

Tercer Encuentro Académico

SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



CONAVI
COMISIÓN NACIONAL
DE VIVIENDA



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Noviembre 2016



Figura 1

Laboratorio de análisis térmico de materiales de construcción

Se crea una estación de trabajo para analizar características térmicas de sistemas constructivos; destacando 2 dispositivos de creación propia, para muros a diferentes escalas.

La medición de propiedades térmicas de materiales de construcción es importante para el desarrollo de proyectos y propuestas que cumplan con características que hoy se exigen de un proyecto de edificación, de acuerdo a los preceptos de la conservación del medio ambiente. Dependiendo del lugar donde se emplazan las edificaciones, el clima y condiciones ambientales, existen requerimientos de características de propiedades termofísicas de materiales para obtener ambientes térmicos interiores adecuados al ser humano. El presente trabajo describe un proyecto para la conformación de un laboratorio de

análisis térmico de materiales, componentes y sistemas constructivos, para analizar su comportamiento térmico en muros a diferentes escalas.

En México, existe un proyecto de norma NMX-C-460-ONNCCE donde se revisa que los materiales tengan una resistencia mínima a la transferencia de calor, evaluando el valor R, donde la conductividad térmica se requiere para calcular este valor de una manera más precisa, que retomarla de bibliografía existente que no representa las condiciones reales del material. La Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2009 establece que las edificaciones residenciales deben ser revisadas en cuanto a sus consumos de energía eléctrica y cumplir estas normas

para considerarse en las escalas del cumplimiento de ahorro de energía. Para este tipo de evaluaciones, uno de los datos más importantes es el que define las características termofísicas de los materiales de construcción.

Antecedentes

Existen laboratorios en la República Mexicana que miden propiedades térmicas de materiales, sin embargo, específicamente de materiales de construcción y/o de sistemas constructivos compuestos, son escasos, y más aún cuando se trata de medir sistemas constructivos completos a escala real.

Se han encontrado referencias de trabajos relacionados con la medición de propiedades térmicas de sistemas constructivos como: (Anderson, B.R., et al.1981), (Aviram, et al.2001). Otros trabajos relacionados, tanto teóricos como experimentales, muestran algunos resultados referentes a este tipo de estudios (Borbón A. et al. 2010 a), (Borbón A. et al. 2010 b). También se presentan algunos estudios experimentales para medir propiedades térmicas en bloques huecos como (Ossama A. et al., 1994) y (Al-Jabri, et al., 2005), que han servido de referencia para el desarrollo de los dispositivos de este laboratorio.

Descripción de los equipos diseñados.

El tamaño y el peso de sistemas constructivos a escala real como los muros, sobre todo si son de mamposterías son complejos para su manejo e instrumentación. Uno de los objetivos del desarrollo de estos dispositivos es medir estas propiedades en muestras de gran escala, que proporcionan datos confiables sobre todo cuando la composición de los sistemas constructivos es no homogénea, incluyendo capas de aire.

Se describe el primer dispositivo (*TR-01*) patentado, que se diseñó, construyó y se puso en marcha, para medir propiedades

térmicas en muros a escala real, opera de manera semiautomática con instalaciones electroneumáticas e hidráulicas Fig. 1. Se cuenta también con el equipo denominado (*TR-02*) que es un equipo similar al anterior pero para muros de mediana escala y operación manual, Fig. 1. Se trabaja además en este laboratorio con equipos especializados (*EP-500e*) para medir conductividad térmica de manera directa, así como el equipo *DKD-2* para medir difusividad térmica, y otros equipos para medición de variables ambientales.

Sistema de medición de propiedades térmicas *TR-01* para muros a escala real y *TR-02* a mediana escala.

El *TR-01* es un sistema que se diseñó, para estudiar el comportamiento térmico de muros de cualesquier material, dimensiones o configuraciones diversas, las dimensiones de la muestra (muro), son de 1.20 m de base por 2.10 m de altura. Tiene dos intercambiadores de calor a los lados del muro, con lo que se le aplica un diferencial de temperatura, simulando una condición de operación real de un muro de vivienda para un clima determinado y para medir variables que permitan calcular la resistencia térmica del muro en estado estacionario.

El sistema de medición está basado en la norma ASTM-C-177, de placa caliente. La placa fría se logra con un recirculador tipo CHILLER que mantiene la temperatura de agua fría en un intercambiador. La placa caliente con resistencias eléctricas.

Para la medición de las temperaturas del muro, se cuenta con un sistema de termopares retráctiles integrados a las placas frías y calientes que hacen contacto con los dos lados del muro y conectado a un adquisidor de datos para monitorear la temperatura superficial por ambos lados, una vez estabilizado. Con las temperaturas superficiales del muro, ➤



Figura 2

los flujos y las propiedades del agua, se calculan los flujos de calor y la resistencia térmica del muro.

El *TR-01* cuenta con un portamuestras, para elaborar, transportar y retirar muestras, estos muros pueden ser de los más livianos, hasta los de mamposterías de 600 kg, como se observa en la Fig. 2. Los muros deben ser contruídos de manera convencional y dejarlos secar, pues la humedad en los materiales afecta los resultados de medición.

El sistema de medición *TR-02*, trabaja con el mismo principio de placas intercambiadoras de calor, con la diferencia de que es un dispositivo de operación manual para muros de mediana escala con muestras de 60 x 60 cm y pesos aproximados de 150 kg para los muros de mamposterías, Fig. 1.

Resultados y aplicaciones de los dispositivos.

Una vez elaborados los muros sobre el portamuestras, completamente secos se

introducen a la máquina, para el caso del *TR-01* y se procede a la medición, obteniendo resultados de las temperaturas superficiales de los muros en estado estacionario; La incertidumbre en la medición de este equipo es de $\pm 3.7\%$.

La utilidad del TR-01 y el TR-02 para la industria de la construcción de vivienda en México.

Estos equipos permiten medir variables para calcular las propiedades térmicas de sistemas constructivos de vivienda. Los sistemas constructivos que se pueden medir son muros de cualesquier tipo de mampostería, ya sea bloques de concreto, huecos o macizos, y tabiques de barro recocido o de BTC, etc. de cualesquier dimensión y configuración geométrica. También de materiales diversos como madera, tablaroca, aislantes, fibras de vidrio, o paneles constructivos así como elementos prefabricados y modificados con diversas capas y espesores. Una vez

obtenidas las propiedades de los muros, sirven para determinar sus potencialidades con respecto a la capacidad de aislamiento, así como para alimentar datos de simuladores y calcular comportamientos térmicos o de ahorro de energía de vivienda completas. En México, los desarrolladores de vivienda y fabricantes de componentes constructivos, requieren conocer, además de las propiedades mecánicas de los materiales, las propiedades térmicas, tanto para verificar el cumplimiento de las normas como para utilizar estos valores en simuladores diversos. Específicamente en México, se requiere este tipo de información para dar cumplimiento a la NOM-020-ENER-2011, dentro de los programas de INFONAVIT en el Programa de Vivienda Verde y Ecocasa, los cuales requieren los valores específico de conductividad y resistencia térmica de los sistemas constructivos de las viviendas.

Bibliografía

Anderson, B. R., On the calculation of the U-value of walls containing slotted bricks . *Building and Environment*, (16), 41-50 (1981)

Al-Jabri, K.S. Hago, Al-Nuaimi. Concrete blocks of thermal insulation in hot climate, *Cement and Concrete Research*. (35), 1472-1479 (2005)

Aviram, D.P., A.N. Fried, y J.J. Roberts, Thermal properties of a variable cavity wall, *Building and Environment*, (36), 1057-1072 (2001)

Borbón, Ana C. Cabanillas, Rafael y Perez Jesús B. Determination experimental y contraste numérico de la Resistencia térmica de un muro de bloques de concreto hueco. Vol 21, no. 6 p.163-176 ISSN 0718-0764, 2010 (a),

Borbón, Ana C. Cabanillas, Rafael y Perez Jesús B. Modelación y simulación de la transferencia de calor en muros de bloque de concreto hueco. Vol 21, no. 3 p.27-38 ISSN 0718-0764, 2010 (b).

Ossama A. Abdou y Kris S. Murali. The effect of air cells and mortar joints on the thermal resistance of concrete masonry walls, *Energy and Building* (21) 111-119 -1994.



Ana Cecilia Borbón Almada

Ingeniera Civil por la Universidad de Sonora; Maestra en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Baja California. Dra. en Ciencias por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Actualmente Profesora Investigadora de tiempo completo en el Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Sonora. Autora de publicaciones nacionales e internacionales, ha dirigido tesis de licenciatura y posgrado así como responsable técnico de proyectos

de investigación CONACYT-CONAVI. Instructora Certificada para el sistema de evaluación de la vivienda verde Sisevive de INFONAVIT. Obtención de una patente. C.e.: acborbon@dicym.uson.mx .

Coautores

Dr. Dagoberto Burgos Flores
Universidad de Sonora
Dr. Israel Miranda Pasos
Universidad de Sonora