



Revista Legado de Arquitectura y Diseño
ISSN: 2007-3615
legado_fad@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

Comparación del comportamiento térmico de muros de concreto armado y de bloques de concreto huecos

Molar-Orozco, María Eugenia; Huelsz-Lesbros, Guadalupe

Comparación del comportamiento térmico de muros de concreto armado y de bloques de concreto huecos

Revista Legado de Arquitectura y Diseño, vol. 1, núm. 22, 2017

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477951390002>

Comparación del comportamiento térmico de muros de concreto armado y de bloques de concreto huecos

María Eugenia Molar-Orozco
Universidad Autónoma de Coahuila, México
bmolar60@hotmail.com

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477951390002>

Guadalupe Huelsz-Lesbros
Universidad Nacional Autónoma de México, México
ghl@ier.unam.mx

RESUMEN:

Se simuló la transferencia de calor dependiente del tiempo a través de muros de dos sistemas constructivos, concreto de alta densidad (cad) y bloques huecos (bh), utilizando la herramienta numérica Ener-Habitat. Cada uno de estos sistemas se evaluó con tres espesores; en los días típicos de dos meses: uno cálido y uno frío de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México; en cuatro orientaciones, norte, sur, este y oeste; y en dos condiciones de uso, sin y con uso de sistemas de aire acondicionado. En todos los casos se obtuvo que a mayor espesor del sistema constructivo, el desempeño térmico es mejor. Al comparar los dos sistemas constructivos con un mismo espesor, el desempeño térmico depende de la condición de uso. El cad es mejor sistema constructivo en la condición de no uso de sistemas de aire acondicionado, a pesar de tener una resistencia térmica menor, y el bh es mejor en la condición de uso de sistemas de aire acondicionado. Este resultado enfatiza la importancia de evaluar los sistemas constructivos de acuerdo con la condición de uso y la necesidad de utilizar el modelo dependiente del tiempo.

PALABRAS CLAVE: bloques huecos, concreto, dependiente del tiempo, envolvente de la edificación, transferencia de calor.

ABSTRACT:

Time-dependent heat transfer through walls of two constructive systems, high-density concrete (cad) and hollow blocks (bh), was simulated using the numerical tool Ener-Habitat. Each of these systems was evaluated with three thicknesses; on the typical day of two months, one warm and one cold, of the city of Saltillo, Coahuila, Mexico; in four orientations, north, south, east and west; and in two conditions of use, without and with the use of air-conditioning systems. In all cases, it was obtained that at a higher thickness of the construction system the thermal performance is better. When comparing the two constructive systems with the same thickness, the thermal performance depends on the condition of use. The cad system is better in the condition of non-use of air-conditioning systems, despite having a lower thermal resistance, and the bh is better in the condition of using air-conditioning systems. This result emphasizes the importance of evaluating the constructive systems according to the condition of use and the need to use the time-dependent model.

KEYWORDS: building envelope, concrete, time-dependent, hollow blocks, heat transfer.

INTRODUCCIÓN

En México más del 90% del total de la energía consumida proviene de la quema de hidrocarburos, lo que genera una cantidad elevada de contaminantes, particularmente dióxido de carbono. De esta energía, cerca del 20% es consumida en las edificaciones (sener, 2015), por lo que la reducción en el consumo de energía en las edificaciones, implicaría además de un ahorro económico, una disminución de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

Para lograr una reducción significativa en el consumo de energía en las edificaciones es necesario diseñarlas de acuerdo al clima donde serán construidas, y en el caso de las ya construidas, adecuarlas al clima donde están, es decir, utilizar criterios de arquitectura bioclimática. De esta manera, en la mayoría de los climas de nuestro país será posible lograr el confort térmico de los ocupantes de las edificaciones diseñándolas con sistemas pasivos y estrategias de arquitectura bioclimática sin utilizar sistemas de climatización mecánicos. En climas más severos se requerirá en alguna temporada del año el uso de sistemas de climatización mecánicos, sin embargo, la arquitectura bioclimática permitirá la reducción de las cargas térmicas y por tanto de la energía

para climatizar los espacios. Se estima que actualmente en promedio en México, una vivienda con sistemas mecánicos de climatización (de calentamiento o enfriamiento) utiliza más del 40% de su consumo total de energía en los sistemas de climatización (conuee, 2016). Ya que la envolvente de la edificación es el elemento que separa el interior de la edificación del exterior, su diseño con criterios bioclimáticos es importante para lograr reducir la transferencia de calor a través de ella.

En México los sistemas constructivos más utilizados en muros de la envolvente en la construcción masiva de vivienda son los bloques de concreto hueco y el concreto armado (Huelsz, 2013). Comúnmente se piensa que los muros de bloques de concreto hueco, por tener aire en el interior de los huecos, tienen un comportamiento térmico mejor que los muros de concreto armado. En este trabajo se realiza la comparación del comportamiento térmico de estos dos sistemas constructivos de muros cuando se usan en una edificación sin sistemas de climatización y cuando se usan en una con sistemas de climatización que mantienen constante la temperatura del aire al interior. Esta comparación se realiza utilizando una herramienta numérica que calcula la transferencia de calor dependiente del tiempo. Comparar los sistemas constructivos en estas dos condiciones es importante, ya que se ha demostrado que el comportamiento térmico de los sistemas constructivos de la envolvente de la edificación depende de cual sea la condición de uso (Barrios et al., 2011). Utilizar un modelo de transferencia de calor dependiente del tiempo es el adecuado para climas con gran variación en la temperatura en un día y alta radiación solar (Kuehn et al., 1998). Evaluando sistemas constructivos formados por capas homogéneas, se ha demostrado que usar el modelo independiente del tiempo o estado estacionario puede llevar a errores en el cálculo de la transferencia de calor de más del 800% en la condición de no uso de sistemas de aire acondicionado y de más del 80% con uso de aire acondicionado (Huelsz et al., 2014b).

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la comparación del comportamiento térmico, los dos sistemas constructivos realizaron simulaciones numéricas utilizando la herramienta Ener-Habitat (Huelsz et al., 2014a), la cual permite simular el comportamiento térmico de sistemas constructivos de muros y techos de la envolvente de la edificación en las condiciones climáticas de las principales ciudades de nuestro país, sin y con uso de sistemas de climatización. Para tomar en cuenta la energía solar incidente sobre la superficie exterior del muro y la temperatura del aire exterior, Ener-Habitat utiliza la denominada temperatura sol aire (ashrae, 2005). Esta herramienta resuelve las ecuaciones de transferencia de calor dependiente del tiempo. Cuando el sistema constructivo está formado por una o varias capas homogéneas, como lo es el muro de concreto armado, Ener-Habitat utiliza un modelo de transferencia de calor en una dimensión, cuando el sistema constructivo tiene una capa no homogénea, como lo es el muro de bloques de concreto hueco, utiliza un modelo en dos dimensiones (Huelsz et al., 2014a). Ambos modelos de Ener-Habitat fueron validados, el modelo en una dimensión con resultados del programa EnergyPlus y el modelo en dos dimensiones con resultados experimentales (Barrios et al., 2016).

Las simulaciones se realizaron para los días típicos de dos meses, mayo y enero, de Saltillo, Coahuila, México. Tomando cuatro orientaciones de muros, norte, sur, este y oeste. En todos los muros evaluados se utilizó el mismo valor de la absorptancia solar de la superficie exterior del muro, de 0.3, correspondiente a una pintura blanca. Se varió el espesor total del muro, 10, 12 y 15 cm. Los recubrimientos de muros normalmente usados en las viviendas de construcción masiva son muy delgados (de 1 a 8mm, siendo 1mm el más empleado en las viviendas de interés social). Se realizaron previamente simulaciones con recubrimientos de 1mm al exterior y al interior, de cemento arena y de yeso, respectivamente, y simulaciones sin ningún recubrimiento. La diferencia en el valor de los parámetros de evaluación, entre un caso con recubrimiento y sin recubrimiento, en promedio es del 1.5%, por esta razón, en la siguiente sección sólo se reportan los resultados de los casos sin recubrimiento.

Como parámetros de la evaluación térmica de los sistemas constructivos que se analizaron en este trabajo, se utilizó la energía transmitida por el sistema constructivo para la condición sin uso de sistemas de climatización y la carga térmica total cuando se usan estos sistemas (Barrios et al., 2012).

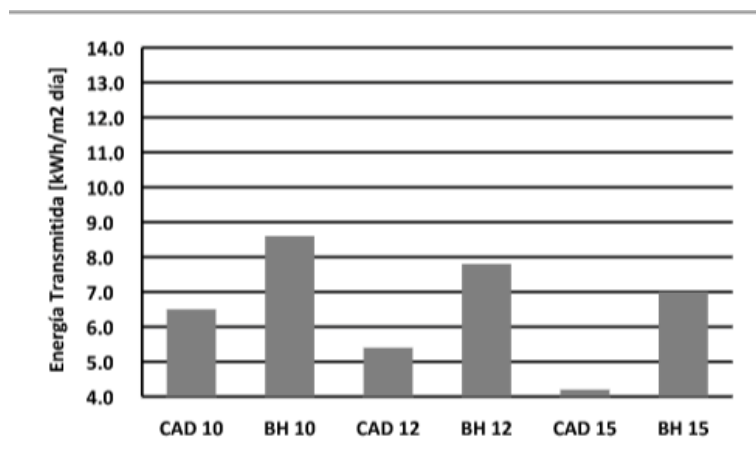
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron seis sistemas constructivos, en la tabla 1 se especifican estos sistemas con su espesor, simbología utilizada y valor de la resistencia térmica calculado con base al apéndice B de la norma mexicana NOM-020 (sener, 2011) y usando el valor de la conductividad térmica de los materiales tomado de la base de datos de Ener-Habitat. La resistencia térmica es la única propiedad del sistema constructivo en un modelo de transferencia de calor independiente del tiempo, como el que usa la norma. En el modelo dependiente del tiempo, los valores de conductividad térmica, densidad y calor específico de los materiales están involucrados, los cuales se tomaron de Ener-Habitat.

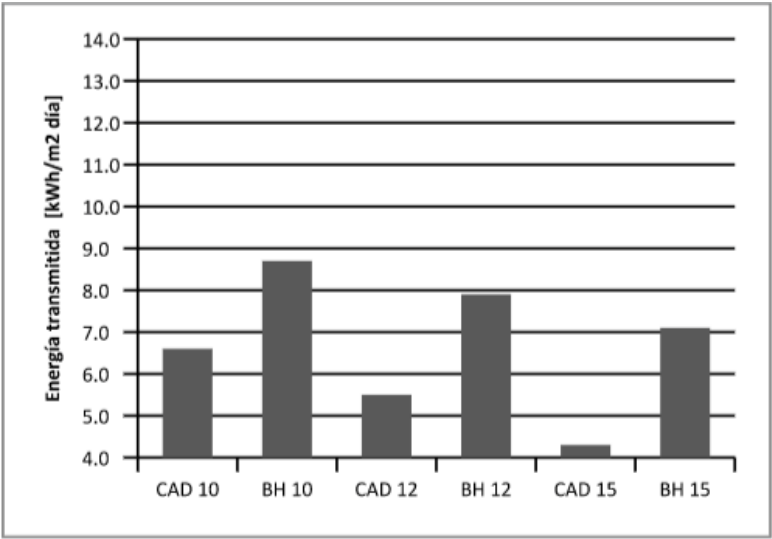
<i>Sistema Constructivo</i>	<i>Espesor [cm]</i>	<i>Simbología</i>	<i>Valor de resistencia térmica en base NOM-020</i>
Concreto de alta densidad	10	CAD10	0.25 m ² K/W
Concreto de alta densidad	12	CAD12	0.26 m ² K/W
Concreto de alta densidad	15	CAD15	0.28 m ² K/W
Bloque hueco	10	BH10	1.32 m ² K/W
Bloque hueco	12	BH12	1.53 m ² K/W
Bloque hueco	15	BH15	1.79 m ² K/W

TABLA 1
Sistemas constructivos, espesor, simbología y valor de la resistencia térmica
Elaboración propia.

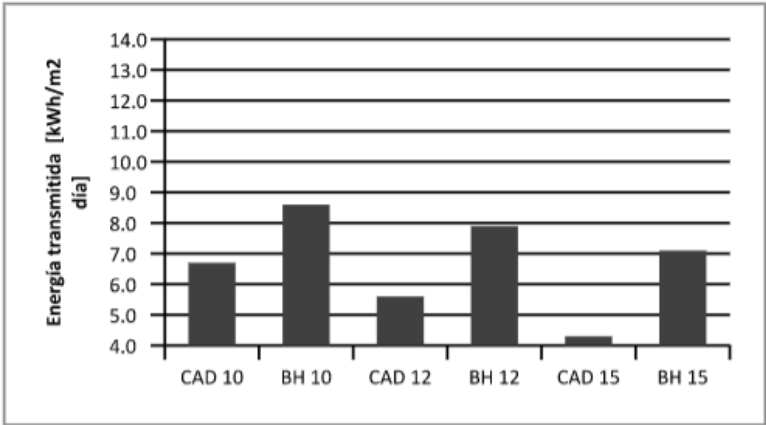
Primero se presentaron los resultados de los sistemas constructivos en el mes de mayo. En las gráficas 1, 2, 3 y 4 se muestra la energía transmitida a través de cada uno de los sistemas constructivos y espesores en la condición de sin uso de sistemas de climatización para las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste).



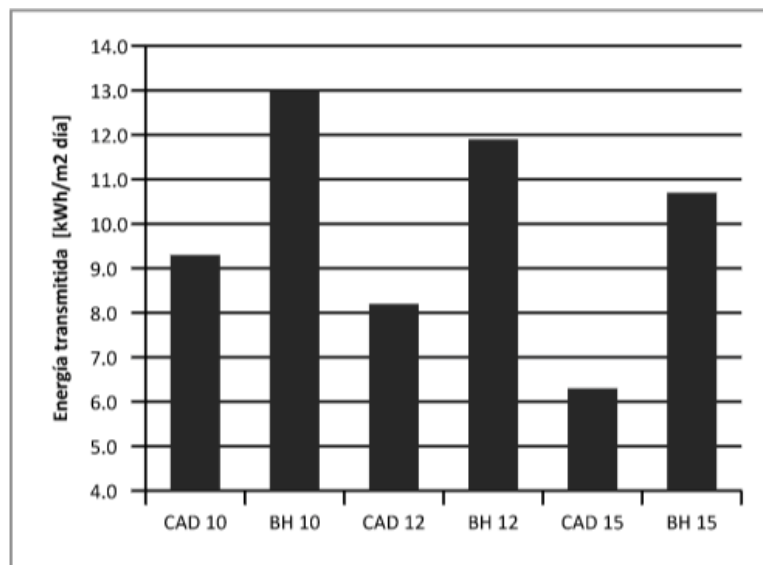
GRÁFICA 1
Energía transmitida en mayo, orientación norte.
Elaboración propia.



GRÁFICA 2
Energía transmitida en mayo, orientación sur.
Elaboración propia.



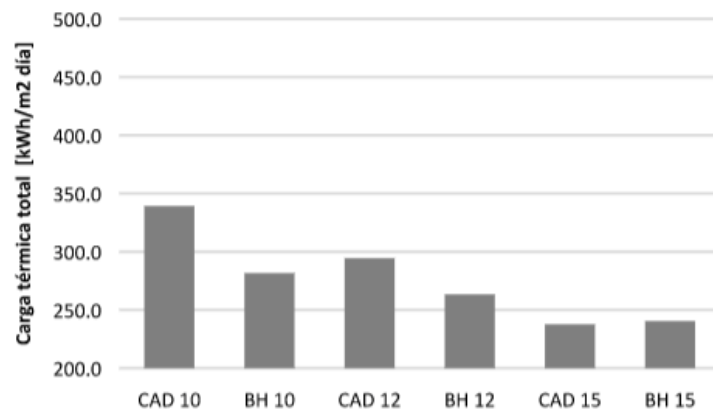
GRÁFICA 3
Energía transmitida en mayo, orientación este.
Elaboración propia.



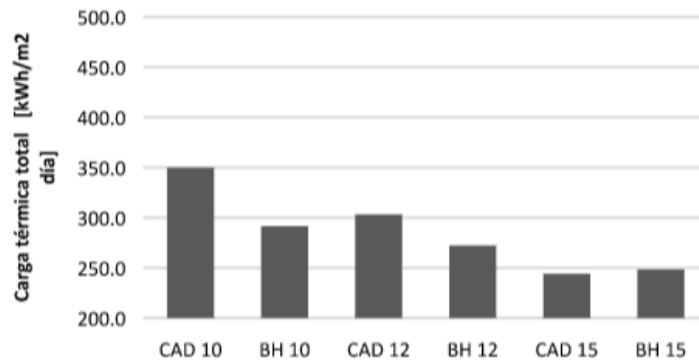
GRÁFICA 4
Energía transmitida en mayo, orientación oeste.
Elaboración propia.

Al comparar el valor de la energía transmitida en el mes de mayo para un sistema constructivo dado un espesor, entre las distintas orientaciones (ver gráficas 1-4), se observa que, para todos los sistemas constructivos y espesores, la orientación con mayor energía transmitida es la oeste (gráfica 4). Esto se debe a que, en este mes del año, el muro oeste recibe gran cantidad de radiación solar durante la tarde cuando la temperatura ambiente alcanza su máximo, por lo cual la temperatura sol aire para esta orientación es mayor que para las otras orientaciones. En cada gráfica, es decir, para una orientación dada, al comparar el valor de la energía transmitida de cada sistema constructivo con diferente espesor (en cm, dado por el número), se observa que, al aumentar el espesor disminuye la energía transmitida. Además, para cada orientación, dado un espesor, el sistema constructivo cad tiene menor energía transmitida que el bh, para los tres espesores y las cuatro orientaciones. Este resultado es contrario a lo que comúnmente se asume en México.

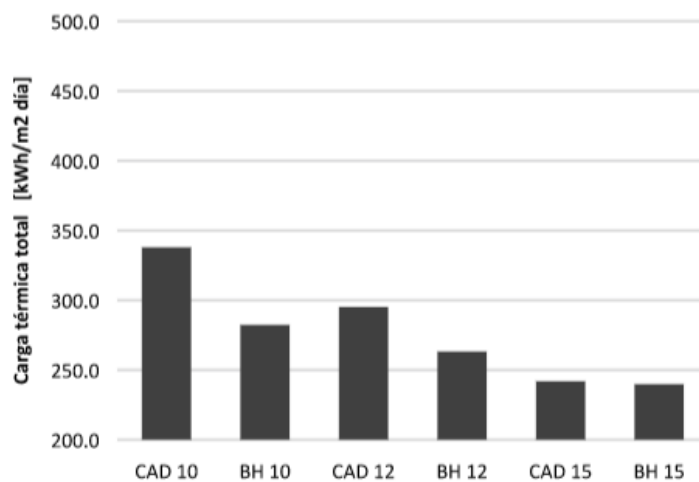
En las gráficas 5, 6, 7 y 8 se muestran la carga térmica total de cada uno de los sistemas constructivos y espesores en la condición de uso de sistemas de climatización para las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste) en el mes de mayo.



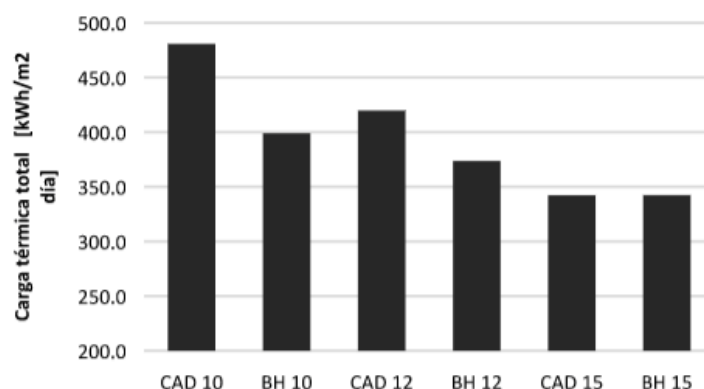
GRÁFICA 5
Carga térmica total en mayo, orientación norte.
Elaboración propia.



GRÁFICA 6.
Carga térmica total en mayo, orientación sur.
Elaboración propia.



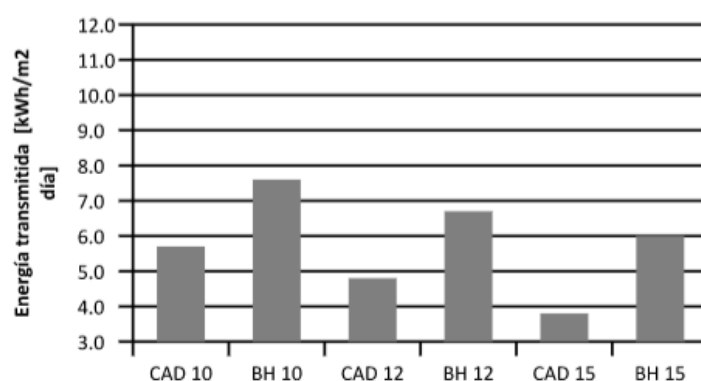
GRÁFICA 7
Carga térmica total en mayo, orientación este.
Elaboración propia.



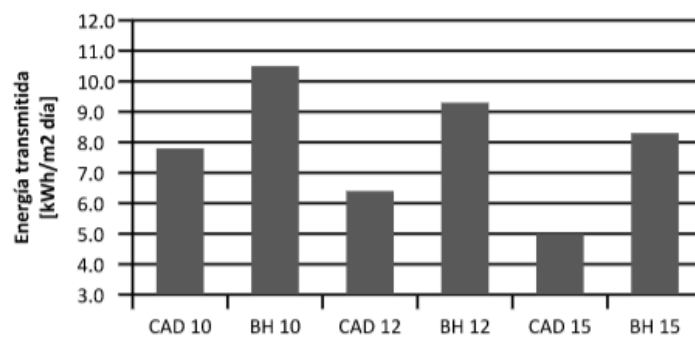
GRÁFICA 8
Carga térmica total en mayo, orientación oeste.
Elaboración propia.

Al comparar el valor de la carga térmica total en el mes de mayo para un sistema constructivo dado un espesor, entre las distintas orientaciones (ver gráficas 5-8), se observa que, para todos los sistemas constructivos y espesores, la orientación con mayor carga total para todos los sistemas constructivos es la oeste (gráfica 8). En cada gráfica, es decir, para una orientación dada, al comparar el valor de la carga térmica total en mayo de cada sistema constructivo para los distintos espesores (en cm, dado por el número), se encuentra que también para la condición de uso de sistemas de climatización, para ambos sistemas constructivos al aumentar el espesor disminuye la carga térmica total. En cada gráfica, al comparar los dos sistemas constructivos con un mismo espesor, se encuentra que el sistema constructivo bh presenta menor carga térmica total que el cad, con excepción del bh15 y cad15. Para este espesor, la carga térmica por estos sistemas constructivos es prácticamente igual.

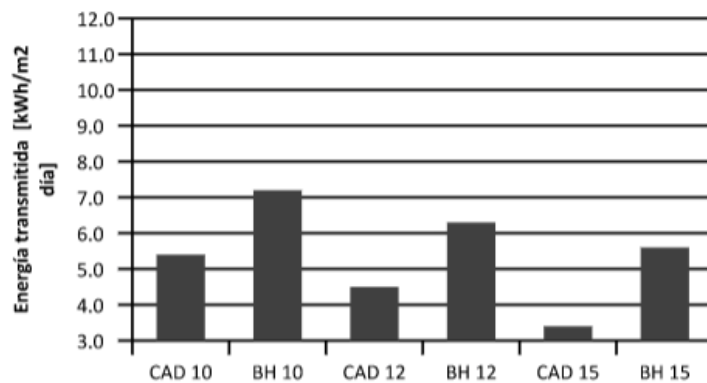
Análogamente se estudian los resultados para el mes de enero. En las gráficas 9, 10, 11 y 12, se presenta la energía transmitida a través de cada uno de los sistemas constructivos y espesores en la condición de sin uso de sistemas de climatización para las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste).



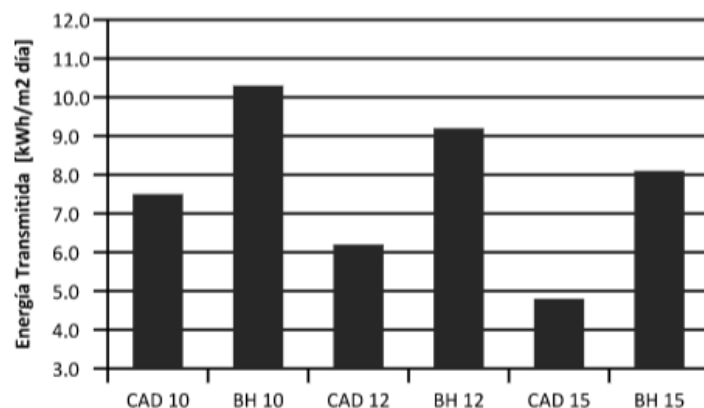
GRÁFICA 9
Energía transmitida en enero, orientación norte.
Elaboración propia.



GRÁFICA 10
Energía transmitida en enero, orientación sur.
Elaboración propia.



GRÁFICA 11
Energía transmitida en enero, orientación este.
Elaboración propia.

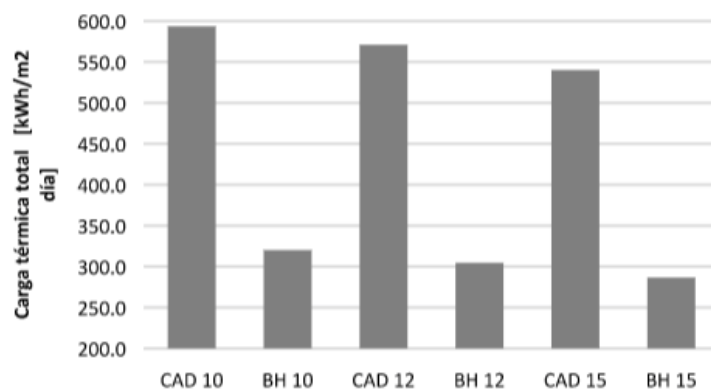


GRÁFICA 12
Energía transmitida en enero, orientación oeste.
Elaboración propia.

Al comparar el valor de la energía transmitida en el mes de enero para un sistema constructivo dado un espesor, entre las distintas orientaciones (ver gráficas 9-12), se observa que para todos los sistemas constructivos y espesores, la orientación sur es la que tiene mayor energía transmitida seguida de la oeste (gráfica 12), debido a que, en este mes del año, los muros sur y oeste reciben mayor cantidad de radiación

solar durante la tarde, por lo cual la temperatura sol aire para estas orientaciones es mayor que para las otras. En cada gráfica, es decir, para una orientación dada, comparando el valor de la energía transmitida de cada sistema constructivo para los distintos espesores (en cm, dado por el número), se observa que, al igual que en el mes de mayo, al aumentar el espesor disminuye la energía transmitida. También para este mes, dado un espesor y orientación, el sistema constructivo cad tiene menor energía transmitida que el bh.

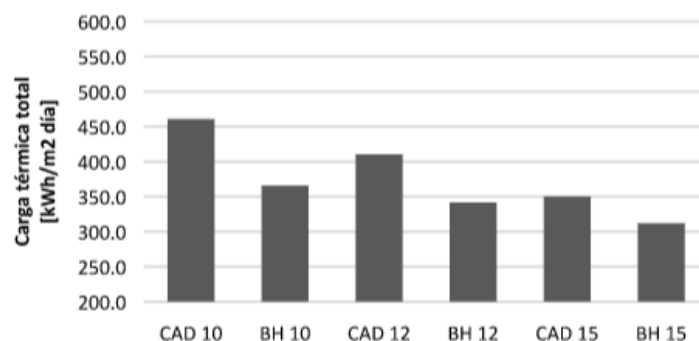
En las gráficas 13, 14, 15 y 16, se presenta la carga térmica total de cada uno de los sistemas constructivos y espesores en la condición de uso de sistemas de climatización para las cuatro orientaciones (norte, sur, este y oeste) en el mes de enero.



GRÁFICA 13

Carga térmica total en enero, orientación norte.

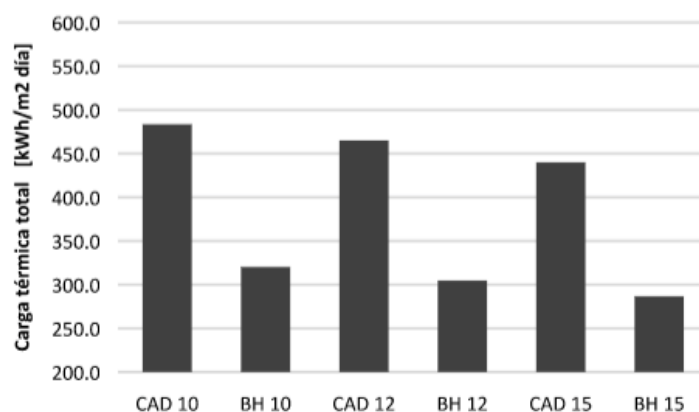
Elaboración propia.



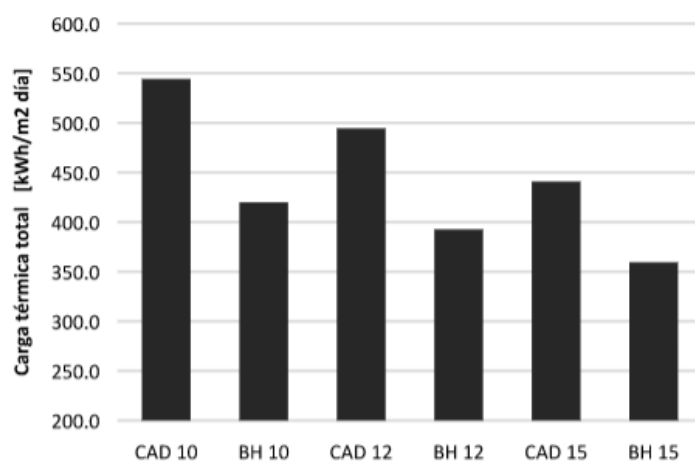
GRÁFICA 14.

Carga térmica total en enero, orientación sur.

Elaboración propia.



GRÁFICA 15.
Carga térmica total en enero, orientación este.
Elaboración propia.



GRÁFICA 16
Carga térmica total en enero, orientación oeste.
Elaboración propia.

Al comparar el valor de la carga térmica total en el mes de enero para un sistema constructivo dado un espesor, entre las distintas orientaciones (ver gráficas 13-16), se observa que, para todos los sistemas constructivos y espesores, la orientación con mayor carga total para todos los sistemas constructivos es la norte (gráfica 13). Esto se debe a que, al ser un mes frío, la carga térmica por enfriamiento es la más importante y el muro norte es el que menor radiación solar recibe. En cada gráfica, es decir, para una orientación dada, al comparar el valor de la carga térmica total en enero de cada sistema constructivo para los distintos espesores (en cm, dado por el número), se observa también que al aumentar el espesor disminuye la carga térmica total. También para este mes, al emplear sistemas de climatización, dado un espesor y una orientación, el sistema constructivo bh presenta menor carga térmica total que el cad, para este mes, las diferencias entre estos sistemas constructivos son mayores.

Estos resultados demuestran que en la condición de sin uso de sistemas de climatización el sistema constructivo bh tiene un peor desempeño térmico que el cad, pese a tener una resistencia térmica mayor (ver tabla 1). Sin embargo, en la condición de uso de sistemas de climatización donde la temperatura al interior está fija, el sistema constructivo bh sí tiene un mejor desempeño que el cad.

REFERENCIAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ashrae) (2005), *Ashrae Handbook-Fundamentals*, I-P Edition, Atlanta, GA, EE. UU.
- Barrios G., Huelsz G., Rojas J., Ochoa J. M., Marincic I. (2012), "Envelope wall/roof thermal performance parameters for non-air-conditioned buildings", *Energy and Buildings*, 50, pp.120-127.
- Barrios G., Huelsz G., Rechtman R., Rojas J. (2011), "Wall/roof thermal performance differences between air-conditioned and non-air-conditioned rooms", *Energy and Buildings*, vol. 43, pp.219-223.
- Barrios G., Casas J. M., Huelsz G., Rojas J. (2016), "Ener-Habitat: An online numerical tool to evaluate the thermal performance of homogeneous and non-homogeneous envelope walls/roofs", *Solar Energy*, 131, pp. 296-304.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (conuee) (2016), *Aparatos y espacios que consumen más energía*. [En línea] http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos, consultado el 26 de enero de 2016.
- Huelsz G. (Responsable) (2013), *Informe técnico 3 del proyecto: 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. Apoyado por el Fondo Sectorial conacyt-sener Sustentabilidad energética, número de Registro: FSE-2009-01-118665*.
- Huelsz G., Barrios, G., Rojas J. (2014a), *Ener-Habitat, Evaluación térmica de la envolvente arquitectónica. Manual de Uso, V2.2.0*. [En línea] http://www.enerhabitat.unam.mx/Cic2/pdfs/Manual_de_uso_Ener-Habitat.pdf, consultado el 25 de octubre de 2016.
- Huelsz G., Barrios G., Rojas J., (2014b), "Differences on Results from Steady-state and Time-dependent Wall/roof Heat Transfer Models in Mexican Climates", *Energy Procedia* 57, pp.1825-1833.
- ISO 13790, *Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling*.
- Kuehn T.H., Ramsey W.W., Threlkeld J.L. (1998), *Thermal Environmental Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Secretaría de Energía (sener) (2011), *Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones. - Envolvente de edificios para uso habitacional*. *Diario Oficial*, 9 de agosto 2011, pp. 44-89. México. [En línea] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011, consultado el 25 de enero de 2016.
- Secretaría de Energía (sener) (2015), *Balance Nacional de Energía 2014*. [En línea] http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44353/Balance_Nacional_de_Energ_a_2014.pdf, consultado el 26 de enero de 2016.