (sin mano de obra).
Paneles solares	Varían entre 202.69 y 2875.71 USD (suministro e instalación completa).
Calentadores solares con capacidad para 150 litros (tres regaderas)	Entre 207.20 y 906.44 USD.
Impermeabilizantes reflectantes	Entre 5.37 y 7.83 USD por m ² (incluye limpieza, materiales y aplicación).

TECNOLOGÍA

COSTO

Luminarias ahorradoras

Luminarias LED interiores: 13.39 a 27.68 USD.
 Reflectores LED exteriores: 13.91 a 52.95 USD.

Nota: cotizado en moneda mexicana y convertido en dólares; al cierre de mayo de 2025, 1 USD = 19.23 MXN. Elaboración propia con información obtenida de cotizaciones realizadas por el INFONAVIT (2024). El costo de los materiales y tecnologías depende de sus características específicas y el proveedor.

La transición hacia viviendas más sostenibles enfrenta desafíos técnicos y logísticos agrupados en cuatro categorías:

- **Condiciones estructurales y arquitectónicas:** la implementación de tecnologías como paneles solares requiere espacios adecuados y estructuras seguras que soporten el peso adicional.
- **Factores climáticos y geográficos:** la eficiencia de ecotecnologías, como paneles solares, depende de varias condiciones específicas, como una alta radiación solar.
- **Infraestructura compatible:** muchas construcciones carecen de sistemas que faciliten la integración de estas tecnologías.
- **Mantenimiento y durabilidad:** la tecnología avanzada requiere de mantenimiento periódico, especializado y costoso.

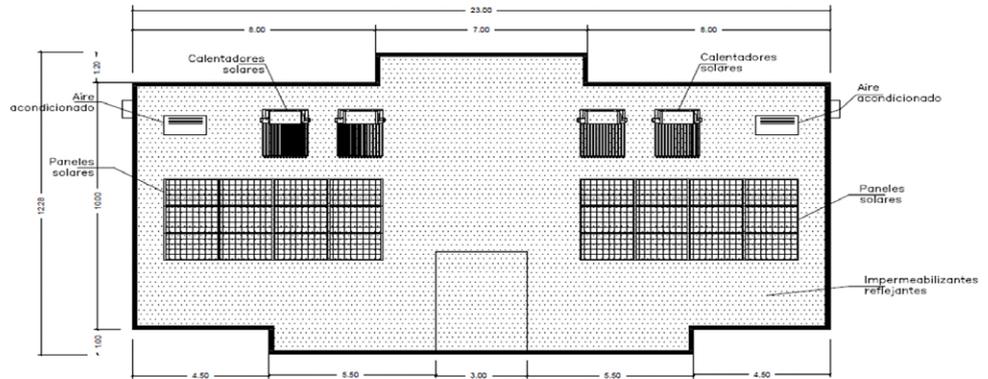
Según la encuesta realizada, sustentada en la escala de eficacia de Schalock *et al.* (2015), los dispositivos ahorradores alcanzaron una alta calificación (5/6) gracias a su facilidad de implementación; por el contrario, los paneles solares obtuvieron una calificación baja (1.9/6) dada su complejidad técnica. Entonces, urgen estrategias que combinen las tecnologías accesibles con la capacitación técnica y los incentivos económicos para impulsar la adopción de soluciones más avanzadas en edificaciones verticales.

El consumo de energía en la ABJ es de 42 615 TJ, considerando edificios y transporte (Global Covenant, 2016); en adición, se registra un nivel promedio de radiación solar de 5.3 kWh/m², que varía según la estación del año. Ahora bien, el rendimiento de los sistemas solares depende de la calidad de la radiación solar, la presencia de sombras, las condiciones climáticas, el mantenimiento de las instalaciones, la contaminación y la temperatura ambiental. Cabe señalar que la falta de una jerarquía estructural entre las viviendas en esta área genera desafíos adicionales, ya que algunos son cubiertos por edificaciones de mayor altura, lo que reduce la exposición solar. Dichas diferencias influyen directamente en las capacidades individuales de los edificios para reducir el consumo energético. Por ello, es esencial evaluar de manera individual las características arquitectónicas y estructurales de cada inmueble (Figura 4).

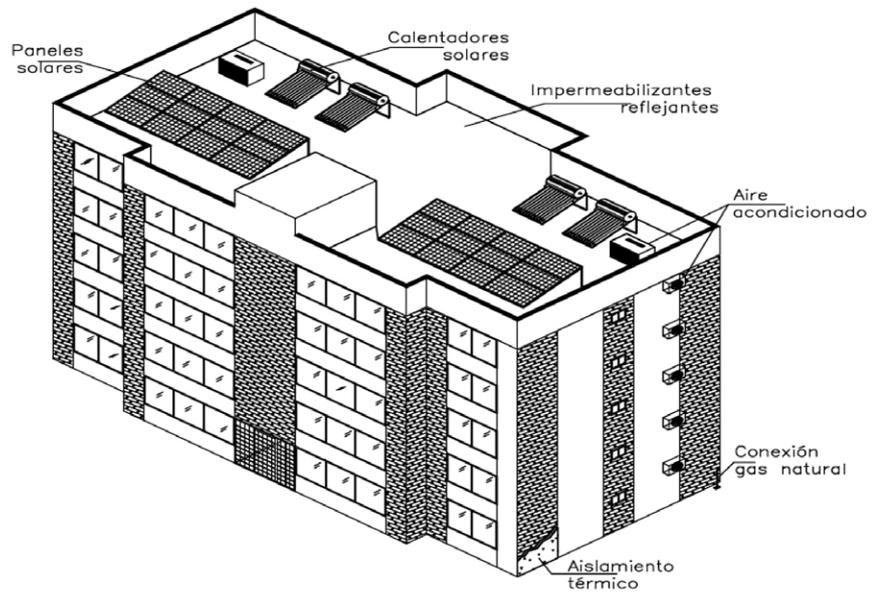


a) Foto de fachada del edificio

b) y c) Foto satelital



d) Planta arquitectónica de azotea



e) Plano isométrico del edificio

FIGURA 4.

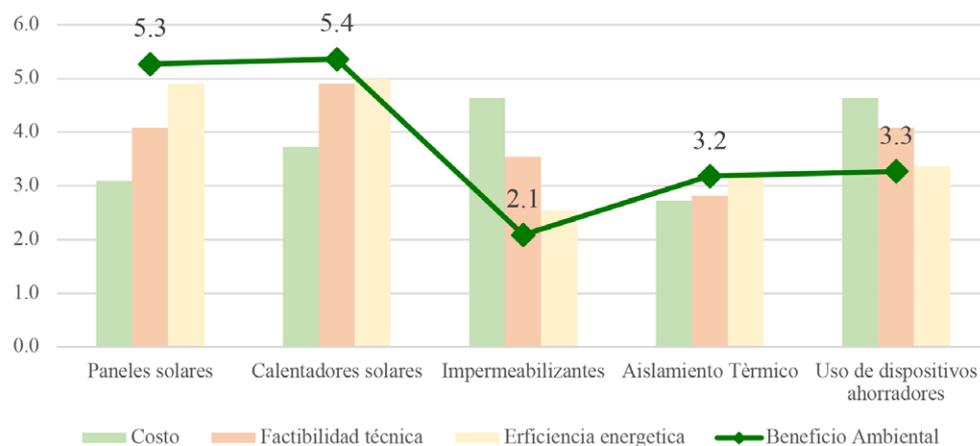
Edificio en ABJ con propuestas de ecotecnologías aplicadas: departamentos entre av. Popocatepetl y prol. Uxmal en ABJ.

Fuente: elaboración propia.

Conforme con las consultas realizadas a empresas y profesionales de la construcción, los paneles y calentadores solares son las tecnologías con mayores beneficios en la reducción de GEI (Figura 5). Los paneles solares, por ejemplo, pueden disminuir las emisiones hasta 12 veces respecto del uso de gas natural. Por su parte, los calentadores solares permiten reducir el consumo de energía de fuentes fósiles en los hogares entre un 60 y 80 %.

FIGURA 5.
Calificaciones de tecnologías según sus beneficios ambientales.

Fuente:
elaboración propia.



Los dispositivos ahorradores ocupan el tercer lugar en cuanto a beneficio ambiental: equipos y luminarias de bajo consumo. Al adquirirlos, es importante prestar atención a su clasificación energética, la cual se indica por un etiquetado que va de A (la mejor calificación) a G (la peor) (DMA CCOO-Aragón, 2004). Además, es crucial evaluar las necesidades específicas del usuario y el uso que se dará al dispositivo para maximizar su eficiencia ambiental y energética.

El aislamiento térmico es otra tecnología destacada por su capacidad para reducir la pérdida de energía, pues disminuye la dependencia de dispositivos como calefactores y aires acondicionados. No obstante, su instalación resulta más eficiente cuando es incorporada en la etapa de construcción del edificio (Añazco Serrano, 2024). En cuanto a los impermeabilizantes, aunque su propósito es evitar el paso de agua y humedad, también actúan como un método eficaz de aislamiento térmico. Instalados en la fachada exterior, mejoran la capacidad de las paredes para acumular calor, disminuyendo el gasto de energía. Además, no requieren espacio útil del inmueble, lo que los convierte en una alternativa práctica para optimizar la eficiencia energética de los edificios. Es clave señalar que la eficiencia energética y la reducción de emisiones de GEI de cada tecnología difieren según su tipo, las condiciones de su uso y el entorno donde se implementen. A continuación, se detallan los impactos específicos de cada una de estas tecnologías.

- **Aislamiento térmico:** reduce entre un 20 y un 40 % la demanda de energía para calefacción y enfriamiento al mantener estable la temperatura interna. El sistema también ayuda a disminuir entre 15 y 25 % de las emisiones de CO₂ relacionadas con el consumo energético (Chavarry Vallejos *et al.*, 2023).
- **Paneles solares:** generan energía eléctrica limpia, cubriendo entre un 30 y 100 % de las necesidades energéticas de una vivienda, dependiendo del tamaño del sistema y la radiación solar disponible (Contreras *et al.*, 2022).

Cada vez que se produce un kilovatio-hora por medio de paneles solares, se evita aproximadamente 0.4 kg de CO₂; esta reducción puede significar entre un 60 y 90 % de disminución anual en emisiones para una vivienda promedio (Cerezo Lara, 2023).

- **Calentadores solares:** reducen entre un 60 y un 80 % el consumo de gas o electricidad utilizados para calentar agua (CONUEE, 2014). Evitan la emisión de hasta una tonelada de CO₂ al año por calentador, dependiendo del combustible reemplazado (CONUEE, 2014).
- **Impermeabilizantes reflectantes:** aminora entre un 5 y 15 % la temperatura interna de los edificios al reflejar la radiación solar, lo que disminuye la necesidad de aire acondicionado (Cárdenas Reyes, 2014). La menor demanda de energía para enfriamiento puede traducirse en una reducción del 10 al 20 % de las emisiones GEI relacionadas con el consumo eléctrico en climas cálidos (Confederación Suiza, 2023).
- **Luminarias ahorradoras:** consumen hasta un 85 % menos energía que las bombillas incandescentes y tienen una vida útil hasta 25 veces mayor (Romero Huerta *et al.*, 2024). Por cada 1000 kWh ahorrados al año (aproximadamente 50 luminarias LED reemplazadas), se logra evitar la emisión de 400 kg de CO₂, dependiendo de la fuente de energía utilizada (DMA CCOO-Aragón, 2004).

En la ABJ, el crecimiento urbano plantea oportunidades y desafíos para la sostenibilidad y la eficiencia energética. La implementación de las estrategias descritas anteriormente ayudará a mitigar los problemas ambientales causados por el consumo excesivo de los recursos, como el gas o la electricidad, a medida que la Alcaldía continúa desarrollándose. Si bien estas tecnologías disminuyen la huella ambiental, también tienen efectos positivos sobre la economía y la vida de los habitantes, lo que conduce a un equilibrio entre muchas áreas, promoviendo la resiliencia y el desarrollo activo.

TABLA 2.

Resumen de impacto en eficiencia energética de tecnologías con la radiación solar recibida en la ABJ. Fuente: adaptado de Carpio Guerrero *et al.* (2025).

TECNOLOGÍA	REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO	REDUCCIÓN ESTIMADA DE EMISIONES DE CO ₂
Aislamiento térmico	20 - 40 %	15 - 25 %
Paneles solares	30 - 100 %	60 - 90 %
Calentadores solares	60 - 80 %	Hasta 1 tonelada de CO ₂ por año

TECNOLOGÍA	REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO	REDUCCIÓN ESTIMADA DE EMISIONES DE CO ₂
Impermeabilizantes reflectantes	5 - 15 %	10 - 20 %
Luminarias LED ahorradoras	Hasta 85 %	400 kg CO ₂ /1000 kWh ahorrados

La responsabilidad ambiental de los edificios habitacionales en la ABJ representa un tema prioritario, debido a su alta densidad poblacional y al envejecimiento de muchas de sus construcciones. La implementación de dichas estrategias facilita transformar los edificios en espacios sostenibles, funcionales y económicos, que se alineen con las necesidades de los usuarios y los objetivos globales de sostenibilidad. Así se contribuye a la calidad de vida en los entornos urbanos dinámicos como el de la ABJ, y ofrece un modelo replicable en otras localidades, siempre que se consideren el estatus económico, las características geográficas y las particularidades sociales de cada región.

Conclusión

La adopción de tecnologías sostenibles, como paneles y calentadores solares, aislamiento térmico, impermeabilizantes y dispositivos ahorradores, es clave para mejorar la eficiencia energética en la ABJ. Con base en las políticas públicas adecuadas, el cumplimiento del Acuerdo de París, y una planificación urbana sostenible, se disminuye el impacto ambiental, y se promueve un entorno urbano más habitable y resiliente.

La integración de estas tecnologías dentro de un modelo de economía verde resulta en un bienestar humano mejor y más equitativo, reduciendo de forma significativa las amenazas ambientales y la escasez ecológica (ONU, 2018). El desarrollo de construcciones sostenibles resulta esencial para fortalecer la resiliencia urbana y el desarrollo habitacional. En tal sentido, estas medidas ayudan a mitigar los desafíos del crecimiento urbano al disminuir el consumo de energía y las emisiones de GEI.

Por último, existen limitaciones relacionadas con el costo inicial de las tecnologías y el acceso a ellas, así como la necesidad de sensibilización y educación ciudadana para lograr su implementación efectiva. Sin embargo, la implementación de soluciones energéticas sostenibles es crucial para garantizar un futuro eficiente y ecológico que beneficie a las generaciones actuales y futuras.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del programa de Doctorado en Ciencias de la Sustentabilidad de la Universidad Nacional Rosario Castellanos, con el propósito de obtener el grado correspondiente.

Referencias

- Alvarado Noriega, A. C. (2021). *La edificación vertical como solución a la vivienda en la Ciudad de Hermosillo, Sonora* [Tesis de maestría, Universidad de Sonora]. <https://maestria-dicym.unison.mx/wp-content/uploads/2021/12/V5.0-La-edificacion-vertical-como-solucion-a-la-vivienda-en-la-ciudad-de-Hermosillo-1.pdf>
- Añazco Serrano, K. (2024). *Passivhaus: La construcción del futuro* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Cataluña]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/417628/Mem%20c3%b2ria_AnazcoKelvinRigoberto.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Balter, J. (2015). *Sustentabilidad de edificios en altura en ciudades-oasis. Características arquitectónicas y ambientales para el caso de la ciudad de Mendoza* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69597/Tesis.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cárdenas Reyes, S. A. (2014). *Evaluación del desempeño térmico de un techo verde y su efecto de aislamiento sobre la impermeabilización en cubiertas* [Tesis de licenciatura, Universidad de los Andes]. <https://hdl.handle.net/1992/16893>
- Carpio Guerrero, H. E., Vásquez Carrera, P. J. e Hidalgo Osorio, W. A. (2025). Impacto de la adopción de nuevas tecnologías en la eficiencia energética y la sostenibilidad en el sector residencial. *Revista Ingenio Global*, 4(1). <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.159>
- Cerezo Lara, E. (2023). Estudio de viabilidad de una planta de suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para una zona de la Cañada Real en la Comunidad de Madrid [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/76309/1/TFG_EMILIO_CEREZO_LARA.pdf
- Chavarry Vallejos, C. M., Zavala Loría, J. del C. y Rojo Gutiérrez, M. A. (2023). Tecnologías de descarbonización para la reducción de emisiones de CO₂ en edificaciones multifamiliares. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(119), 52-62. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.706>
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014). *Calentamiento solar de agua -En mi casa-*. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-en-mi-casa?state=published>
- Confederación Suiza (2023). *Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)*. <https://proyectoceela.com/>
- Contreras, M., Serrano Medrano, M. y Masera, O. (2022). *Patrones de consumo energético en el sector residencial de México: un análisis desde la perspectiva de usos finales*. Gobierno de México; Conacyt.
- Departamento de Medio Ambiente de CCOO-Aragón (2004). *Trabajo Sindical. Comisiones obreras de Aragón. Especial Cambio Climático: Ante el Cambio Climático, menos CO₂* [Archivo PDF]. https://www.saludlaboralymedioambiente.ccooaragon.com/documentacion/Cuadernillo_CO2-trabajo-sindical.pdf
- Global Covenant of Mayors for Climate & Energy (2016). *Delegación Benito Juárez*. Data Portal for Cities. <https://dataportalforcities.org/es/latinoamerica-el-caribe/mexico/ciudad-de-mexico/delegacion-benito-juarez>
- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Lanzamiento del reto de edificios eficientes* [Archivo PDF]. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/LANZAMIENTO%20DEL%20RETO%20DE%20EDIFICIOS%20EFICIENTES.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Proyecto del Programa General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://ceavi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/7.%20Proyecto%20Programa%20General%20de%20Ordenamiento%20Territorial%202020-2035.pdf>

- Gobierno de la Ciudad de México (2019). *Una Política Energética Sustentable para la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://www.sedeco.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/conteni-doenergiaok.pdf>
- Gobierno de la Ciudad de México (2025). *Acerca de*. <https://www.seduvi.cdmx.gob.mx/secretaria/acerca-de>
- Gobierno de la Ciudad de México (2025). Alcaldía Benito Juárez. <https://alcaldiabenitojuarez.gob.mx/>
- Gobierno de México (2025). *Programas de Vivienda Sustentable*. Gobierno de México. <http://www.gob.mx/shf/acciones-y-programas/programa-ecocasa-shf>
- Guillén Mena, V., Quesada Molina, F., López Catalán, M., Orellana Valdés, D. y Serrano Tapia, A. (2015). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Cuenca*, 4(7), 63-72. <https://doi.org/10.18537/est.v004.n007.07>
- INFONAVIT (2024). *Hipoteca Verde*. INFONAVIT. <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/proveedores-externos/para-tu-gestion/desarrolladores/hipoteca-verde>
- INFONAVIT (2024). *Información estratégica/Cifras básicas RUV*. Registro Único de Vivienda. <https://portal.ruv.org.mx/index.php/cifras-basicas-ruv/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Politécnico Nacional Secretaría de Extensión e Integración Social (s. f.). *Estrategia para el desarrollo económico sustentable del sector energético en la Ciudad de México* [Archivo PDF]. <https://fes.cdmx.gob.mx/storage/app/media/PlandeDesarrolloEnergeticoCDMX.pdf>
- Luiselli Fernández, C. (2019). Los desafíos del México urbano. *Economía UNAM*, 16(46), 183-195. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eunam/v16n46/1665-952X-eunam-16-46-183.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París* [Archivo PDF]. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (2018). *Economía Verde*. ONU. Programa para el medio ambiente. <https://www.unep.org/es/regiones/america-latina-y-el-caribe/iniciativas-regionales/promoviendo-la-eficiencia-de-recursos-1>
- Organización de las Naciones Unidas (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/43293>
- Romero Huerta, L., Tena Favela, J. D., Alcalá, J., Charre Ibarra, S. M., Gudiño Lau, J. y Durán Fonseca, M. A. (2024). Utilizando MATLAB® App Designer: una interfaz interactiva para analizar luminarias de bajo voltaje. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuailpan*, 12(23), 42-47. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xikua/article/view/11836/10853>
- Schalock, R. L., Verdugo, M. Á., Lee, C. S., Lee, T., Van Loon, J., Swart, K. y Claes, C. (2015). *Manual de la Escala de Eficacia y Eficiencia Organizacional (OEEES). Un enfoque sistemático para mejorar los resultados organizacionales*. Publicaciones INICO. https://sid.usal.es/docs/F8/FDO26899/Herramientas_9_2015.pdf
- Secretaría de Energía (2024). *Reporte de avance de energías limpias 2024* [Archivo PDF]. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/927403/RAEL.pdf>
- Tena Suck, A. y Rivas Torres, R. (1995). *Manual de investigación documental: Elaboración de tesinas*. Universidad Iberoamericana; Plaza y Valdés.
- Valderrama Morales, H. J. (2016). *Edificio mixto sustentable: Benito Juárez, Ciudad de México* [Tesis de licenciatura, UNAM]. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330TES01000746194/3/0746194.pdf>
- Velázquez Sánchez, Y. y Meléndez García, S. J. (2023). Metodología para la reconversión sustentable arquitectónica: Gentrificación en edificaciones existentes. *Topofilia*, XVI(26), 103-132. <https://topofilia.buap.mx/index.php/topofilia/article/download/460/312/968>
- World Resources Institute (2019). *Reto de Edificios Eficientes*. World Resources Institute. <https://es.wri.org/proyectos/reto-de-edificios-eficientes>

¿Quieres publicar en esta revista?

  **Enviar artículo**

Síguenos en nuestras redes:



¿Dudas o sugerencias? Escríbenos a:

sketchin@uaq.mx

REVISTA REGISTRADA EN:



VISITA NUESTRO

FISI

CAST

Escucha de la voz de los autores, entrevistas y comentarios relacionados a sus artículos.

Disponible en:



MÁS REVISTAS UAQ EN:



revistas.uaq.mx



ingenieria.uaq.mx

Edición cuidada, diseñada y maquetada por

 **DESPACHO DE PUBLICACIONES**

Visítanos y conoce las publicaciones que la **FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO** tiene para ti:

