

# **Análisis de la utilidad de Ener-Habitat para la evaluación del comportamiento térmico de la envolvente en monumentos históricos.**

**Catalina Borbolla Gaxiola<sup>\*</sup>, Luis Rodrigo Zazueta Medina**

*Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Sinaloa*

*Fecha de recepción: 25 de mayo de 2023 - Fecha de aceptación: 23 de abril de 2024*

## **Resumen**

En este artículo se presenta la comparación de los resultados entre el comportamiento térmico de la envolvente de un monumento histórico construido principalmente de mampostería de ladrillo, obtenido por medio de la medición *in situ* de la temperatura en el interior del inmueble, y de la simulación del comportamiento térmico de la envolvente utilizando el software Ener-Habitat. La finalidad principal de realizar esta comparación de resultados es analizar la posibilidad del uso del software Ener-Habitat para evaluar el comportamiento térmico en monumentos históricos, al no haber sido dicha herramienta diseñada con el objeto de ser utilizada en la simulación de sistemas constructivos de monumentos históricos. Con este primer acercamiento, se busca exponer la utilidad de esta herramienta para ser empleada en el estudio del comportamiento térmico de monumentos históricos, tanto para conocer el desempeño térmico de los sistemas constructivos, así como también, como una opción para la simulación de propuestas de intervención para rehabilitación energética de monumentos históricos.

**Palabras claves:** Comportamiento térmico, Monumentos históricos, Ener-Habitat, Simulación, Sistemas constructivos.

## **Analysis of the utility of Ener-Habitat for the evaluation of the thermal behavior of historic buildings**

### **Abstract**

This article presents the comparison of the results of the thermal behavior of historic buildings built mainly of brick masonry, obtained by *in-situ* measurement of the temperature inside the building, and the simulation of the thermal behavior using the Ener-Habitat software. The main purpose of carrying out this comparison is to analyze the possibility of using the Ener-Habitat

---

\*catalinaborbolla@uas.edu.mx

software to evaluate the thermal behavior in historical buildings, since the tool was not designed with the aim of being used in the simulation of construction systems of historical buildings. With this first approach, we seek to expose the usefulness of this tool to be used in the study of the thermal behavior of this kind of buildings, both to know the thermal performance of construction systems, as well as an option for the simulation of intervention proposals for energy rehabilitation of historical buildings.

**Key Words:** Thermal behavior, Historical monuments, Ener-Habitat, Simulation, Construction systems.

## Introducción

La simulación del comportamiento térmico de la envolvente de un edificio por medio de programas computacionales es una herramienta útil para seleccionar y adecuar el sistema constructivo de techos y muros hacia uno que presente un mejor desempeño térmico de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar. De acuerdo a Silva (2019), para estudiar el comportamiento de los edificios y desarrollar métodos de evaluación, tecnologías y estrategias para alcanzar cierto nivel de rendimiento, deben considerarse diversos aspectos, como: el diseño arquitectónico; los materiales y componentes de la envolvente; la forma y el tamaño de las zonas térmicas; la orientación solar, las rutinas operacionales, entre otros.

El uso de este tipo de herramientas tiene especial importancia en los monumentos históricos, puesto que estos requieren de un mayor cuidado al momento de realizar adecuaciones relacionadas al cambio de uso adaptativo, y para la obtención de una mejor eficiencia energética y condiciones de confort térmico. Así mismo, durante años recientes han aumentado las publicaciones referentes al estudio del comportamiento higrotérmico de inmuebles con valores patrimoniales (Šekularac, Ivanović-Šekularac, Petrovski, Macut, y Radojević, 2020; Bichlmair, Krus y

Kilian, 2019; Bughrara, Durmus Arsan y Gökçen Akkurt, 2018; Johansson, Donarelli y Strandberg, 2018), y se ha evidenciado la importancia del uso de herramientas computacionales para el diagnóstico de inmuebles históricos.

Por otro lado, los sistemas constructivos de los inmuebles históricos, a diferencia de las edificaciones actuales, son conocidos por adaptarse mejor a las condiciones del medio natural (Erlj, 2004), puesto que para su construcción eran empleados materiales locales a prueba de las condiciones climáticas, además que los sistemas constructivos se conformaban respetando principios bioclimáticos que permitieran regular el clima interior de los inmuebles, hacía uno más comfortable (Rojo, 2008). Entendiendo sistema constructivo como "conjunto de elementos que conforman físicamente una obra arquitectónica y junto con los materiales empleados son estos los que caracterizan el estilo de la arquitectura regional o local" (Díaz, Fuentes y Pérez, 2005). Sin embargo, con el paso del tiempo y cambio de usos, sufren modificaciones que alteran su capacidad de adaptación al medio natural, comprometiendo la confortabilidad interior del inmueble, recurriendo al uso de sistemas de acondicionamiento artificial (figura 01) como solución al problema.



Figura 01. A la izquierda, inmueble del Museo de Arte de Sinaloa (MASIN) donde se observa patio central techado con estructura metálica e instalación de aire acondicionado. A la derecha, inmueble del Archivo Histórico General del Estado de Sinaloa, donde se observa la instalación de aire acondicionado en oficinas de planta baja.

Fuente: Autoría propia

En este sentido, es importante considerar que, el clima interior es un aspecto esencial de la gestión de los edificios históricos, como por ejemplo el de aquellos que albergan colecciones culturales. El uso y la preservación del edificio y de la colección, así como el costo financiero y el impacto ambiental relacionados con el uso de la energía dependen del alcance del control del clima interior (Leijonhufvud y Broström, 2016). Por lo tanto, la existencia de las condiciones climáticas interiores adecuadas en los inmuebles históricos es fundamental para su conservación, sin embargo, el conocer cómo se comportaría una adecuación al sistema constructivo en estos inmuebles, antes de realizarla, es de gran importancia. Puesto que en el proceso de intervención deben ser respetadas las características físicas y culturales que les otorgan valor patrimonial a dichos inmuebles.

Partiendo de un caso de estudio ubicado en la ciudad de Culiacán, donde se realiza el diagnóstico del desempeño higrotérmico de un monumento histórico, se emplea una metodología mixta con la finalidad de corroborar la información obtenida por medio de Ener-Habitat. Se empleó dicho

software, puesto que da la posibilidad de realizar pruebas de sistemas constructivos antes de realizar intervenciones en los inmuebles históricos. Sin embargo, fue necesario corroborar los datos obtenidos con Ener-Habitat, y observar si los resultados coinciden con los obtenidos por medio de la monitorización *in situ*, ya que Ener-Habitat no fue diseñado originalmente para ser empleado en inmuebles históricos. Con esto, se espera contribuir en la generación de información para que la herramienta sea considerada como una opción para futuras investigaciones que involucren a inmuebles considerados monumentos históricos.

### Software Ener-Habitat

La herramienta Ener-Habitat fue elaborada con apoyo del Fondo SENER-CONACyT Sustentabilidad Energética en su convocatoria 2009-01, dentro del proyecto titulado Desarrollo y validación de una metodología para estimar los impactos en el ahorro de energía por el uso de sistemas pasivo-constructivos en la edificación para diferentes climas de México.

El Software Ener-Habitat se utiliza para el diseño y evaluación de sistemas constructivos en la envolvente del edificio, ayudando en la selección del sistema constructivo adecuado para los muros envolventes y techos en climas mexicanos. Esta herramienta de simulación realiza la denominada simulación numérica de transferencia de calor en función del tiempo, la cual permite "comparar el desempeño térmico de sistemas constructivos de techos y muros de la envolvente de una edificación" (Huelsz, Barrios y Rojas, 2014). Así mismo, es un software de acceso libre, que cuenta con una interfaz sencilla de utilizar, lo cual la convierte en una herramienta útil y accesible.

### **Estudio de caso, el inmueble del Archivo histórico del Estado de Sinaloa**

Los monumentos históricos forman parte del patrimonio edificado de la sociedad, caracterizándose por el uso de materiales y sistemas constructivos diferentes a los utilizados en la actualidad, y en la mayoría de los casos predominando materiales y sistemas constructivos que comparten características similares de acuerdo con la región del país.

En el caso de la ciudad de Culiacán, en la arquitectura patrimonial de la región se utilizó principalmente el ladrillo, el adobe, y en menor medida la piedra como materiales de construcción. De acuerdo con Díaz, Fuentes y Pérez (2005), el uso del ladrillo como material de construcción en México se inició entre los siglos XVII y XVIII, utilizándose "en recubrimientos de azoteas y se combinó con la mampostería para muros, arcos y pilastras"(Ibídem, p. 11).

En lo referente a los sistemas constructivos utilizados en Culiacán, los apoyos continuos (muros) se conformaban de mampostería de ladrillo, adobe o piedra, y son "construcciones con cimentación no armada y muros de ladrillo, cantera... con entortado de mezcla en los muros, hay resaltado en puertas y ventanas con cornisas, alturas por lo regular de 3 a 5 metros" (Catastro, 2022). Las cubiertas eran planas, bóveda franciscana con viguería, y en ocasiones con tapa de ladrillo o con tapa de madera.

El inmueble utilizado como caso de estudio es actualmente el Archivo Histórico General del estado de Sinaloa (figura 02), que por su temporalidad e importancia para la población de Culiacán, es considerado un inmueble con valor patrimonial. Se encuentra localizado dentro del límite del centro histórico de la ciudad de Culiacán, establecido en el Plan Parcial Culiacán Zona Centro (figura 03). Es una construcción que data del periodo colonial, no obstante, ha sufrido múltiples modificaciones por los diversos usos que ha tenido desde que fue construido. Originalmente funcionó como tercerna, después tuvo un uso mixto de vivienda y almacenes, seguido de ser la sede del Colegio Nacional Rosales, para posteriormente ser utilizado como oficinas del Poder Legislativo, el Poder Ejecutivo y el Poder Judicial, hasta llegar a su uso actual. En lo referente a su construcción, era originalmente de una sola planta con muros de adobe, y a finales del siglo XIX fue remodelado y ampliado, agregando muros de mampostería de ladrillo (figura 04), componiéndose así de sistemas constructivos variados.



Figura 02. Fachada principal del Archivo Histórico General del estado de Sinaloa.  
Fuente: Autoría propia

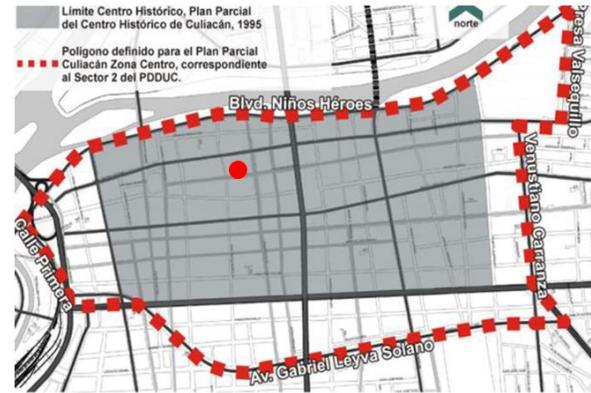


Figura 03. Localización del Archivo Histórico General del estado de Sinaloa y ubicación dentro del polígono límite del centro histórico de Culiacán.  
Fuente: Plan Parcial Culiacán Zona Centro, modificada por el autor.



Figura 04. Muro de fachada principal del inmueble caso de estudio, donde se observa mampostería de ladrillo.  
Fuente: Autoría propia

## Metodología

A continuación se expone la metodología utilizada para realizar la comparación de resultados obtenidos por medio de la monitorización *in situ* y los resultados de la simulación realizada con el software Ener-Habitat, con la finalidad de analizar la precisión de los resultados obtenidos por medio de dicho software.

### *Monitorización in situ*

Para analizar la utilidad de Ener-Habitat en la simulación de inmuebles históricos, se partió de los datos obtenidos por medio de una monitorización *in situ*, la cual fue realizada por medio del uso de data loggers (HOBOS) para espacios interiores y exteriores, lo cuales recopilan datos referentes a la temperatura del aire y la humedad relativa. Fueron colocados en un inmueble con valor patrimonial, y se tomaron mediciones durante dos periodos del año correspondientes al momento más frío y

el más cálido. Durante la temporada cálida, que fue el mes de agosto, los data loggers se

colocaron en tres de sus espacios interiores y en azotea (Figura 05).

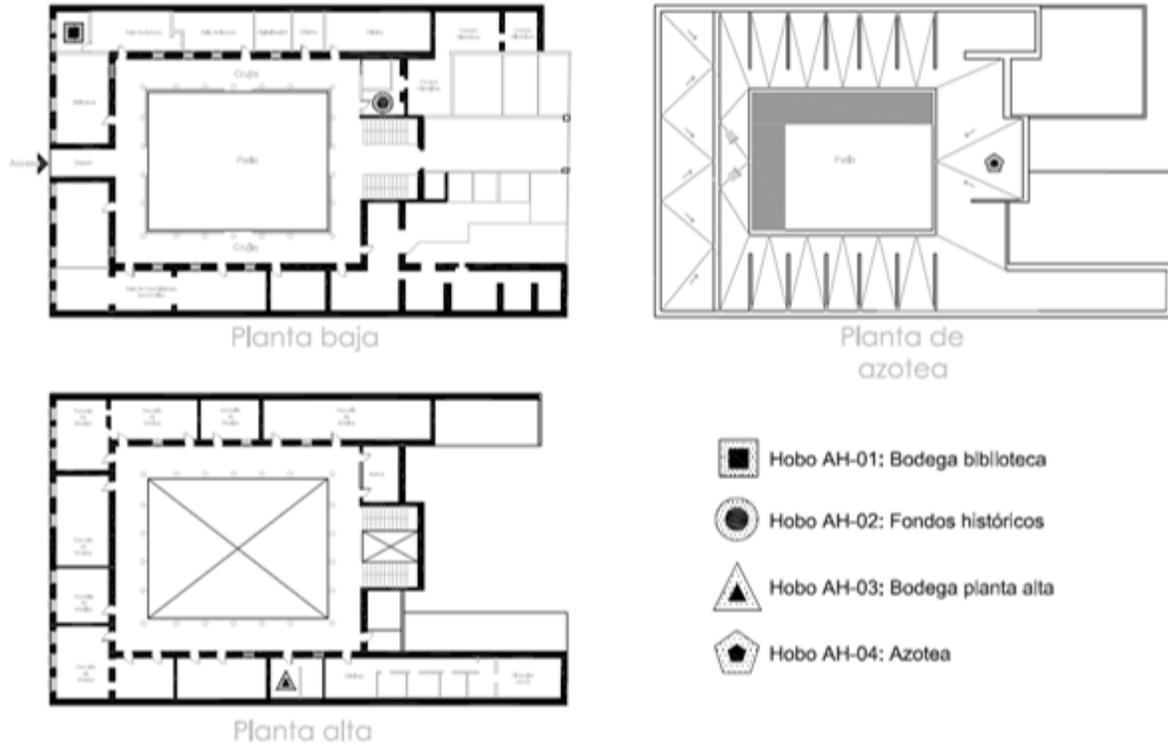


Figura 05. Localización de los Data loggers (HOBOS) en las plantas arquitectónicas; planta alta, planta baja y azotea, durante temporada cálida.

Fuente: Elaboración propia

Los datos recopilados fueron analizados y se obtuvo el promedio por hora durante el periodo de monitoreo, el cual fue de un mes. Es importante mencionar que para realizar la comparación con el software Ener-Habitat se utilizaron los datos de la temporada cálida, al ser esta durante la que se presenta mayor registro de temperatura fuera del rango de confort.

#### **Obtención del rango de confort adaptativo**

Para definir los momentos del día en que las temperaturas recopiladas son confortables, se optó por utilizar un rango de confort adaptativo. De acuerdo a Mauricio Roríz (2003) las personas acostumbradas a "zonas más calientes, por ejemplo serían más intolerantes al frío y aceptarían temperaturas más altas, ocurriendo lo contrario en aquellos

habitados a vivir en regiones más frías"(p. 420). Aunado a lo anterior, se debe señalar que en cualquier ambiente interior o exterior, se presenta una variabilidad temporal de temperatura, lo cual significa que no se tiene una temperatura fija durante el día. Por lo tanto, el modelo de Mauricio Roríz se considera adecuado al estar ubicado el inmueble caso de estudio en una región cálida del país. El modelo de Roríz parte del modelo de Humphreys (2001), el cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$T_n = 11.9 + 0.534 TME$$

A partir de lo cual, "con una franja de tolerancia de  $\pm 2.5^\circ \text{C}$ , y suponiendo que la variación de la línea de confort corresponda al 40% de la amplitud de la variación externa,

se determina una zona de confort variable de una amplitud de 5°C" (p.).

De la temporada cálida, de la cual son tomados los datos para realizar la comparación de resultados, se obtuvo lo siguiente (Figura 06):

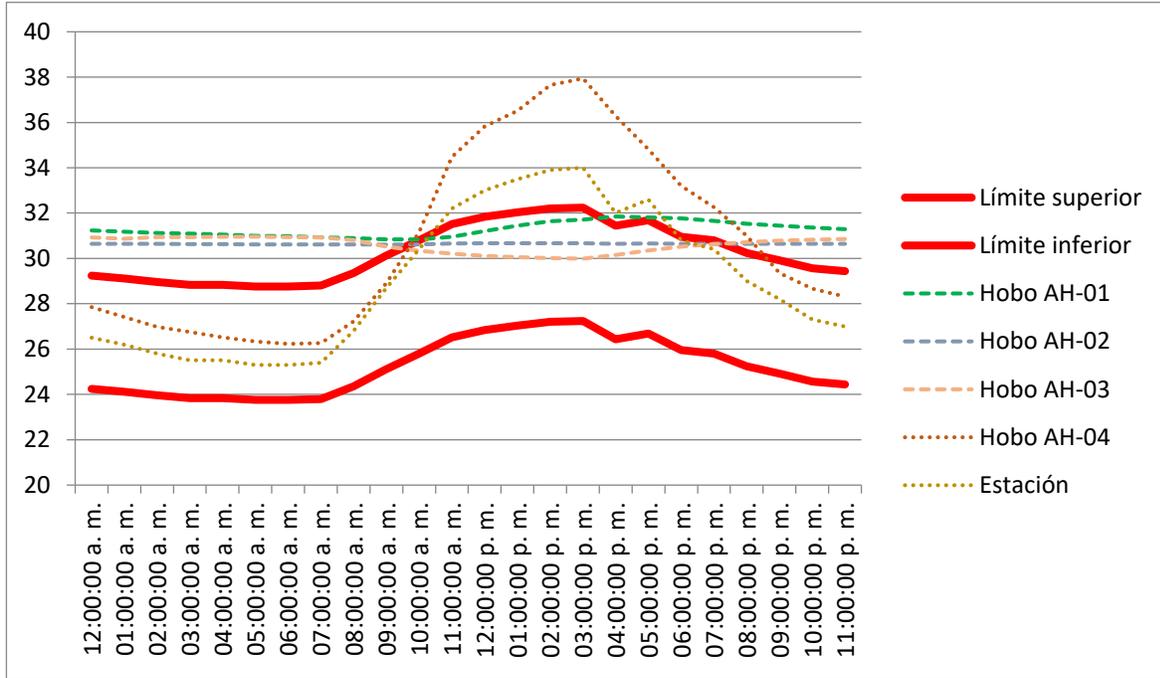


Figura 06. Gráfica del comportamiento de las temperaturas interiores y exteriores obtenidas por medio de monitoreo *in situ*, y los límites superior e inferior del rango de confort adaptativo.

Fuente. Elaboración propia

Los registros de la temperatura del aire interior se obtuvieron a través de los Hobos AH-01, AH-02 y AH-03, mientras que los datos de la temperatura del aire exterior, referentes al microclima de la zona, se obtuvieron con el Hobo AH-04. Así mismo, se incluye la temperatura del aire exterior del mes de agosto utilizando la información de una estación meteorológica localizada en la ciudad de Culiacán, y así como también, se muestran los límites superior e inferior del rango de confort adaptativo.

En espacios interiores se registraron temperaturas entre los 30°C y 32°C, a través de los Hobos AH-01, AH-02 y AH-03. Mientras que las temperaturas exteriores

obtenidas mediante el Hobo AH-04 correspondientes al microclima del sitio, oscilaron entre los 26°C y 38°C, lo cual da

como resultado un amortiguamiento térmico de 12 °C.

**Comparación de resultados de la monitorización *in situ* con la simulación del software Ener-Habitat**

Para estudiar la posible utilidad que puede tener el uso de Ener-Habitat en la simulación de la envolvente de inmuebles históricos, se consideraron las mediciones realizadas durante la temporada cálida del año. Al contar con dicha información, se recurrió a realizar

la simulación de diferentes sistemas constructivos (Tabla 1) con Ener-Habitat. La interfaz de Ener-Habitat requiere del registro de especificaciones generales, comenzando por definir el tipo de sistema, ya sea con capas homogéneas o con una capa no homogénea. La capa homogénea es aquella que tiene un solo material y no tiene huecos de aire, y la capa no homogénea es aquella de dos o más materiales o presenta huecos de aire en su interior (Ener-Habitat, 2020). En la opción de sistemas con capas homogéneas se pueden realizar simultáneamente las evaluaciones de hasta 5 sistemas constructivos.

En este caso se eligió la opción del sistema constructivo con capas homogéneas, al tratarse de muros construidos con ladrillo, sin huecos. Por otro lado, el periodo seleccionado para llevar a cabo la simulación fue el mes de agosto, con condición de uso sin aire acondicionado. Así mismo, para la

simulación se seleccionó la opción muro como sistema constructivo a evaluar con orientación norte. En lo referente al número de capas del sistema constructivo se decidió hacer la simulación sin recubrimientos puesto que la diferencia en el valor de los parámetros de evaluación al usar recubrimiento y no usar, es de 1.5%, no representando un porcentaje relevante (Molar-Orozco y Huelsz-Lesbros, 2017).

Se realizaron tres simulaciones con Ener-Habitat, utilizando los sistemas constructivos descritos en la tabla 01. La primera simulación consistió en comparar Sistema constructivo actual y Sistema constructivo 1. En la segunda simulación se compararon Sistema constructivo 2 y Sistema constructivo 3. Para la tercera simulación se compararon Sistema constructivo 4 y Sistema constructivo 5.

**Tabla 01.**

*Sistemas constructivos empleados para las simulaciones en Ener-Habitat.*

<b>Sistemas constructivos utilizados para las simulaciones</b>	
<b>Nombre de Sistema constructivo</b>	<b>Características</b>
Sistema constructivo actual (S.C.A)	Muro de ladrillo de 0.60 metros de espesor.
Sistema constructivo 1 (S.C.1)	Muro de ladrillo de 0.60 metros de espesor, con poliuretano expandido de 0.10 metros de espesor.
Sistema constructivo 2 (S.C.2)	Muro de ladrillo de 0.60 metros de espesor.
Sistema constructivo 3 (S.C.3)	Muro de concreto de alta densidad de 0.60 metros de espesor.
Sistema constructivo 4 (S.C.4)	Muro de ladrillo de 0.15 metros de espesor
Sistema constructivo 5 (S.C.5)	Muro de concreto de alta densidad de 0.15 metros de espesor.

La simulación 1 tuvo por objetivo identificar si el agregar una capa de poliuretano expandido de 0.10 metros de espesor tendría algún efecto en el comportamiento térmico. Por medio de la simulación 2 se buscó definir si se presentan diferencias significativas en el comportamiento térmico de dos materiales

distintos con un mismo espesor. Con la simulación 3, al igual que con la simulación 2, se intentó identificar si se presentan diferencias importantes en el comportamiento térmico de dos materiales diferentes con un mismo espesor.

## Resultados

Un primer punto a resaltar, es la comparación de la temperatura exterior que genera Ener-Habitat y la temperatura obtenida en los monitoreos *in situ*. Se encontró que, en ambos casos, el rango de temperaturas presenta una oscilación considerable durante el transcurso del día, presentando un promedio de la temperatura más elevada en Ener-Habitat de 36°C, mientras que en los monitoreos se obtuvieron temperaturas entre los 36°C y 38°C, y en los dos casos dicha temperatura se registró alrededor de las 3:00 p.m. Por otro lado, la temperatura más baja durante el día se registró entre los 26°C y 27°C en ambos casos. Con esta información, fue posible verificar que los datos generados por Ener-

Habitat son congruentes y representativos de los datos obtenidos por medio de la monitorización.

Referente a los resultados obtenidos de la primera simulación (Figura 07), se muestra que el comportamiento térmico de ambos sistemas constructivos no presenta diferencias significativas, al presentar los dos un comportamiento lineal que se mantiene entre los 31°C y 32°C durante el transcurso del día. Además, el haber agregado una capa de 0.10 metros de poliuretano expandido en uno de los sistemas constructivos, no ocasiona un mejor desempeño térmico del sistema constructivo, presentándose un comportamiento térmico casi idéntico entre ambos.

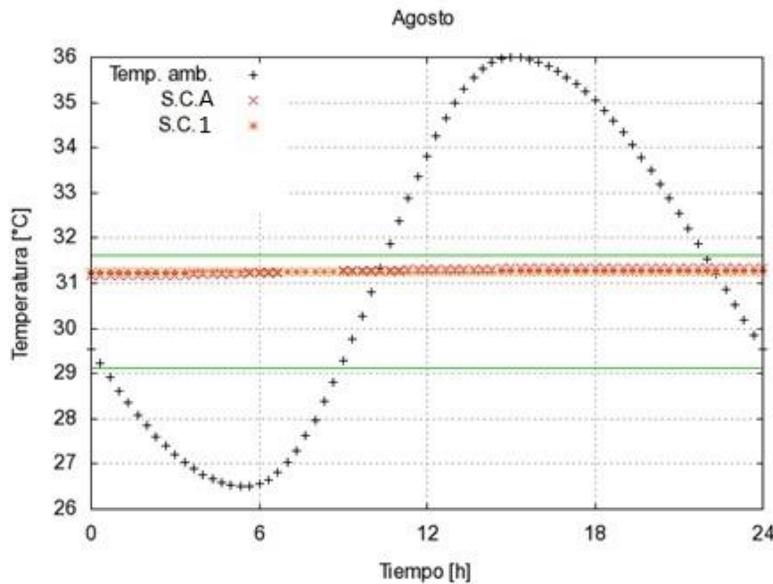


Figura 07. Gráfica del comportamiento térmico obtenido por medio de la simulación 1  
Fuente: Elaboración propia con Ener-Habitat

Al realizar la segunda simulación donde son comparados dos sistemas constructivos distintos con un mismo espesor de 0.60 metros, se obtiene que si bien ambos sistemas constructivos tienen un comportamiento

lineal sin variaciones importantes de temperatura durante el transcurso del día (amortiguamiento térmico), el sistema constructivo SC2 se encuentra dentro del rango de confort, a diferencia del SC3

referente a un muro de concreto de alta densidad, que se localiza fuera de la zona de confort, presentando un superávit de temperatura (Figura 08).

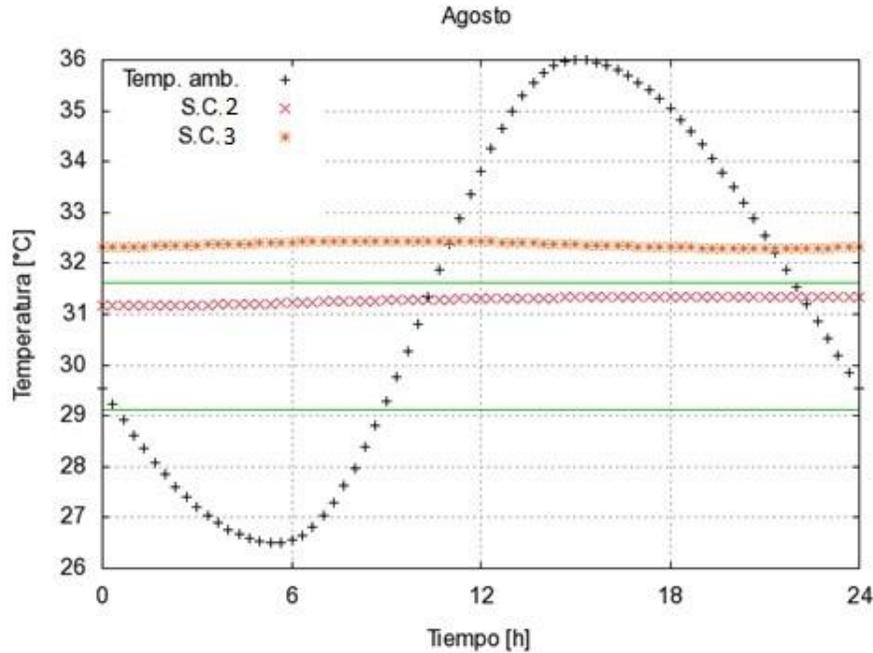


Figura 08. Gráfica del comportamiento térmico obtenido por medio de la simulación 2  
Fuente: Elaboración propia con Ener-Habitat

La tercera simulación tuvo por objeto ayudar a comprender porque los dos sistemas constructivos con materiales distintos utilizados en la simulación 2, tienen un comportamiento similar, por lo cual por medio de la simulación 3 se compararon los mismos materiales de los sistemas constructivos 2 y 3, pero con un espesor diferente, de 0.15 metros.

Se encontró que, al igual que en la simulación 2, el comportamiento térmico es muy similar entre ambos sistemas constructivos, presentando un amortiguamiento térmico similar con variaciones de temperatura muy marcadas durante el día. Así mismo, es importante señalar que el periodo del día cuando se registraron temperaturas dentro de la zona de confort va aproximadamente de 5:00 a.m. a 1:00 p.m. (Figura 09).

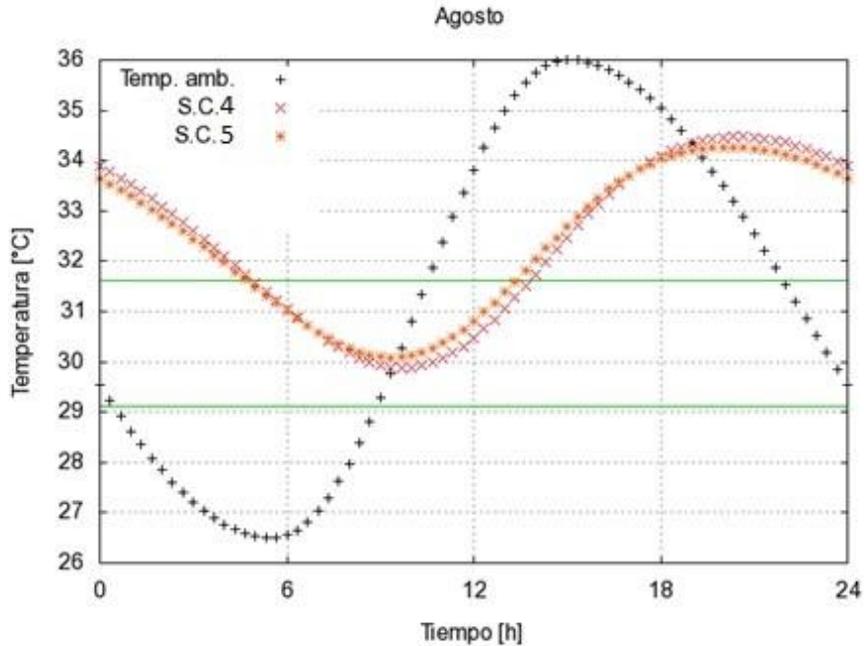


Figura 09. Gráfica del comportamiento térmico obtenido por medio de la simulación 3  
Fuente: Elaboración propia con Ener-Habitat

Por otro lado, el software Ener-Habitat utiliza una zona de confort constante con un rango de temperaturas que va aproximadamente de los 29°C a los 32°C, lo cual representa un rango corto. Mientras que, si fuera utilizado un rango de confort adaptativo, el rango de temperaturas iría de los 24°C a 32°C, ofreciendo un margen más amplio. Esto, fundamentado en lo expuesto por Roríz (2003), quien expresa que la zona de confort debería adaptarse durante el transcurso del día, pues en cualquier ambiente, ya sea interior o exterior, se presenta una variabilidad temporal por más mínima que sea.

Al comparar los resultados de las simulaciones con los resultados obtenidos del monitoreo *in situ*, se pueden observar similitudes importantes. En los monitoreos, los hobos AH-01, AH-02 Y AH-03 presentan un comportamiento casi lineal (Figura 10), sobre todo el Hobo AH-02, con variaciones de máximo 1°C, sin cambios significativos en las temperaturas registradas, manteniéndose entre los 30°C y 32°C. Al igual que en las simulaciones realizadas por Ener-Habitat, donde las temperaturas interiores se localizan entre los 31°C y 33°C, con un comportamiento lineal durante el transcurso del día.

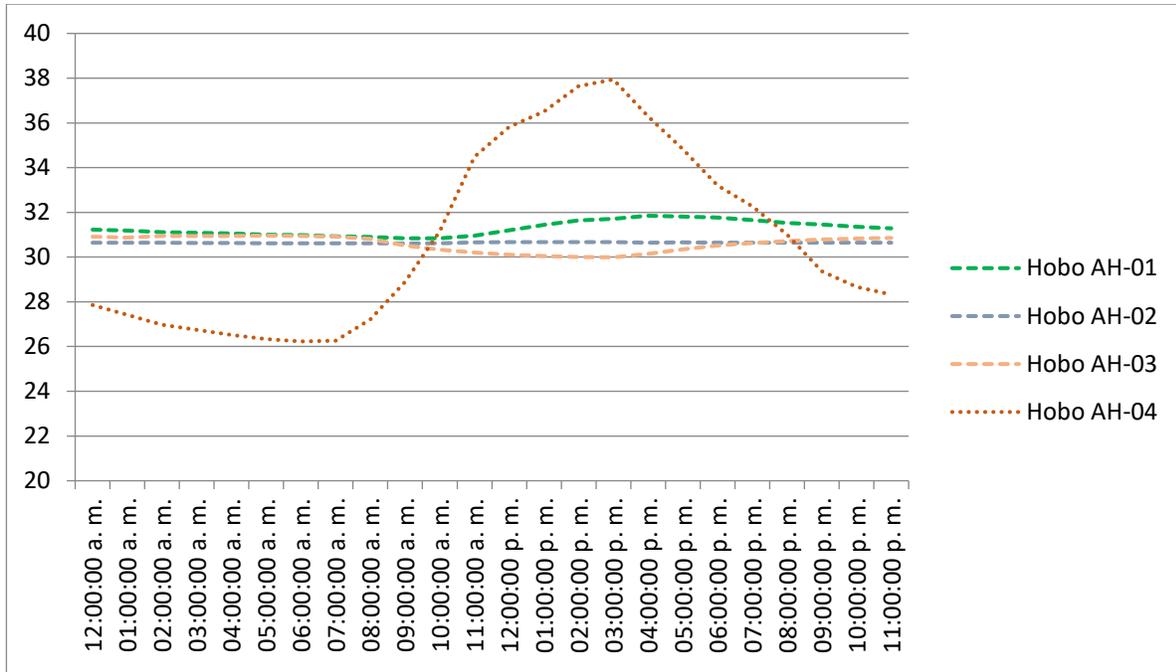


Figura 10. Gráfica del comportamiento de las temperaturas obtenidas por medio de la monitorización *in situ*.  
Fuente. Elaboración propia

Por otro lado, como pudo corroborarse, el efecto que tendría agregar una capa de material aislante en el sistema constructivo actual es mínimo, provocando un comportamiento lineal, pero sin mejoras en lo referente a la disminución de las temperaturas.

Así mismo, la importancia de utilizar grandes espesores en el sistema constructivo de los muros en la ciudad de Culiacán resulta fundamental para obtener espacios interiores con temperaturas confortables, más que el tipo de material empleado. No obstante, el material empleado también mostró tener importancia, especialmente en la simulación 2, al haber sido el factor determinante para que el sistema constructivo se encontrara dentro o fuera de la zona de confort.

La combinación entre el espesor del muro y el material empleado aseguran que el comportamiento térmico sea óptimo al considerar parámetros como el retraso térmico, y el amortiguamiento térmico,

reduciendo el flujo de calor y los desfases de temperatura durante el día.

Así mismo, de acuerdo con los resultados anteriormente mencionados, se detectó una variación de  $\pm 1^\circ\text{C}$  de las temperaturas dadas por Ener-Habitat en comparación con las temperaturas obtenidas *in situ*, lo cual es importante considerar al momento de utilizar el software Ener-Habitat para conocer el comportamiento térmico de los sistemas constructivos.

## Discusión

La utilización del software Ener-Habitat para la simulación del comportamiento térmico de sistemas constructivos empleados en inmuebles históricos es útil, mientras se tengan datos que ayuden a corroborar la información, como lo fue la monitorización *in situ* en este caso. De igual manera es expuesto en la investigación realizada por

Balderrabano-Ayala, Castillo, y Huelsz (2022), donde se expresa la recomendación de que los resultados obtenidos por medio de la simulación con Ener-Habitat deben ser corroborados experimentalmente. Así mismo, de acuerdo a la investigación de Espinosa, Cordero, Ruiz y Roux (2017), se hizo uso del software Ener-Habitat para corroborar información obtenida por medio de monitorización con Data loggers (HOBOS).

Una limitante que podría presentarse en lo referente a la simulación del comportamiento térmico de inmuebles históricos, es que la base de datos de los materiales que pueden ser utilizados para la simulación con esta herramienta podría estar limitada con respecto a materiales utilizados en inmuebles históricos de una temporalidad más antigua. Si bien el usuario tiene la opción de definir sus propios materiales, se deben conocer ciertas propiedades del material como la conductividad térmica, la densidad y el calor específico en unidades del sistema internacional, para asegurar una simulación representativa del sistema constructivo, sobre lo cual se necesita que se realice mayor investigación.

## Conclusiones

En materia de eficiencia energética, el uso del software Ener-Habitat resulta una herramienta útil para abordar estudios que involucren rehabilitación energética de monumentos históricos, puesto que con esta es posible conocer el comportamiento térmico de posibles adecuaciones que contribuyan al ahorro energético de este tipo de inmuebles de una manera sencilla, sin comprometer la integridad de estos.

Para finalizar, se considera una aportación el utilizar la herramienta Ener-Habitat en la simulación del comportamiento térmico de la envolvente de inmuebles con valor patrimonial, considerando que, a pesar de que la herramienta no fue planteada originalmente para este fin, logra representar el comportamiento térmico del edificio al compararse con los datos obtenidos por medio de la monitorización, y esto puede ayudar a que se convierta en una herramienta útil al momento de realizar planes y estrategias de intervención tendientes a mejorar el comportamiento térmico o eficiencia energética en inmuebles con valor patrimonial sin comprometer su integridad.

## Referencias

- Balderrabano-Ayala, L., Castillo, J., y Huelsz, G. (2022). Pet de desecho en sistemas constructivos para muros. *SusBCity*, 4(1), 11-15.  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/SusBCity/article/view/2735/2459>
- Borbolla Gaxiola, C. (2021) Importancia del análisis del comportamiento higrotérmico de inmuebles históricos para la rehabilitación energética. Caso del archivo histórico general del estado de Sinaloa. *Contexto*, 15 (22), 31-45.
- Bichlmair, S., Krus, M., & Kilian, R. (2019). Reversible internal wall insulation for historic buildings using cyclododecane as a protective layer. C. Rozeik (Ed.), *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation* (pp. 137-139).

- Bughrara, K.S.M., Durmus Arsan, Z. y Gökçen Akkurt, G. (26 y 27 de septiembre de 2018) Effect of intervention strategies on seasonal thermal comfort conditions in a historic mosque in the Mediterranean climate. The 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings, Visby, Suecia.
- Catastro Culiacán (07 de mayo de 2022). *Categorías de construcción 2000-2001. Tabla de equivalencias*. <http://www.catastro.culiacan.gob.mx/Fotocategoriasconstruccion.htm>
- Díaz Arreola, E., Fuentes Valles, L. y Pérez Martínez, S. (2005) *Manual de Conservación de Monumentos Históricos*, Chihuahua, Centro INAH Chihuahua.
- Erlj Abramson, M. (2004) Patrimonio y Ciudad: Sustentabilidad urbana. *Urbano*, (7) 10, 28-30. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/522/485>
- Espinosa Guerrero, G., Cordero Valdéz, D., Ruiz Saucedo, A., y Roux Gutiérrez, R. (2017). Análisis de aislamiento en tres sistemas de muro, como envolvente alternativo para el desarrollo de la vivienda social. *Legado De Arquitectura Y Diseño*, 12(21). <https://www.redalyc.org/journal/4779/477948279061/477948279061.pdf>
- Huelsz, G., Barrios, G. y Rojas, J. (2014) *Ener-Habitat. Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica. Manual de Uso*, Ciudad de México, CONACYT-SENER. [http://www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/pdfs/Manual\\_de\\_uso\\_Ener-Habitat.pdf](http://www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/pdfs/Manual_de_uso_Ener-Habitat.pdf)
- Humpyreys, M. A. y Nicol, F. (2001). The validity of iso-pmv for predicting comfort votes in every-day thermal environments, in Proceedings of Moving Thermal Comfort Standards Into the 21 st Century, Windsor, Reino Unido.
- Johansson, P., Donarelli, A. y Strandberg, P. (26 y 27 de septiembre de 2018). Performance of insulation materials for historic buildings. Case studies comparing a super insulation material and hemp-lime. The 3rd International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings, Visby, Suecia.
- Leijonhufvud, G. y Broström, T. (2018). Standardizing the Indoor Climate in Swedish Churches: Opportunities, Challenges and Ways Forward. *Journal of Architectural Conservation*, 24(1).
- Molar-Orozco, M. E. (2017). Comparación del comportamiento térmico de muros de concreto armado y de bloques de concreto huecos. *Legado De Arquitectura Y Diseño*, 12(22). <https://www.redalyc.org/journal/4779/477951390002/477951390002.pdf>
- Rojo Carrascal, J. C. (2008) *Culiacán, Clima y Arquitectura Habitacional*, Ciudad de México, Fontamara.
- Roriz, Mauricio (2003). Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: Urna hipótese de modelo adaptativo. ENCAC-COTEDI, VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído Curitiba - PR, Brasil.
- Šekularac N, Ivanović-Šekularac J, Petrovski A, Macut N, y Radojević M. (2020) Restoration of a Historic Building in Order to Improve Energy Efficiency and Energy Saving—Case Study—The Dining Room within the Žiža Monastery Property. *Sustainability*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/su12156271>

Silva, A. S. y Ghisi, E. (2019). Estimating the sensitivity of design variables in the thermal and energy performance of buildings through a systematic procedure. *Journal of Cleaner Production*, 244 (19). Doi:10.1016/j.jclepro.2019.118753.