

## **Desempeño energético de viviendas sociales en Colima, México: cumplimiento NOM-020-ENER-2011, optimización mediante aerogeles de sílice**

Energy performance of social housing in Colima, Mexico: compliance with NOM-020-ENER-2011, optimization through silica aerogels.

Desempenho energético de habitações sociais em Colima, México: conformidade com NOM-020-ENER-2011, otimização utilizando aerogéis de sílica.

Carlos Cesar Morales Guzmán,

Doctor en Arquitectura y Doctor en Estructuras para la Edificación, Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana.

dr.arqmorales@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4499-6968>

Enrique de Jesús Aviña Hernández,

Arquitecto, MSc (c) en Arquitectura, Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

g2346002@colima.tecnm.mx

 <https://orcid.org/0009-0000-8539-8422>

Luis Aarón García Solórzano,

Doctor en Arquitectura, Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

laaron.garcia@colima.tecnm.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-8130-0317>

Jesús Solís Enríquez,

MSc. en Arquitectura, Tecnológico Nacional de México, Campus Colima.

jesus.solis@colima.tecnm.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-9267-6045>

Recibido: noviembre 06 de 2024

Aceptado: febrero 12 de 2024

Publicado: mayo 15 de 2025

---

## Resumen

El objetivo principal de esta investigación es evaluar, mediante la NOM-020-ENER-2011, el desempeño energético de una típica vivienda de interés social en el estado de Colima, México. Debido a su configuración arquitectónica, proceso constructivo y selección de materiales, se observa que estas viviendas no cumplen con los requisitos establecidos por dicha norma. Para subsanar esta deficiencia, se propone implementar un mortero de cal con aerogel de sílice como aislante térmico en la envolvente de la vivienda de este tipo. Este enfoque tiene como finalidad reducir las emisiones de carbono equivalentes, mitigar las ganancias y pérdidas de calor en el interior del espacio habitable y promover la creación de edificaciones energéticamente eficientes, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU. Los resultados experimentales demuestran que los morteros modificados con aerogeles de sílice presentan una conductividad térmica significativamente baja. Asimismo, su peso volumétrico es inferior al de los morteros convencionales, lo que refuerza su idoneidad para aplicaciones correctivas en edificaciones construidas antes de la implementación de la Norma Oficial Mexicana. Este enfoque innovador no solo representa un avance significativo en el campo del aislamiento térmico, sino que también contribuye al desarrollo de soluciones sostenibles para la industria de la construcción, abriendo la puerta a estructuras más eficientes energéticamente y respetuosas con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Aerogel de sílice; Aislante térmico; Eficiencia Energética; Conductividad Térmica; Agenda 2030.

## **Abstract**

The main objective of this research is to evaluate, through the NOM-020-ENER-2011 standard, the energy performance of a typical social housing unit in the state of Colima, Mexico. Due to its architectural configuration, construction process, and material selection, it has been observed that these dwellings do not meet the requirements established by this standard. To address this deficiency, the implementation of a lime mortar with silica aerogel as thermal insulation in the building envelope is proposed. This approach aims to reduce equivalent carbon emissions, mitigate heat gains and losses within the living space, and promote the creation of energy-efficient buildings aligned with the United Nations' 2030 Agenda for Sustainable Development Goals (SDGs). The experimental results will demonstrate that mortars modified with silica aerogels exhibit significantly low thermal conductivity. Furthermore, their volumetric weight is lower than that of conventional mortars, reinforcing their suitability for corrective applications in buildings constructed prior to the implementation of the Official Mexican Standard. This innovative approach not only represents a significant advancement in the field of thermal insulation but also contributes to the development of sustainable solutions for the construction industry, paving the way for more energy-efficient and environmentally friendly structures.

**Keywords:** Silica aerogel; Thermal insulation; Energy Efficiency; Thermal Conductivity; 2030 Agenda.

## **Resumo**

O principal objetivo desta pesquisa é avaliar, por meio da norma NOM-020-ENER-2011, o desempenho energético de uma típica habitação de interesse social no estado de Colima, México. Devido à sua configuração arquitetônica, processo construtivo e seleção de materiais, observou-se que essas habitações não cumprem os requisitos estabelecidos por essa norma. Para corrigir essa deficiência, propõe-se a implementação de uma argamassa de cal com aerogel de sílica como isolamento térmico na envolvente da edificação. Esta abordagem visa reduzir as emissões de carbono equivalentes, mitigar os ganhos e perdas de calor no interior do espaço habitável e promover a criação de

edificações energeticamente eficientes, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU. Os resultados experimentais demonstrarão que argamassas modificadas com aerogel de sílica apresentam condutividade térmica significativamente baixa. Além disso, seu peso volumétrico é inferior ao das argamassas convencionais, o que reforça sua adequação para aplicações corretivas em edificações construídas antes da implementação da Norma Oficial Mexicana. Essa abordagem inovadora não só representa um avanço significativo no campo do isolamento térmico, como também contribui para o desenvolvimento de soluções sustentáveis para a indústria da construção, abrindo caminho para estruturas mais eficientes energeticamente e ambientalmente responsáveis.

**Palavras-chave:** Aerogel de sílica; Isolamento térmico; Eficiência energética; Condutividade térmica; Agenda 2030.

## **Introducción**

La innovación y el progreso tecnológico son claves para descubrir soluciones duraderas para los desafíos económicos y medioambientales, como el aumento de la eficiencia energética y de recursos. En este sentido, una tendencia en combinación de materiales ligeros y altamente aislantes conocidos como aerogeles ha surgido como una alternativa prometedora en la búsqueda de soluciones sostenibles en la arquitectura (ONU, 2023).

La búsqueda de mejorar la eficiencia energética de las edificaciones centra este trabajo en el campo de investigación del aislamiento térmico, según Margarida (1983), concepto que para muchas personas, cubre la noción de economía de energía, pues reduce el consumo de combustibles.

Reducir el consumo de energía en los hogares es esencial para contrarrestar los efectos ambientales y el calentamiento global. La mitad de los recursos energéticos son utilizados por las viviendas y los sistemas urbanos. Para mejorar el medio ambiente, preservar los recursos naturales para las generaciones futuras, elevar el nivel de vida de

la población y promover el ahorro y la conciencia ambiental, es vital implementar políticas y soluciones como la eficiencia energética (SEDATU, 2022).

Algunas técnicas del modelo de vivienda sustentable se conforman de soluciones tecnológicas de eficiencia energética y energías renovables, como calentadores solares, iluminación de bajo consumo, aislamiento térmico en techos y paredes, y aires acondicionados de alta eficiencia (CONAVI, 2021).

Según SENER (2023), en México el acondicionamiento térmico de edificaciones repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción. Por lo tanto, el objetivo central de este estudio fue desarrollar los cálculos de ganancias de calor por radiación y conducción de una típica vivienda de interés social, aplicando la NOM-020-ENER-2011. Se evaluó la optimización del desempeño energético de la vivienda, mediante el uso de mortero de cal con aerogeles de sílice en su envolvente térmica.

El aerogel es un sólido mesoporoso, derivado de un gel, donde la fase líquida fue reemplazada por un gas durante la síntesis química, generando una red interna de poros de alrededor de 90-99.8% (Sanz Pont, 2015). Se implementará un mortero de cal con aerogeles de sílice, principalmente por su alta disponibilidad en la región, como lo son los suelos sedimentarios del estado de Colima, con grandes concentraciones de carbonatos cálcicos, dando viabilidad en la disposición de recursos.

Lo anteriormente descrito es de interés para todo el sector de la construcción en México, ya que la evaluación que se hizo puede ser replicable en cualquier parte del país, pues las características de las viviendas sociales son muy similares. Especialmente a los desarrolladores que construyen vivienda nueva y las enajenan por medio de los Organismos Nacionales de Vivienda. Estas dan cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 mediante programas como Ecocasa (CONAVI, 2021).

## **Metodología**

### Planteamiento del trabajo

La evaluación de eficiencia energética de una vivienda con la opción de modificar variables, como los materiales empleados, se clasifica dentro de una investigación aplicada, específicamente en el ámbito experimental. Esta investigación busca comprender y evaluar el impacto de ciertas variables manipulables en el caso de estudio que más adelante se describe, sobre el comportamiento térmico y energético de una vivienda.

En el presente se desarrolló el cálculo de la eficiencia energética de una vivienda de interés social, ubicada en la ciudad de Colima, construida con sistemas típicos de la región, como lo son muros de tabicón macizo y losa de concreto maciza; se evaluó su desempeño con y sin el aislante térmico propuesto.

Los valores de conductividad térmica, así como la herramienta donde se hizo la evaluación, fueron seleccionados de la NOM-020-ENER-2011. Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos de eficiencia energética en edificaciones, para reducir el consumo de energía y promover la utilización de fuentes renovables en el sector de la construcción. Busca regular las características y especificaciones técnicas que deben cumplir las edificaciones nuevas y existentes para mejorar su eficiencia energética.

El punto de interés que aborda la norma, para este estudio es el aislamiento térmico, el cual establece los requisitos mínimos para los materiales y sistemas utilizados en la envolvente de los edificios habitacionales, con el fin de reducir las pérdidas y ganancias de calor, contribuyendo así a la eficiencia energética.

### Herramienta de cálculo de la NOM-020-ENER-2011

Esta herramienta de cálculo es la que se utilizó en todo momento para hacer las evaluaciones, pertenece a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, es una aplicación desarrollada en hojas de cálculo de Excel, que facilitan la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones, permitiendo a los profesionales del sector de la

construcción determinar el cumplimiento de los requisitos establecidos por dicha normativa mediante el siguiente proceso:

Datos de entrada: requiere información detallada sobre las características de la edificación, como nombre del propietario del proyecto, nombre del proyecto, domicilio, ubicación geográfica por medio del estado y la ciudad, con lo cual la herramienta determina las condiciones climáticas, número de niveles del proyecto, y la orientación de la fachada principal respecto a los puntos cardinales, tipo de superficie, dimensiones, materiales y sistemas de construcción utilizados (figuras 1 y 2).



**Figura 1.** Datos de entrada; NOM-020 Calculation tool. Fuente: NOM-020, 2023.



**Figura 2.** Datos de entrada; NOM-020 Calculation tool. Fuente: NOM-020, 2023.

Para comprender las virtudes del material que aplicaremos esta herramienta se basa en el aislamiento térmico, el cual debe evitar efectivamente que el calor externo fluya hacia el interior del cuerpo espacial para no afectar el funcionamiento normal de los equipos relacionados con el espacio. Es de gran importancia aumentar la carga útil y el grosor si este lo necesita, para que la densidad del aerogel de sílice se integre al material, esto es de solo unos  $0,08\text{g} / \text{cm}^3$ , y la conductividad térmica a temperatura ambiente es tan baja como  $0016\text{w} / (\text{m} \cdot \text{k})$ , lo que puede satisfacer la demanda aeroespacial de materiales de aislamiento térmico ligeros y eficientes, por lo que el uso en materiales para la vivienda podría funcionar eficientemente.

Simulación energética: utiliza algoritmos y modelos computacionales para simular el comportamiento térmico de la edificación. Estas simulaciones permiten prever el consumo energético esperado y evaluar el desempeño térmico de la edificación proyectada versus la edificación de referencia.

Análisis de resultados: la herramienta genera informes con los datos obtenidos, que incluyen información sobre el consumo de energía previsto, contemplando las pérdidas y ganancias de calor, el cumplimiento de los límites establecidos por la NOM-020-ENER-2011, valores que se resumen como se aprecia enseguida, con la leyenda “Cumple con la norma” (figura 3).



**Figura 3.** Resultados NOM-020 Calculation tool. Fuente: elaboración propia.

### Método de cálculo del presupuesto energético

En primer lugar se describen los cálculos de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado y del edificio para uso habitacional de referencia. Las descripciones y fórmulas que se expresan a continuación son las que la herramienta de cálculo utiliza para evaluar los proyectos que se ingresan a la misma, sin embargo, es importante resaltar, que dichos cálculos se realizaron mediante la herramienta y no de forma manual.

### Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\varphi_p = \varphi_p C + \varphi_p S$$

### Ganancia de calor por conducción

Es la suma de la ganancia por conducción a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, techo y superficie inferior, utilizando la siguiente ecuación:

$$\varphi_p C = \sum_{i=1}^6 \varphi_p C_i$$

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\varphi_p C_i = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ji} \times (t_{ii} - t)]$$

### La ganancia de calor por radiación

Es la suma de la ganancia por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\varphi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \varphi_{psi}$$

La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación  $i$ , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

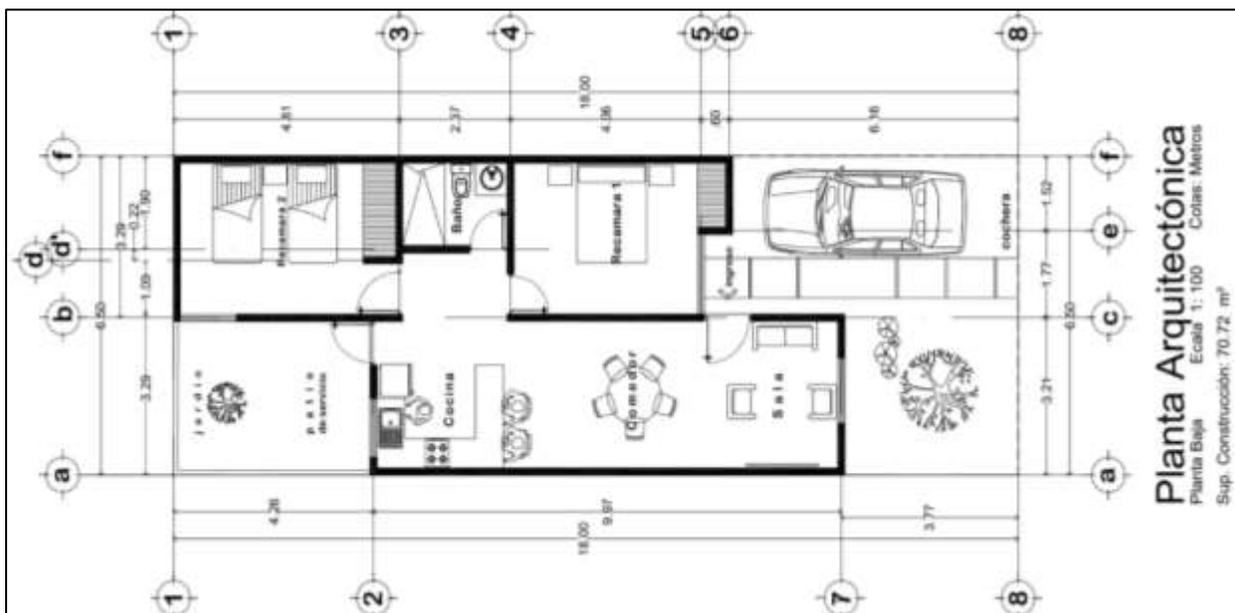
$$\varphi_{psi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_i \times SE_{ij}]$$

Explicado las ecuaciones anteriores y las herramientas de cálculo que se utilizarán en esta determinación de eficiencia energética en las viviendas de Colima, podremos desarrollar diferentes cálculos de productos aislantes para determinar el óptimo, pero para nuestro caso será el mortero de aerogel de sílice.

## Resultados

### Desarrollo del cálculo de la eficiencia energética de una vivienda de interés social en la ciudad de Colima, México.

Para el cálculo de la eficiencia energética de una vivienda de interés social en Colima, se tomó el siguiente prototipo (figura 4), el cual contempla un sistema convencional de mampostería confinada, con muros de 14 cm tabicón de cemento-cal, enjarres de 2 cm de espesor con mortero de cemento-cal-arena y losa maciza de concreto de 10 cm, con una altura de entrepiso de 2.70 m.



**Imagen 4.** Plano arquitectónico vivienda social. Fuente: elaboración propia.

Utilizando la herramienta de cálculo de la NOM-020-ENER-2011 se obtuvo la primera evaluación (imagen 5), sin considerar aislante térmico, por lo cual se puede observar la ganancia térmica que obtuvo sin ningún aislante.

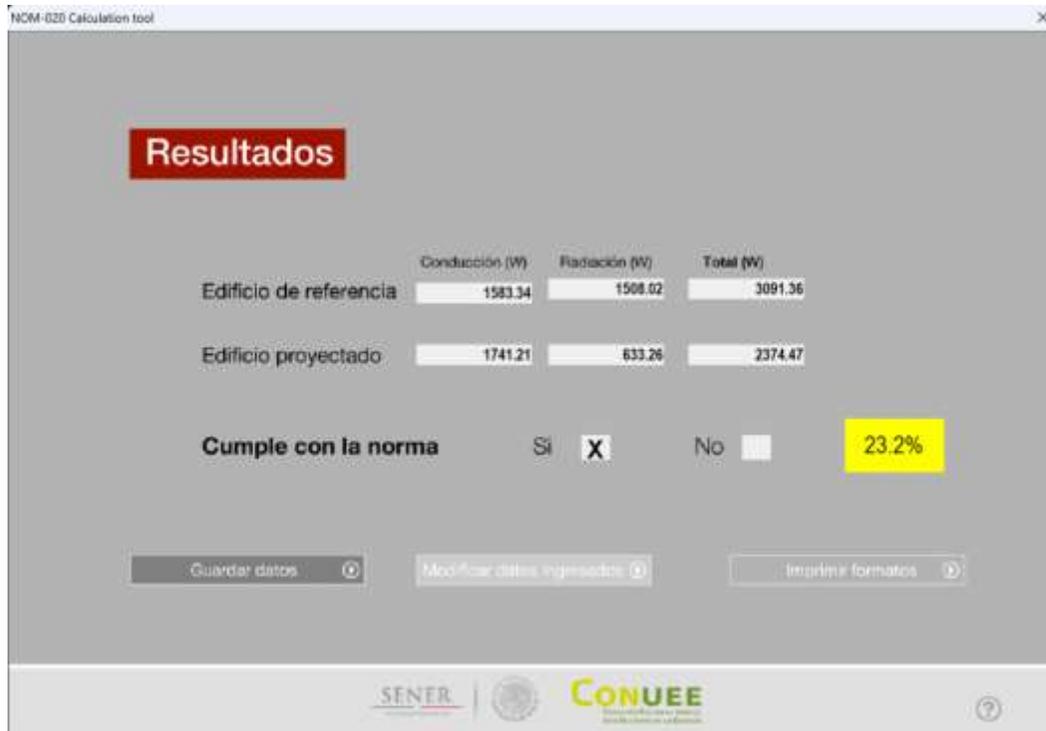


**Imagen 5.** Resultados simulación sin aislante; NOM-020 Calculation tool. Fuente: elaboración propia.

Podemos observar que las viviendas construidas con el sistema tradicional en la ciudad de Colima, NO CUMPLEN con la Norma Oficial Mexicana, lo cual se traduce en que las familias tendrán que hacer un gasto económico mayor para el acondicionamiento térmico, generando a su vez, mayores emisiones de CO<sub>2</sub>e en toda la vida del inmueble.

En la segunda evaluación (figura 6) se hace la propuesta de implementar el mortero de cal y aerogel de sílice en toda la superficie de la envolvente, tanto en muros como losa, aplicado con un espesor de 2 cm. Se utilizó el valor de conductividad térmica  $\lambda = 0.028 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ , determinado por el Instituto Suizo Federal para la Ciencia de Materiales (Stahl, T., 2012).

En cuanto a los demás parámetros como ventanas y puertas, se mantienen los valores iniciales, así como los valores del edificio de referencia normalizada en el manual de la Norma Oficial Mexicana.



**Figura 6.** Resultados simulación con aislante; NOM-020 Calculation tool. Fuente: elaboración propia.

Podemos analizar cómo, haciendo los cambios mencionados, la misma vivienda ahora CUMPLE con la NOM-020-ENER-2011. Se logró una reducción en el Edificio proyectado de 5984.5 W a 2374.5 W, hablamos de un 60.32% menos de ganancias de calor.

Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2020), en el estado de Colima hay 226,853 viviendas, comparado esto con los datos de producción de vivienda del Registro Único de Vivienda (RUV), donde se tiene registros desde el 2013 al 2023, en el estado de Colima se han construido en total 28.582 viviendas, sin embargo, el proyecto de la NOM-020-ENER nació en 2010, de donde se derivó el programa de Hipoteca Verde del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), desde entonces se empezó a requerir

aislante térmico en muros y losas. Considerando el promedio de viviendas producidas de 2013 y 2014 según el RUV, entre 2010 y 2012 se habrían producido al menos 9,000 viviendas.

Por lo anterior, se calculó que en el estado de Colima hay al menos 189,271 viviendas que nunca fueron evaluadas mediante los criterios de la NOM-020-ENER-2011. Esto no implica necesariamente que estas no cuenten con un diseño bioclimático, o alguna otra estrategia que mejore el desempeño térmico de la vivienda. Sin embargo, podemos inferir que hay un gran mercado potencial en el Estado y por lo tanto en el país, que pudiera mejorar la eficiencia energética de su edificación.

De esta forma, se abre una nueva posibilidad para que las viviendas no consideradas en el RUV, logren cumplir con la norma, aportando así, en el cumplimiento de los Objetivos 9 y 11 de la Agenda 2030 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, “Industria, Innovación e Infraestructura”, principalmente por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e.

#### Recomendaciones de mejora del confort.

Una de las premisas para que el aislamiento térmico en aerogel de sílice tenga una mejor eficiencia energética dentro de una vivienda, dependerá también de la orientación del espacio donde se encuentra ubicado dicha edificación, ya que independientemente de la alta resistencia térmica del material, este puede ir deteriorándose con el paso del tiempo, pero una buena orientación siempre tendrá un factor favorable de aprovechamiento dentro de su contexto. Debido a que la ganancia de calor a través de las paredes varía según la orientación, se establecen en esta Norma Oficial Mexicana las siguientes convenciones:

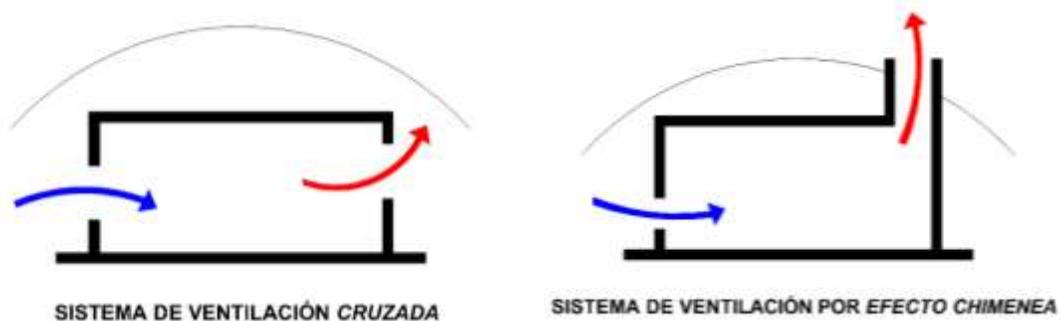
**Norte:** cuyo plano normal está orientado desde 45° al oeste y menos de 45° al este del norte.

**Este:** cuyo plano normal está orientado desde 45° al norte y menos de 45° al sur del este.

**Sur:** cuyo plano normal está orientado desde 45° al este y menos de 45° al oeste del sur.

**Oeste:** cuyo plano normal está orientado desde 45° al sur y menos de 45° al norte del oeste.

Por lo anterior, se deben considerar técnicas bioclimáticas en el espacio arquitectónico de la vivienda, hay varios tipos de soluciones que pueden tener muchas formas, para este caso podemos aplicar dos principios de ventilación. La ventilación cruzada, que sirve para regular la termicidad dentro del espacio de un edificio y la ventilación higiénica, que sirve para sacar el aire viciado del interior. Entendido esto, se pueden obtener mejores resultados en los análisis de ganancia térmica. Uno de los modelos bioclimáticos que se pueden aplicar a la vivienda es el efecto chimenea y la ventilación cruzada, estos serán los elementos que se integren directamente a cualquier proyecto, ya que la disposición de la forma de estas ventilaciones ayuda a que el aire exterior ingrese al interior de forma acelerada, creando un confort más óptimo para el usuario como se aprecia en las figuras 7 y 8 (Morales, 2023; Morales, 2022; Ching, 2015).



**Figuras 7 y 8.** La aplicación de los vientos como concepto servirá para obtener un modelo con un mejor confort. Fuente: Morales, 2022.

La orientación de la vivienda también marcará las condiciones y requerimientos del modelo conceptual y constructivo de dicha edificación, ya que la orientación incide sobre las fachadas de una vivienda y puede elevar la temperatura o bajarla, esta

orientación tiene como condición que en las áreas orientadas a los vientos dominantes se tendrán que colocar dispositivos aceleradores de aire o ventanas grandes para el paso de los vientos, y en las áreas del sur se colocarán ventanas chicas o protecciones solares, estas pueden variar dependiendo en qué condiciones se encuentre la incidencia solar (Moreno, 1991; Oglay, 2019).

Esto implica que la configuración de la vivienda debería de llevarse a cabo desde el principio de conceptos bioclimáticos que sirve para comprobar el tipo de herramientas y accesorios que se deben utilizar dentro del espacio arquitectónico, haciendo que su integración al contexto sea más agradable y confortable para su crecimiento en el entorno, logrando así que las comprobaciones de aislamiento sean más bajas en transferencia térmica (Morales, 2023; Morales, 2022).

## **Discusión**

La problemática de no realizar un análisis y diagnóstico de los materiales en los anteproyectos habitacionales, en México, ha ocasionado que el desarrollo de la vivienda de interés social sea cada vez menos confortable, y esto se debe a que los profesionistas desde su formación no han tenido la capacitación o el interés de formarse en esta disciplina, la cual cada vez tiene un papel más relevante importante en el mundo, debido a que el aumento de las temperaturas a nivel global es cada vez más alto, y parte de esta contaminación térmica es ocasionada por una mala proyección en la edificación, ya que posteriormente por este defecto se tienen que contemplar equipos de acondicionamiento climático, por ello es importante concientizar en las dependencias públicas y privadas de realizar los estudios detallados de este tipo de trabajos, que bien empleado pueden generar espacios habitacionales eficientes, y como consecuencia se lograría la disminución del uso de tecnologías como el aire acondicionado, es imposible no tener en cuenta este tipo de equipos, pero sí disminuir su uso constante (Izard, 1980).

Una propuesta aquí utilizada para obtener espacios con mejores características constructivas en el emplazamiento fue generar la utilización de materiales innovadores como el aerogel de sílice, que ayuda a impedir la transferencia de calor en los materiales

primarios, en este caso el mortero, en donde se verifica con los cálculos de la NOM-020, la transferencia de calor que ganan los muros y las losas dentro de una vivienda. Estos datos son necesarios para generar un primer diagnóstico, en este caso se desarrolló una comparativa de un mortero normal y uno con aerogel de sílice, el cual brindó información que puede beneficiar a generar un espacio habitable más confortable, y así obtener mejores resultados en el diseño de las viviendas, ya que los elementos de la forma arquitectónica se deberían de adaptar a su contexto, lo lamentable es que para este caso de estudio los desarrolladores no contemplaron ningún espacio verde para las viviendas, el cual aportaría esquemas de control para la protección solar y elementos estructurales que pueden ayudar al ingreso total del aire dentro del espacio arquitectónico (Rodríguez, 2015).

En México existen instituciones como la Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Cristóbal Colón, Universidad Nacional Autónoma de México, entre otras, las cuales desarrollan dentro de sus carreras y posgrados las competencias necesarias del diseño bioclimático, del cual subderivan varias subdisciplinas aplicadas al mejoramiento del confort dentro del espacio arquitectónico, lo que lleva a mantener premisas de diseño que generen una figura más confortable para cada hábitat de la edificación.

Si bien se han mencionado los beneficios del aerogel de sílice, su implementación no está exenta de limitaciones y desafíos significativos. En primer lugar, su costo de producción lo coloca en desventaja frente a otros materiales aislantes más económicos, como la lana mineral o el poliestireno expandido, que ofrecen un desempeño térmico suficiente a un costo menor. Además, el aerogel de sílice posee una fragilidad mecánica considerable, lo que demanda cuidados específicos durante su transporte, manipulación e instalación, incrementando los costos operativos y el tiempo de construcción (Kim & Lee, 2020).

En México no existen fabricantes locales de aerogel de sílice, lo que obliga a su importación y eleva aún más los costos, por tanto, su uso se ha limitado principalmente a edificaciones de alto rendimiento energético como laboratorios, museos o edificios corporativos, donde el costo elevado se justifica por la necesidad de minimizar las pérdidas térmicas (Valdez Cano, 2023).

En consecuencia, aunque el aerogel de sílice presenta claras ventajas en términos de aislamiento térmico, no es una solución universal ni la única respuesta viable para mejorar la eficiencia energética en edificaciones. Se ha planteado su uso en una matriz de mortero, buscando reducir los costos del producto final, además de la practicidad para ser aplicado en viviendas ya existentes, previas a la norma oficial mexicana.

## **Conclusión**

Se contrastaron los datos obtenidos antes y después de la introducción del aislante térmico propuesto. Se analiza el impacto en la eficiencia energética, evaluando la reducción del consumo de energía por ganancias de calor, así como la mejora en el confort térmico dentro de la vivienda. Estos materiales vanguardistas suelen mostrar deficiencias en sus propiedades mecánicas además de presentar un coste mayor. Sin embargo, destacan por exhibir las conductividades térmicas más bajas en comparación con los materiales aislantes tradicionales (Valdez Cano, 2023).

La aplicación de este aislante en la envolvente térmica de viviendas existentes permitió cumplir con los requisitos de la NOM-020-ENER-2011, evidenciando una reducción significativa en las pérdidas de calor, reflejando un avance hacia la eficiencia energética y sostenibilidad.

Con estos resultados, se podría iniciar mesas de diálogo ante las entidades pertinentes mencionadas con anterioridad para crear programas de intervención, donde se pueda plantear la producción local de materiales innovadores, en este caso el aerogel de sílice, para incentivar la investigación e implementación de métodos de aislamiento en viviendas previas y no consideradas en la NOM-020-ENER-2011, con lo cual, se podría aportar significativamente en la reducción de emisiones de carbono equivalentes.

Considerando la aplicabilidad de este enfoque en otras regiones del país con características similares, se sugiere extender este estudio a nivel nacional para identificar el potencial de mejora en eficiencia energética sobre un mayor número de viviendas y así impulsar estrategias más amplias de desarrollo sostenible en el sector de la construcción.

Por otra parte, la inclusión de técnicas bioclimáticas ayudaría mucho a que la transferencia energética bajara en los espacios de una vivienda, ya que las orientaciones de una edificación podrían proporcionar formas más provechosas para evitar el aumento energético dentro del espacio arquitectónico. Estas premisas jugarían un papel principal para evitar construcciones de mala calidad y de poco estudio en el uso de ventanas adecuadas y protecciones para la radiación solar, las cuales hacen que una edificación tenga un confort adecuado.

Este estudio no solo resalta la importancia de la innovación en materiales de construcción, sino que también destaca la necesidad de políticas y programas que impulsen la adopción de soluciones sostenibles en el sector de la vivienda para alcanzar los ODS y mitigar el impacto ambiental en México.

## Referencias

Ching, F. D. K., & Shapiro, I. M. (2015). *Arquitectura ecológica. Un manual ilustrado*. Gustavo Gili.

Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). (2021). *Manual para la Vivienda Sustentable*. CONAVI-SEDATU.

<https://www.gob.mx/conavi/prensa/presento-la-conavi-manuales-para-la-construccion-de-viviendas-sustentables?idiom=es>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de población y vivienda 2020*.  
[https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Resultados\\_generales](https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Resultados_generales), consultado el 20 de noviembre de 2023.

Izard, J.-L., & Guyot, A. (1980). *Arquitectura bioclimática*. Gustavo Gili.

Kim, J., & Lee, J. (2020). Economic feasibility of silica aerogel applications in energy-efficient buildings. *Journal of Building Performance Simulation*, 13(3), 321-336.  
<https://doi.org/10.1080/19401493.2020.1714964>

Margarida, M. (1983). *Aislamiento Térmico*. Editores Técnicos Asociados.

Morales, C.C. (2023). Recuperación de áreas urbanas para uso de recreación con diseños de cubiertas ligeras. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 25(2), 23-35.  
<https://doi.org/10.14718/REVARQ.2023.25.4608>

Morales, C.C (2022). Análisis y diagnóstico bioclimático de las viviendas de interés social de la ciudad de Poza Rica, Ver. *Revista Módulo Arquitectura* (Bogotá), 29(1).  
<http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.29.1.2022.07>

Moreno, S. (1991). *Colombia: Arquitectura, hombre y clima*. SENA - Universidad Nacional. <https://hdl.handle.net/11404/3626>

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011. (2023).  
<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-calculo-nom-020-ener-2001>

Organización de Naciones Unidas (ONU). (2023). *Infrasestructura sostenible*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

Rodríguez, M. (2005). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Limusa.

Registro Único de Vivienda (RUV). (2023). *Cifras básicas RUV*.  
<https://portal.ruv.org.mx/index.php/cifras-basicas-ruv>

Sanz Pont, D. (2016). Comportamiento térmico y mecánico del yeso con adiciones de aerogel de sílice granulado. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.40773>.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2022). Estrategias para la vivienda sustentable en México. <https://www.gob.mx/sedatu>

Secretaría de Energía (SENER) (2023). *Informe de avances en eficiencia energética en edificaciones en México*. <https://www.gob.mx/sener>

Stahl, T., Brunner, S., Zimmermann, M., & Ghazi Wak, K. (2012). Thermo-hygric properties of a newly developed aerogel-based insulation rendering for both exterior and interior applications. *Energy and Buildings*, 114-117. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.055>

Olgay, V. (2019). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Gustavo Gili.

Valdez Cano, R. (2023). *Aislamiento térmico con aerogel de sílice modificado en un mortero alternativo para envolventes de la edificación* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León].