



Capacidad de mitigación de tres materiales constructivos de acuerdo con su desempeño térmico en zonas áridas

Caso de estudio: Torreón, Coahuila

The Mitigation Capacity of Three Construction Materials According to their Thermal Performance in Arid Zones. Case Study: Torreón, Coahuila

Jaime Andrés Quiroa Herrera
Jorge Villanueva Solís
Alleck Johnathan González Calderón
Alaidé Retana Olvera
Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón
Universidad Autónoma de Coahuila

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Resumen

El principal objetivo del presente artículo es presentar los resultados obtenidos del estudio que se realizó en tres módulos experimentales con los materiales: bloque de tierra comprimida (BTC) como material alternativo; block de concreto como material convencional; y adobe como material tradicional. Para el registro de las temperaturas superficiales y de aire internas de los tres módulos, así como para el monitoreo de la temperatura externa se utilizaron sensores HOBO. Para el análisis de datos se utilizó la climatología dinámica en el espacio construido, definiendo el periodo de mediciones, así como el episodio y día representativos para una situación de calor. Los resultados obtenidos muestran cómo el material tradicional es el mejor adaptado a las condiciones climáticas, es decir, el de mayor capacidad de mitigación de los tres casos analizados; también, el material alternativo analizado tuvo mejor desempeño que el convencional, por lo que tanto el adobe como el BTC tienen una capacidad de mitigación mayor al block, además de la viabilidad de la utilización de ambos en la zona de estudio, aprovechando así la mayor capacidad de mitigación que ofrecen estas tecnologías en tierra en zonas áridas.

Fecha de recepción: 01 de junio de 2020
Fecha de aceptación: 09 de noviembre 2020

DOI: 10.22201/fa.2007252Xp.2020.22.77413

Palabras Clave: materiales de construcción, zonas áridas, mitigación

Abstract

The principal aim of this article is to present the results obtained from a study conducted in three modules on the following materials: Compressed Earth Block (CEB) as an alternative material, concrete block as a conventional material and adobe as a traditional material. We used HOBO sensors

to record surface temperatures and internal and external air temperatures. When analyzing the data, dynamic climatology was applied to the built space, defining the measurement period and representative episode and day for each heat situation. The results show that the traditional material is that which is best adapted to these climatic conditions and has the best mitigation capacity, while the alternative material performed better than the conventional. Adobe and CEB have a higher mitigation capacity and better thermal performance than concrete, showing the viability of their use in the area under study, thus taking advantage of the higher mitigation they offer in arid zones.

Keywords: Construction Materials, Arid Zones, Mitigation

Introducción

El sector de la construcción consume entre un 40% y 50% de los recursos naturales existentes.¹ Esta situación, aunado al cambio climático, evidencia la necesidad de investigar y utilizar materiales con un menor impacto ecológico y energético en su fabricación, así como dar énfasis especial al desarrollo de propuestas más adaptadas al medio y a la construcción de edificios más eficientes.

Dentro del sector de la construcción, uno de los elementos más representativos es la vivienda. El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)² menciona que en los próximos años existirá un incremento en la demanda de las viviendas en el país; esto, sumado al déficit de vivienda existente que, de acuerdo con el *Diario Oficial de la Federación*,³ ascendió a 15 millones 2012, hace necesario la identificación de materiales adecuados y su disponibilidad, lo que podría significar un beneficio para los usuarios de las nuevas viviendas, sobre todo si se toma en cuenta el impulso que la CONAVI⁴ da a una política pública de vivienda sustentable, orientada a que las viviendas nuevas y existentes cuenten con mejores estándares de calidad de vida. Esto significaría tener viviendas más sustentables, accesibles y adecuadas a los usuarios que ejercerán sus actividades básicas en ellas.

- 1 María P. Mercader et al., "Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación", *Informes de la Construcción*, 62 (517) (2010): 125–32, disponible en: <https://doi.org/10.3989/ic.09.000> [consulta: 20 de mayo de 2020]. Sérgio Fernando Tavares, "Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras" [PDF], Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, disponible en: <http://labeee.ufsc.br/node/126> [consulta: 2 de mayo de 2019].
- 2 INFONAVIT, "Síntesis INFONAVIT Nacional", 2013, 11, disponible en: https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/b0199142-d0eb-495f-9d8d-ce614d603968/Síntesis++08+de+mayo_2013.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=b0199142-d0eb-495f-9d8d-ce614d603968 [consulta: 15 de enero de 2020].
- 3 "Programa Nacional de Vivienda 2014-2018", *Diario Oficial de la Federación*, 2014: 31, disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014 [consulta: 9 de febrero de 2019].
- 4 CONAVI, "Guía de Orientación para atender vivienda en los municipios" [PDF], 2014, 86, disponible en: http://www.conavi.gob.mx:8080/Otros/Docs/GUIA_ORIENTACION_3.0_Enero_2014.pdf [consulta: 3 de noviembre de 2019].

El Plan Estatal contra el Cambio Climático en Coahuila⁵ estima que, para la región de La Laguna, uno de los escenarios será el incremento de la temperatura. Tomando en cuenta que una buena parte de este estado del norte del país es considerada zona árida o semiárida⁶ –de acuerdo con la clasificación climática de Köppen es BWh, es un clima árido cálido–,⁷ estos incrementos de temperatura pueden significar afectaciones en las personas de la región. Además de viviendas adecuadas y sostenibles, es necesario pensar en viviendas con capacidad de mitigación ante estos escenarios. En este sentido, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) recomienda como estrategia de mitigación⁸ mejorar la envolvente del edificio para evitar la ganancia térmica y el consumo energético,⁹ con la disminución de emisiones de gases efecto invernadero.

Antecedentes de la propuesta

En un proyecto previo, se desarrollaron, estabilizaron y caracterizaron piezas de bloque de tierra comprimida (BTC), bajo la norma NMX-C-508-ONNCE-2015,¹⁰ en donde las piezas estabilizadas se clasificaron como BTC 60; para su evaluación mecánica se utilizó la norma a NMX-C-036-ONNCE-2013.¹¹

Se propone el BTC como un material alternativo, ya que en la fabricación de las piezas se utiliza tierra cruda estabilizada con cal y cemento, compactada mecánicamente,¹² a diferencia de los materiales convencionales como el block de concreto, en donde se utilizan grandes cantidades de energía para su fabricación.

- 5 Secretaría del Medio Ambiente, *Plan Estatal Contra Cambio Climático en Coahuila* (Torreón, 2013).
- 6 Marta Concepción Cervantes Ramírez, *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México* (Ciudad de México: Instituto de Geografía, UNAM, 2002), disponible en: http://fenix.cichcu.unam.mx/libro/2006/0965822/01_ptd.pdf [consulta: 18 de abril de 2019].
- 7 "Clima Torreón", Climate-Data, 2018, disponible en: <http://es.climate-data.org/location/872606/> [consulta: 25 de mayo de 2020].
- 8 IPCC, "Anexo B. Glosario de términos", *Informe de Síntesis-Cambio Climático 2001*, 2001, 27, disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf> [consulta: 10 de febrero de 2019].
- 9 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, *Tecnologías, Políticas Y Medidas Para Mitigar El Cambio Climático, Documento técnico I del IPCC*, 1996.
- 10 "NMX-C-508-ONNCE-2015-Industria de la Construcción-Bloques de Tierra Comprimida Estabilizados con Cal-Especificaciones y Métodos de Ensayo" (ONNCE, 2015), 17.
- 11 NMX-C-036-ONNCE-2013, "Industria de la construcción-mampostería-resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines-método de ensayo", 2013, disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5305391&fecha=03/07/2013 [consulta: 9 de febrero de 2018].
- 12 NMX-C-508-ONNCE-2015. Rubén Salvador Roux Gutierrez, Víctor Manuel García Izaguirre, y José Adán Espuna Mujica, "Los materiales alternativos estabilizados y su impacto ambiental", *Nova scientia*, 7 (13) (2014): 243–66, disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100014&lng=es&nrm=iso&tling=en [consulta: 25 de noviembre de 2019].

Justificación

Lo anterior evidencia la necesidad del desarrollo, estudio e identificación de materiales que mitiguen las variaciones climáticas de la región y generen un menor impacto ambiental. Investigadores llegaron a la conclusión de que los materiales alternativos representan una disminución a estos impactos ambientales con relación a un material convencional.¹³ A esto, se suma que deben ser accesibles y se muestren como alternativas reales para su aplicación en el sector de la construcción. Por esta razón se evaluó al block como el material convencional más utilizado en la región; al adobe como el material tradicional del lugar; y al BTC como una tecnología alternativa acorde a este.

Zona de estudio

El estado de Coahuila de Zaragoza se localiza en la zona noreste de la República Mexicana. En la imagen de localización del estado de Coahuila y de la ciudad de Torreón puede observarse marcado en rojo la posición de la entidad en el territorio nacional. El punto azul corresponde a la ciudad de Torreón dentro del estado. El experimento se realizó en la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Coahuila.



Localización del estado de Coahuila y de la ciudad de Torreón. Fuente: Google Maps.

¹³ Jose Caballero y Armando Alcántara, "Environmental benefits inherent to the use of construction housing systems with alternative materials", *Naturaleza y desarrollo*, 10 (2012): 38–53, disponible en: http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/files/pdf/Vol10No2/NatyDes_Vol-10-2-Art3.pdf [consulta: 5 de diciembre de 2019].

Clima

Según la clasificación climática de Köppen, Torreón tiene un clima BWh, que corresponde a un clima árido cálido.¹⁴ De acuerdo con las Normales Climatológicas 1951-2010,¹⁵ la media máxima de la región es de 35.4 °C en junio, que es el más cálido del año.

Materiales y métodos

Los módulos

Se edificaron tres módulos experimentales con las mismas características y dimensiones; se modificó la configuración de los materiales que componen la envolvente de estos, que en este caso son los muros y las cubiertas. Todos los módulos tienen un metro cúbico de espacio interno y fueron pintados e impermeabilizados en color blanco.

Variables en los módulos:

- *Bock-losa concreto*: piezas de block de 12 x 20 x 40 cm y losa de 10 cm. Repello cemento-arena proporción 2:3. La proporción corresponde a la utilizada en convencionalmente en la región.
- *Adobe-terrado*: piezas de adobe de 20 x 40 x 10 cm y terrado de 10 cm, repello cemento arena proporción 1:4. Se respetó la proporción que se utiliza tradicionalmente en las edificaciones de adobe en la región.
- *BTC-losa concreto*: BTC de 14 x 28 x 9 cm y losa de 10 cm, repello cemento arena proporción 2:3.



Módulos edificados y utilizados en el proceso experimental. De izquierda a derecha: módulo de BTC, módulo de adobe y módulo de block. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

¹⁴ Climate-Data.

¹⁵ "Normales Climatológicas", CONAGUA, 2016, disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42> [consulta: 7 de agosto de 2019].



Equipo de mediciones

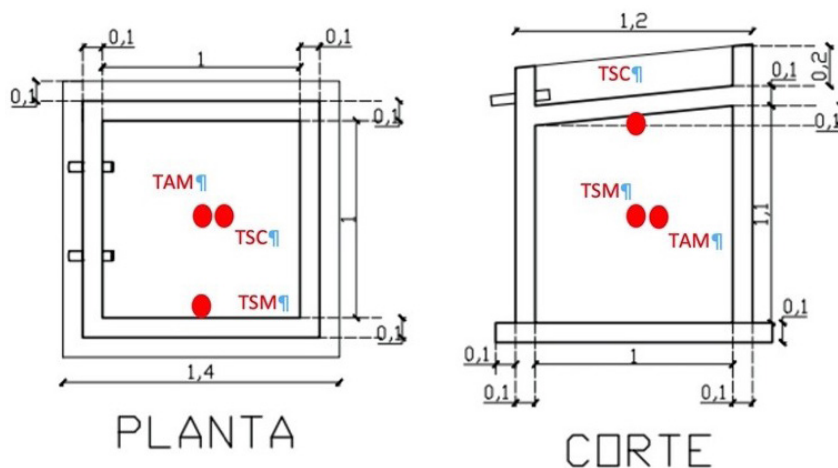
Para el registro de las temperaturas superficiales de las cubiertas y los muros se utilizaron termopares con pasta térmica, los cuales se conectaron a sensores HOB0 U12, que además de registrar las temperaturas superficiales también registraron las temperaturas internas del aire de los módulos. Para la temperatura exterior se utilizó el sensor HOB0 Pro v2, dentro de un protector de radiación.

Equipo HOB0 para las mediciones realizadas en el experimento. Fuente: "Onset HOB0 and InTemp Data Loggers".

Instalación de los sensores

En la imagen de localización de los sensores en los módulos experimentales puede observarse en planta y corte la localización de los sensores los cuales registraron lo siguiente:

- Temperatura del aire interior del módulo (TAM).
- Temperatura superficial de la cubierta (TSC).
- Temperatura superficial del muro sur (TSM).



Localización de los sensores en los módulos experimentales. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

Análisis de datos

El método utilizado es el propuesto por Vecchia,¹⁶ y replicado para análisis en viviendas y prototipos experimentales por otros autores.¹⁷ En este método se utiliza la climatología dinámica y sus estados de tiempo para el análisis en ambientes construidos. Para el análisis se define lo siguiente:

- *Periodo experimental*: es el periodo en el que se realizaran las mediciones experimentales; esto depende del tiempo y los requerimientos que se busquen, en este caso es en una situación de calor.
- *Periodo representativo*: dentro del periodo de mediciones, se busca al que se denomina periodo representativo, aquel en el que se visualiza la interacción de las masas de aire, en donde pueda identificarse el fenómeno denominado calentamiento prefrontal. Aquí en donde se seleccionará el día para evaluar una situación de calor.
- *Día representativo*: es el día seleccionado para realizar el análisis comparativo entre las variables analizadas. Este día se seleccionó del periodo representativo en la fase de calentamiento prefrontal. Como ya se mencionó, será en una situación de calor.

Resultados

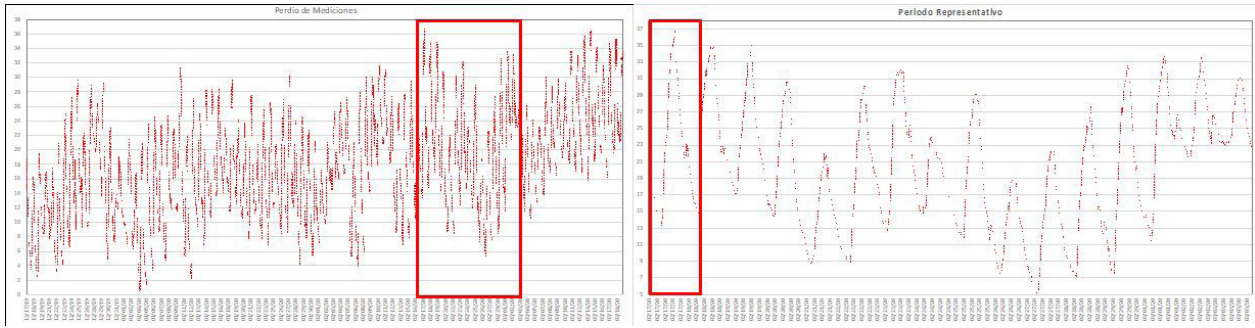
Con la metodología descrita es posible identificar el material que tenga mayor capacidad de mitigación de acuerdo con su comportamiento térmico.

Periodo de mediciones y episodio representativo

El periodo de mediciones se realizó del 17 de diciembre del 2019 al 18 de marzo del 2020. En una de las gráficas se encuentra marcado con un recuadro rojo el episodio representativo en donde se visualiza la interacción de las masas de aire. En la otra, puede observarse el episodio representativo que va del 17 de febrero al 3 de marzo del 2020; en recuadro rojo está marcado el día representativo identificado y seleccionado en la fase de calentamiento prefrontal.

¹⁶ Francisco Vecchia, *Clima e Ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto human* (Universidade de São Paulo, 1997).

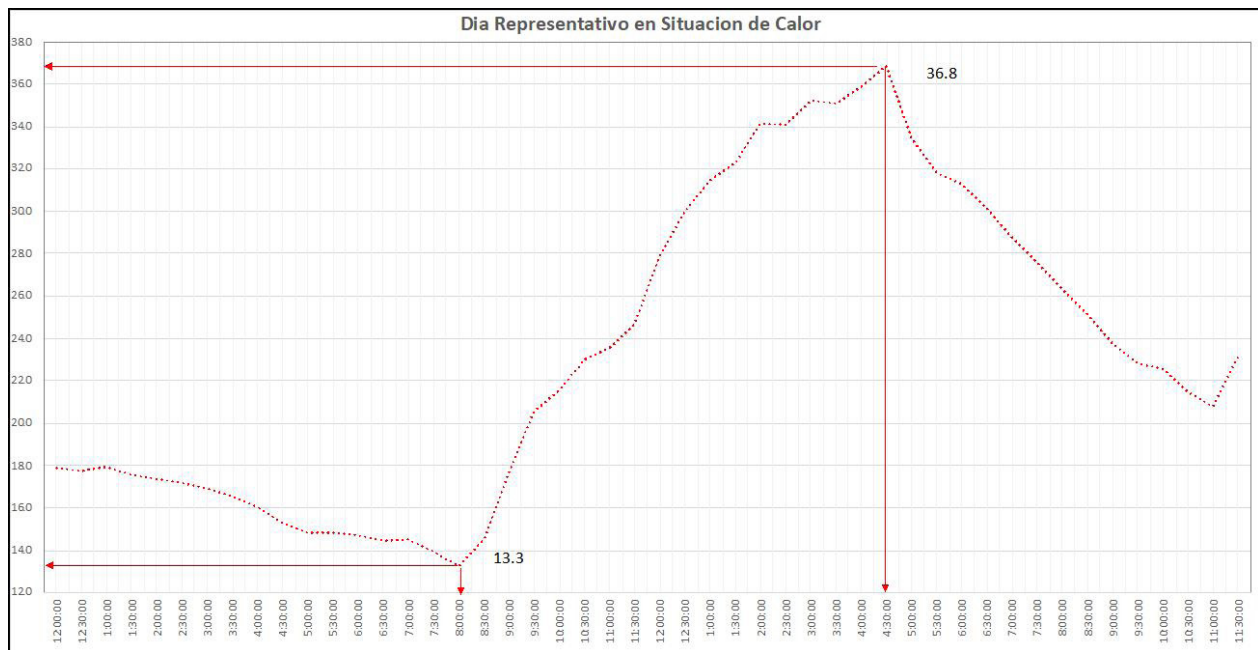
¹⁷ Francisco Vecchia, Gabriel Castañeda, y Jaime Andrés Quiroa, "Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales: Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales", *Tecnología y Construcción*, 22 (2) (2006): 9–13, disponible en: http://www2.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012006000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es [consulta: 9 de febrero de 2018]. Ruber Trujillo Samayoa, Yamile Rangel Martínez, y Gabriel Castañeda Nolasco, "Potencial del techo verde, para ahorrar electricidad por aire acondicionado en la edificación", *Nova Scientia*, 7 (15) (2015), disponible en: <http://www.redalyc.org/html/2033/203342741031/> [consulta: 4 de junio de 2019].



Día representativo

Este día correspondió al 17 de febrero del 2020, el más cálido dentro del periodo, y fue el día seleccionado para realizar el análisis comparativo entre las diferentes celdas experimentales. Como puede observarse en la gráfica, la temperatura máxima es de 36.8 °C, mientras que la mínima es de 13.3 °C; la amplitud térmica es de 23.5 °C.

En la gráfica de la derecha se observa el periodo de mediciones, mientras que en la de la izquierda se puede observar el periodo representativo. Fuente: elaboración de los autores 2020.



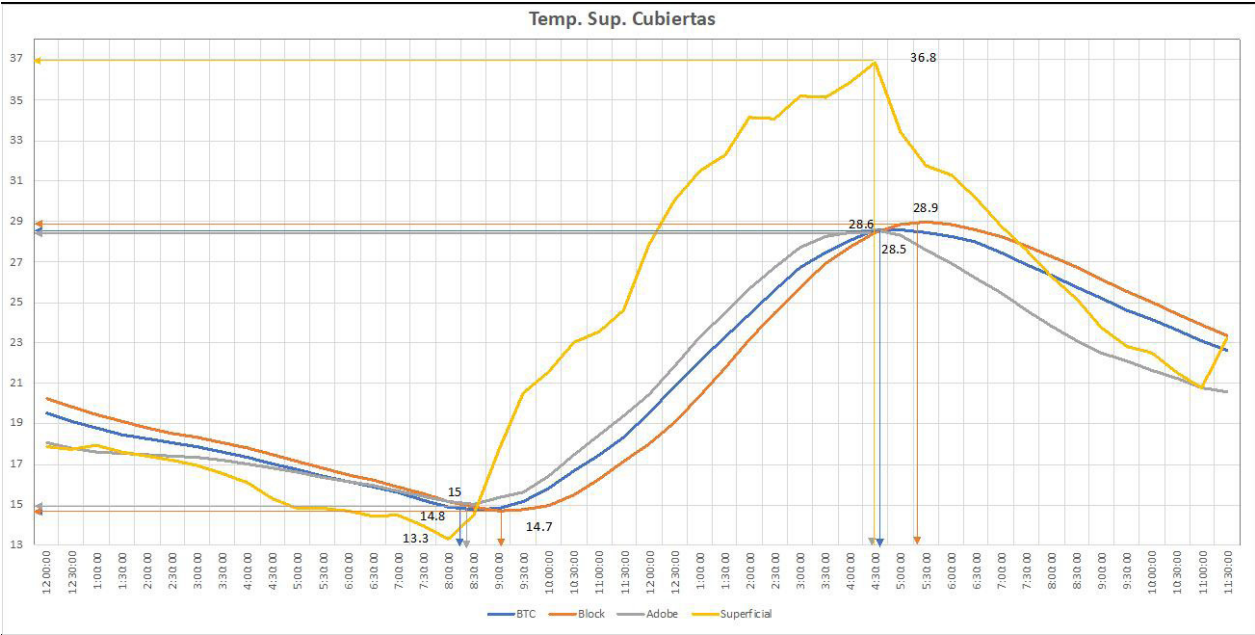
Análisis comparativo

A continuación, se exponen y discuten los resultados; para facilitar este proceso comparativo, se dividió en cada uno de los registros medidos en los módulos experimentales, correspondiente a las temperaturas superficiales cubiertas, temperaturas internas del aire y temperaturas superficiales de los muros.

Día representativo seleccionado para el análisis comparativo. Este se registró el 17 de febrero del 2020. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

Temperaturas superficiales cubiertas

En las temperaturas superficiales de las cubiertas, de los tres casos analizados la que registró el mayor valor fue la temperatura de la losa del módulo de block, con 28.9 °C; la menor fue la de la losa del módulo



de BTC, con 28.5 °C. La temperatura de la losa del módulo de adobe quedó entre estas, presentando solo 0.1 °C, mayor que la del BTC, y 0.3 °C, menor que la del block.

En las temperaturas mínimas el registro más elevado fue el del módulo de adobe con 15 °C. El valor más bajo lo registró el módulo de block con 14.7 °C. El módulo de BTC obtuvo un valor de 14.8 °C. La diferencia entre los valores registrados fue de 0.3 °C.

En la Tabla 1 se observa la síntesis de la comparación de los registros correspondientes a la temperatura superficial de la cubierta de los tres módulos experimentales, así como de la temperatura exterior del aire para el día analizado en una situación de calor.

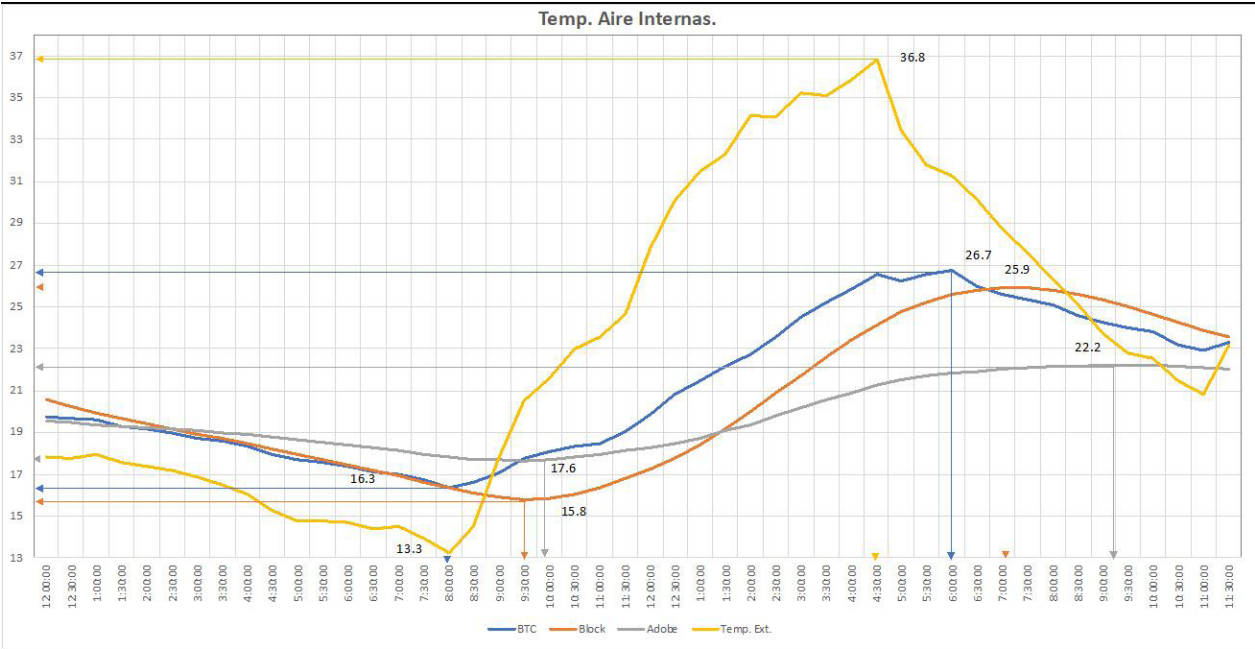
Gráfico comparativo de la temperatura exterior del aire y de las temperaturas superficiales de las cubiertas, registradas en cada uno de los módulos analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

Datos	Mayor temperatura superficial	Menor temperatura superficial	Menor amplitud térmica	Mayor amplitud térmica	Mayor retraso térmico	Menor retraso térmico
Registros	Block (28.9 °C)	BTC (28.5 °C)	Adobe (13.6 °C)	Block (14.2 °C)	Block (30 minutos)	Adobe y BTC Cubierta sin retraso térmico
Diferencias	0.4 °C		0.6 °C		30 minutos	

Temperaturas aire interior

En las temperaturas internas del aire de los tres casos analizados, la que registró el mayor valor fue la temperatura del módulo de BTC, con 26.7 °C, La menor registrada, que fue perceptiblemente menor con relación a la exterior y a los otros dos casos, fue la del módulo de adobe, con 22.2 °C. La temperatura del módulo de block registró 25.9 °C, 0.8 menor que la del BTC y 3.7 °C mayor que la del adobe.

Tabla 1. Síntesis de la comparación de los registros de la temperatura superficial de los tres módulos experimentales analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.



En las temperaturas mínimas, el registro más elevado fue el del módulo de adobe, con 17.6 °C. El valor más bajo lo registró el módulo de block con 15.8 °C. El módulo de BTC obtuvo un valor de 16.3 °C. La diferencia entre los valores registrados fue de 1.8 °C.

Gráfico comparativo de la temperatura exterior del aire y de las temperaturas internas del aire registradas en cada uno de los módulos analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

En la Tabla 2 se observa la síntesis de la comparación de los registros correspondientes a la temperatura interna del aire de los tres módulos experimentales, así como de la temperatura exterior del aire para el día analizado en una situación de calor.

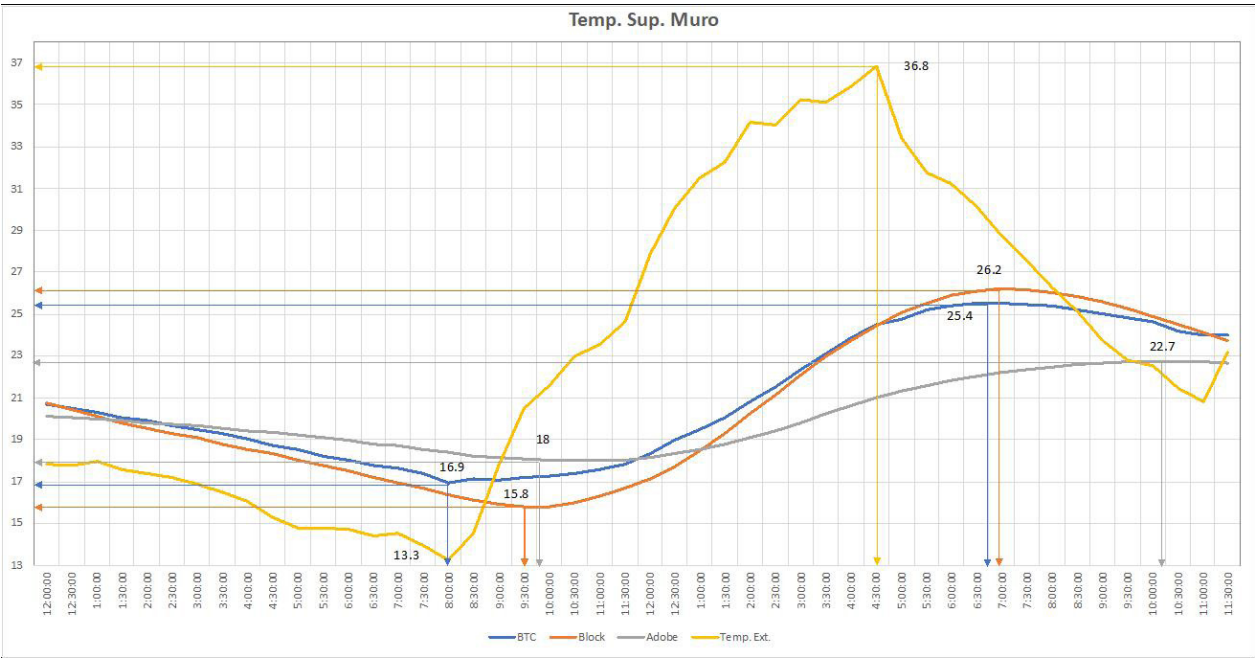
Datos	Mayor temperatura aire	Menor temperatura aire	Menor amplitud térmica	Mayor amplitud térmica	Mayor retraso térmico	Menor retraso térmico
Registros	BTC (26.7 °C)	Adobe (22.2 °C)	Adobe (4.6 °C)	BTC (10.4 °C)	Adobe (4:30 horas)	BTC (1:30 horas)
Diferencias	4.5 °C		5.8 °C		3:00 horas	

Temperaturas superficiales muros

En las temperaturas internas del aire de los tres casos analizados, la que registró el mayor valor fue la temperatura del módulo de block, con 26.2 °C; la menor registrada, que en este caso también es perceptiblemente menor con relación a la exterior y a los otros dos casos analizados, es la del módulo de adobe, con 22.7 °C. La temperatura del módulo de BTC registró 25.4 °C, 0.8 menor que la del block y 2.7 °C mayor que la del adobe.

Tabla 2. Síntesis de la comparación de los registros de la temperatura interna del aire al de los tres módulos experimentales analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

En las temperaturas mínimas, el registro más elevado fue el del módulo de adobe con 18 °C. El valor más bajo lo registró el módulo de block con 15.8 °C. El módulo de BTC registró un valor de 16.9 °C. La diferencia entre los valores registrados fue de 2.2 °C.



En la Tabla 3 se puede observar la síntesis de la comparación de los registros correspondientes a la temperatura superficial de los muros de los tres módulos experimentales, así como de la temperatura exterior del aire para el día analizado en una situación de calor.

Gráfico comparativo de la temperatura exterior del aire y de las temperaturas superficiales de los muros, registradas en cada uno de los módulos analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

Datos	Mayor temperatura superficial	Menor temperatura superficial	Menor amplitud térmica	Mayor amplitud térmica	Mayor retraso térmico	Menor retraso térmico
Registros	Block (26.2 °C)	Adobe (22.7 °C)	Adobe (4.7 °C)	Block (10.4 °C)	Adobe (5:30 horas)	Block y BTC (2:00 horas)
Diferencias	3.5 °C		6.2 °C		3:30 horas	

Discusión

De los tres casos analizados, el que tuvo el mejor desempeño en las temperaturas superficiales de las cubiertas fue el módulo de bloque de tierra compactada (BTC), aunque la diferencia no sobrepasó los 0.4 °C entre el que registró la mayor y la menor temperatura; existen leves diferencias entre los casos analizados.

En el rubro de las temperaturas internas del aire, el que tuvo el mejor desempeño fue el módulo de adobe; cabe destacar que las diferencias de temperatura fueron significativas, ya que fueron de hasta 4.5 °C. También el atraso térmico en el módulo de adobe fue significativo, ya que superó las tres horas. Tal comportamiento se debe a las características térmicas y a las mayores dimensiones de las piezas que componen del muro de adobe, pues estas son mayores a 20 cm en comparación al block y al BTC, que no superan los 14 cm.

Tabla 3. Síntesis de la comparación de los registros de la temperatura superficial de los muros de los tres módulos experimentales analizados. Fuente: elaboración de los autores, 2020.

En las temperaturas superficiales de los muros, también fue el módulo de adobe el que tuvo el mejor desempeño; en este rubro las diferencias de temperatura son significativas, así como en el retraso térmico que llegó hasta las 5 horas y 30 minutos. Esto se debe a las características térmicas de adobe y a las dimensiones de las piezas que componen el muro.

El módulo de block como material convencional fue el que tuvo el desempeño térmico más comprometido de los tres casos analizados. Solo en una de las mediciones realizadas registró menores valores que el módulo de BTC. Este registro corresponde a la temperatura interna del aire, en donde la diferencia no fue superior 0.8 °C. En los otros dos registros, correspondientes a la temperatura superficial de la cubierta y la temperatura superficial del muro, fue este el módulo que registró los mayores valores de temperatura. De los materiales evaluados es el que tiene menor capacidad de mitigación.

En el caso del módulo de BTC, este registró menores valores en la temperatura superficial interna de la cubierta y la temperatura superficial del muro en relación con el block, por lo que esto implica una menor ganancia por radiación interna; sin embargo, los valores del BTC fueron mayores a los registrados en el módulo de adobe. De los tres casos evaluados, el BTC mostró una capacidad de mitigación mayor al módulo de block y menor que la del módulo de adobe.

De los tres módulos analizados, el que se desempeñó de mejor forma en dos de los tres casos fue el módulo de adobe. En las dos variables en las que fue mejor, presentó diferencias significativas de temperatura, así como de atraso térmico. La única medida en la que no se comportó mejor fue en la temperatura superficial de la cubierta, aunque la diferencia fue de solo 0.1 °C.

Conclusiones

De los tres casos analizados, el que tuvo el comportamiento térmico más comprometido fue el módulo de block. Aunque hasta cierto punto aminoró las condiciones climáticas externas, fue el material que se vio más afectado a estas.

El BTC también se mostró como un material adecuado para mitigar los efectos climáticos de la región, disminuyendo principalmente las ganancias en las temperaturas superficiales; una de las ventajas de este material es el ser un sistema constructivo que tiene el mismo procedimiento que el block, por lo que no se requiere de conocimientos adicionales para su utilización y aplicación, lo que facilitaría su proceso de aceptación en el sector de la construcción y aplicación a la vivienda.

De acuerdo con los resultados, es evidente que el adobe como material tradicional es el mejor adaptado a las condiciones climáticas de la región; el que mejor responde a las variaciones y excitaciones climáticas. Por lo que de los tres casos analizados el adobe como material tradicional de construcción es el que ofrece mayor capacidad de mitigación climática de acuerdo con su comportamiento térmico.

En síntesis, el adobe es el material que mostró mejor capacidad de mitigación, seguido por el BTC, mientras que el block fue el material con menores condiciones de mitigación con relación a los demás casos estudiados.

Agradecimientos

A la dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdec), por el financiamiento obtenido a través de la convocatoria de Proyectos Semilla UAdec 2019 para la realización del proyecto “Evaluación experimental de la capacidad de mitigación de tres materiales constructivos de acuerdo con su desempeño térmico: bloques de tierra comprimida (Alternativo), block del concreto (Convencional) y adobe (Tradicional). Caso de estudio: Torreón, Coahuila”.

Al Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas por facilitar el equipo necesario para poder realizar las mediciones experimentales.

Referencias

- “ANEXO B. Glosario de términos”, en *Informe de Síntesis-Cambio Climático 2001*. IPCC, 2001. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- CABALLERO, Jose, y Armando Alcántara. “Environmental benefits inherent to the use of construction housing systems with alternative materials”, *Naturaleza y Desarrollo*, 10 (2012): 38–53. Disponible en: http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/files/pdf/Vol10No2/NatyDes_Vol-10-2-Art3.pdf
- CERVANTES Ramirez, Marta Concepción. *Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México*. Ciudad de México: Instituto de Geografía, UNAM, 2002. Disponible en: http://fenix.cichcu.unam.mx/libroe_2006/0965822/01_ptd.pdf
- “CLIMA Torreón”, Climate-Data, 2018. Disponible en: <http://es.climate-data.org/location/872606/>
- “NORMALES Climatológicas”. CONAGUA, 2016. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/component/content/article?id=42>
- GOOGLE Maps, 2020. Disponible en: <https://www.google.com.mx/maps/@24.03216,-102.75968,6z>
- “GUÍA de Orientación para atender vivienda en los municipios”. CONAVI, 2014. Disponible en: http://www.conavi.gob.mx:8080/Otros/Docs/GUIA_ORIENTACION_3.0_Enero_2014.pdf
- MERCADER, M. P., M. Marrero, J. Solís, M. V. Montes, y A. Ramírez. “Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación”, *Informes de la Construcción*, 62 (2010): 1251-32. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/ic.09.000>
- “NMX-C-036-ONNCCE-2013-INDUSTRIA de la Construcción-Mampostería-Resistencia a la Compresión de Bloques, Tabiques o Ladrillos y Tabicones y Adoquines - Método de Ensayo”, 2013. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5305391&fecha=03/07/2013
- “NMX-C-508-ONNCE-2015-INDUSTRIA de la Construcción-Bloques de Tierra Comprimida Estabilizados con Cal-Especificaciones y Métodos de Ensayo”, 2015.

- "ONSET HOBO and InTemp Data Loggers". HOBO. Disponible en: <http://www.onsetcomp.com/>
- "PROGRAMA Nacional de Vivienda 2014-2018.", *Diario Oficial de la Federación*, 2014. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014
- ROUX Gutierrez, Rubén Salvador, Víctor Manuel García Izaguirre, y José Adán Espuna Mujica. "Los materiales alternativos estabilizados y su impacto ambiental", *Nova scientia*, 7 (2014): 243-266. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- SECRETARÍA del Medio Ambiente. *Plan Estatal Contra Cambio Climático en Coahuila*, Torreón, 2013.
- "SINTESIS INFONAVIT Nacional". INFONAVIT, 2013. Disponible en: https://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/b0199142-d0eb-495f-9d8d-ce614d603968/Síntesis++08+de+mayo_2013.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=b0199142-d0eb-495f-9d8d-ce614d603968
- TAVARES, Sérgio Fernando. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. Disponible en: <http://labeee.ufsc.br/node/126>
- TECNOLOGÍAS, Políticas Y Medidas Para Mitigar El Cambio Climático, Documento técnico I del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 1996.
- TRUJILLO Samayoa, Ruber, Yamile Rangel Martínez, y Gabriel Castañeda Nolasco. "Potencial del techo verde, para ahorrar electricidad por aire acondicionado en la edificación", *Nova Scientia*, 7 (2015). Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/2033/203342741031/>
- VECCHIA, Francisco. *Clima e Ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*. Universidade de São Paulo, 1997.
- VECCHIA, Francisco, Gabriel Castañeda, y Jaime Andrés Quiroa. "Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales: Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales", *Tecnología y Construcción*, 22 (2006): 9-13. Disponible en: http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012006000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Jaime Andrés Quiroa Herrera

Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón,
Universidad Autónoma de Coahuila
jquiroa@uadec.edu.mx

Arquitecto por la Universidad Autónoma de Chiapas; maestro, con enfoque en evaluación experimental de comportamiento y confort térmico de envolvente en edificios, y doctor en Ciencias de Ingeniería Ambiental, ambas por la Universidad de São Paulo, Brasil.

Actualmente es profesor-investigador de la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón de la Universidad Autónoma de Coahuila; candidato a investigador del Sistema Nacional de Investigadores (SNI); Perfil PRODEP. Es representante del Cuerpo Académico en formación "Territorio, Asentamientos Humanos y Resiliencia"; miembro de la red de vivienda de CONACYT, de la red RECNET, programa RESURBE UNESCO.

Ha participado en proyectos financiados por: Fondo destinado a Promover la Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila (FONCYT-COECYT-CONACYT), Proyecto Semilla-2019 Universidad Autónoma de Coahuila (Uadec), Nuevo Profesor de Tiempo Completo (NPTC-PRODEP), Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC-UNAM-Participación) con enfoque en vivienda y tecnologías para la resiliencia aplicables a la vivienda en zonas áridas.

Jorge Villanueva Solís

Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón,
Universidad Autónoma de Coahuila
jorge.villanueva@uadec.edu.mx

Es doctor en planeación y desarrollo sustentable por la UABC. Actualmente es profesor investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, de la Uadec, Perfil PRODEP y SNI. Su línea de investigación se desarrolla en los temas de: Territorio, Procesos Urbanos y Resiliencia ante Cambio Climático. Previo a sus actividades de investigación y docencia, se desempeñó por más de diez años como consultor en temas de planeación urbana y ordenamiento territorial.

Alleck Johnnathan González Calderón

Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón,
Universidad Autónoma de Coahuila
alleck.gonzalez@uadec.edu.mx

Doctor en Ciencias y Artes para el Diseño por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Actualmente es profesor-investigador adscrito a la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón, en la Universidad Autónoma de Coahuila. Es miembro del Cuerpo Académico: Territorio, Asentamientos Humanos y Resiliencia, en el que desarrolla líneas de investigación sobre habitabilidad, así como diseño y tecnología en la producción social del hábitat.

Alaidé Retana Olvera

Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón,
Universidad Autónoma de Coahuila
a.retana@uadec.edu.mx

Actualmente es profesora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Coahuila, en la Escuela de Arquitectura, Unidad Torreón. Profesora de asignatura en la maestría en Administración de Proyectos de la Universidad Tecnológica de México.

Doctora en Planeación y Desarrollo Sustentable por parte de la Universidad Autónoma de Baja California, con participación en proyectos

de investigación de tipificación de áreas verdes urbanas; maestra en Arquitectura, graduada con Mención Honorífica, por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México; realizó una especialidad en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, por parte de la Universidad Autónoma del Estado de México, participando en proyectos de investigación con enfoque de mitigación al cambio climático y diseño de espacios urbanos inteligentes. También cuenta con diplomados en diversas instituciones públicas y privadas de México como el ITAM, la UIA y la UNAM, en ámbitos de comunidades sustentables, administración de proyectos y certificaciones sustentables.