

Tema A4 Termofluidos: *Sistemas Pasivos de Ventilación*

“Diseño, construcción y evaluación de una chimenea vertical de un canal para aplicaciones en edificaciones”

Villar-Ramos M M^a, Aguilar-Castro K M^a, Macias-Melo E V^a, Méndez-Torres Z^a, Santos-Lázaro E D^a, Serrano-Arellano J^b

^aUniversidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura (DAIA-UJAT), Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km. 1, Cunduacán, Tabasco, C.P. 86690, México.

^bDivisión de Arquitectura, Instituto Tecnológico Superior de Huichapan-ITESHU-TecNM. Dom. Conocido S/N, El Saucillo, Huichapan, Hgo, Mexico. C.P. 42411.

*Autor contacto: María Magdalena Villar Ramos, Dirección de correo electrónico: iec.mmvr@gmail.com

RESUMEN

Actualmente, se buscan alternativas de sistemas de ventilación pasivo para minimizar los efectos del cambio climático en el confort térmico de edificaciones. En este trabajo, se presenta el diseño, construcción y evaluación experimental de una chimenea vertical de un canal de $2.0 \times 0.8 \text{ m}^2$, donde se simuló el comportamiento de la irradiancia solar sobre la placa absorbadora. Se encontró que, al disminuir el ángulo de inclinación, se disminuye la velocidad de entrada del fluido y se incrementa la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida. Además, se encontró que la máxima pérdida de calor se obtuvo a través de la pared posterior de la placa absorbadora. Estos resultados indican la importancia de analizar el sistema variando la cantidad de energía absorbida por la placa absorbadora, así como, la apertura de la cavidad con el fin de optimizar el desempeño de este sistema pasivo y evaluar su factibilidad de uso.

Palabras Clave: Chimenea solar, Confort térmico, Placa absorbadora, Flujo de calor.

ABSTRACT

There is at the present time a search for alternatives of passive ventilation systems to minimize the effects of climate change on thermal comfort in buildings. In this work, the design, construction and experimental evaluation of a vertical chimney of a channel, $2.0 \times 0.8 \text{ m}^2$, is presented, where the behavior of the solar irradiance on the absorber plate was simulated. It was found that, by decreasing the angle of inclination, the velocity of the fluid input decreases and the temperature difference between the inlet and the outlet increases. Furthermore, it was found that the maximum heat loss was obtained through the back wall of the absorber plate. These results suggest a need to analyze the system by varying the amount of energy absorbed by the absorber plate and the gated aperture of the cavity to optimize the performance of this passive system and evaluate its feasibility of use.

Keywords: Solar chimney, Thermal comfort, Absorber plate, Heat flow.

1. Introducción

En los últimos años se han buscado sistemas de ventilación pasivos para mejorar el confort térmico en el interior de las edificaciones, como tal es el caso de la chimenea solar [1]. El uso de una chimenea solar contribuiría a mejorar los efectos de la temperatura en el interior de las edificaciones, mediante la remoción de calor proporcionada por la

ventilación natural, siendo amigable con el medio ambiente, que contribuye en la reducción de los costos de energía eléctrica por el uso de aires acondicionados; y que además ayuda a mitigar la dependencia de los combustibles fósiles.

Una chimenea solar está compuesta por dos placas, una translúcida que deja pasar la radiación solar hacia otra placa de material opaco que absorbe esta energía, que es llamada placa absorbadora; entre dichas placas se forma una cavidad a donde entra un fluido en este caso aire, qué por efecto de

flotación y diferencia de densidades de este, es expulsado hacia el exterior del sistema, retirando así el calor de las paredes.

En la literatura se han manejado diferentes configuraciones de chimenea solar, en aplicaciones de techo [2,3], pared [4], híbridos [5,6]. Se han reportado trabajos teóricos y experimentales, los trabajos teóricos han sido ampliamente reportados para diversas aplicaciones [7], por otro lado, los trabajos experimentales han sido escasos principalmente en aplicaciones como pared y sistemas híbridos.

Zavala-Guillen *et al.*, [8] realizaron una simulación numérica con una chimenea solar de doble cavidad, en donde encontraron que el ancho de la cavidad óptimo fue de 0.125 m y una altura de 2 m, para una radiación solar de 700 W/m² y una eficiencia térmica de 38.5%. Por su parte, Bassiouny *et al.*, [9] desarrollaron un código computacional con el software FORTRAN para obtener un balance de energía en una chimenea solar, el análisis de sus resultados mostró que se obtiene una mayor velocidad en el flujo de aire cuando la chimenea se encuentra entre un ángulo de inclinación de 45° y 70°, para una radiación solar de 500 W/m², y una apertura en la cavidad de 0.1 m y 0.35 m.

En Saleem *et al.*, [10] desarrollaron un modelo matemático en el que encontraron que las dimensiones óptimas para una chimenea solar de una cavidad son 1.4 m alto, 0.6 m ancho, y un espesor (o apertura) en la cavidad de 0.2 m, variando entre un ángulo de inclinación de 15° hasta 60°, encontrando que con un ángulo de inclinación de 45° con respecto a la horizontal se tiene mayor eficiencia y una velocidad óptima de flujo de aire de 0.019 a 0.033 m³/s; este modelo fue validado y comparado con datos de la literatura y cálculos realizados con CFD. En Siva *et al.*, [11] analizaron de forma experimental diversos ángulos de inclinación que van desde 30° hasta los 90° con respecto a la horizontal, y con una radiación solar de 1000 W/m², en el que concluyen que el ángulo con mayor eficiencia en ganancia de calor es el de 50° con respecto a la horizontal.

Los autores reportan que es importante analizar el comportamiento del sistema con diferentes ángulos de inclinación, separación entre placas (apertura de la cavidad), así como, optimizar los materiales para su implementación con el fin de mejorar la eficiencia del sistema y optimizar su funcionamiento.

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y evaluación de una chimenea solar, donde la absorción de la energía solar en la placa absorbidora y la pared translúcida se simuló mediante el uso de resistencias eléctricas. Además, el prototipo experimental fue instrumentado con la capacidad de variar el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, variar la apertura de la cavidad, así como, monitorear las pérdidas de calor a través de su envolvente, la velocidad del flujo de aire a la entrada, y las temperaturas de entrada y salida de la cavidad.

2. Prototipo experimental

El prototipo consta principalmente de una cavidad rectangular, con una entrada y una salida de aire, una placa absorbidora y una pared translúcida simulada; el prototipo está aislado por las paredes laterales y por la pared posterior de la placa absorbidora, como se muestra en las Figuras 1 (a) y (b).

El prototipo tiene un área superficial de 2 m × 0.8 m con una apertura variable desde 0 hasta 0.28 m. La pared que simula una placa translúcida es una lámina de acero galvanizado instrumentada con resistencias eléctricas, de tal forma, que es posible simular la cantidad de energía absorbida por un vidrio dependiendo de la potencia suministrada. La placa absorbidora es una lámina de acero galvanizado pintada de color negro mate, instrumentada de igual manera para simular la absorción de la radiación solar. La cavidad está aislada, por la paredes laterales y por la parte posterior de la placa absorbidora, mediante placas de poliestireno extruido (Foamular®) de 0.0508 m de espesor, con una conductividad térmica de 0.0288 W/m°C a 24°C. El área de entrada y salida de la chimenea es de 0.224 m². La variación del ángulo de inclinación se diseñó e implementó mediante un sistema de giro con chumaceras, en donde es posible variar el ángulo desde 0 hasta 90°, con respecto a la horizontal.

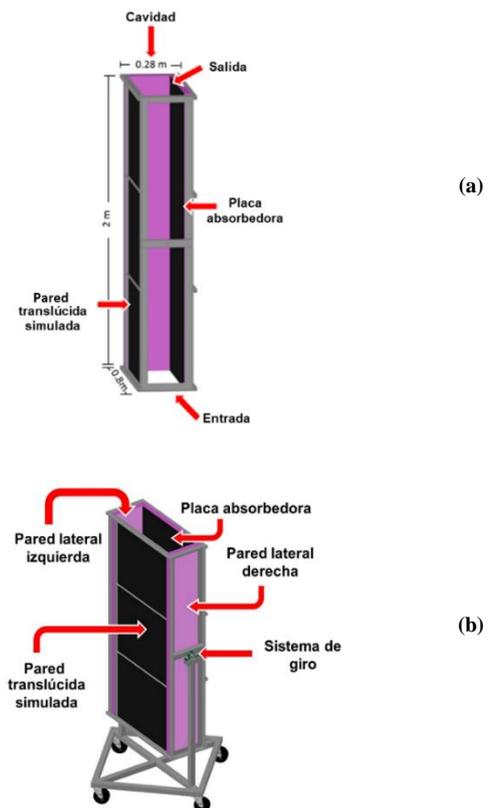


Figura 1. Esquema del modelo experimental de una chimenea solar, (a) vista lateral con dimensiones y (b) vista isométrica.

En la Figura 2 se presenta una imagen de la instrumentación de la placa absorbadora, donde se puede observar la distribución de la resistencia eléctrica, así como, la distribución de los sensores de temperatura. La resistencia eléctrica se utilizó para suministrar la potencia que representaría la energía absorbida debido a la radiación solar. Después de distribuir las resistencias eléctricas de manera homogénea, se cubrieron con cinta industrial para fijarlas a la superficie de la lámina. La instrumentación de la pared translúcida se realizó de la misma forma que en la placa absorbadora.



Figura 2. Instrumentación de la placa absorbadora.

En las Figuras 3 y 4 se presentan las fotografías del prototipo de chimenea construido, así como, los equipos de medición que se utilizaron para realizar las pruebas experimentales. La placa absorbadora y la pared translúcida simulada se instrumentaron para representar una absorción de la radiación solar máxima de 500 W/m^2 (720 W). La potencia que simula la energía absorbida debido a la radiación solar fue suministrada a la placa absorbadora y pared translúcida con fuentes de CD de la marca BK PRECISION 1673 con un error de precisión menor a 0.1%. La resistencia eléctrica utilizada fue un cable de constantán de la marca Omega, el cual tiene la característica de brindar una resistencia de $2.66 \Omega/\text{m}$. Para medir las temperaturas en la placa absorbadora, pared translúcida simulada y en la entrada/salida del aire, se utilizaron sensores PT1000 calibrados de acuerdo con la norma ASTM E-230. Las paredes de material aislante fueron instrumentadas con transductores de flujo de calor implementados con termopilas de termopar tipo T. Para medir la velocidad del flujo de aire a la entrada de la cavidad se utilizó un anemómetro de la marca Delta OHM con un rango que va desde 0-5 m/s. La adquisición de datos se realizó mediante tarjetas multiplexoras conectadas a un sistema de adquisición de datos de la marca Keysight 34972A, para después ser analizados.

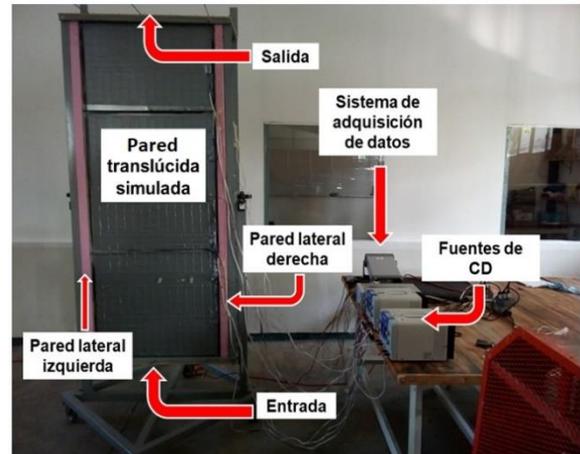


Figura 3. Fotografía frontal de la chimenea solar.

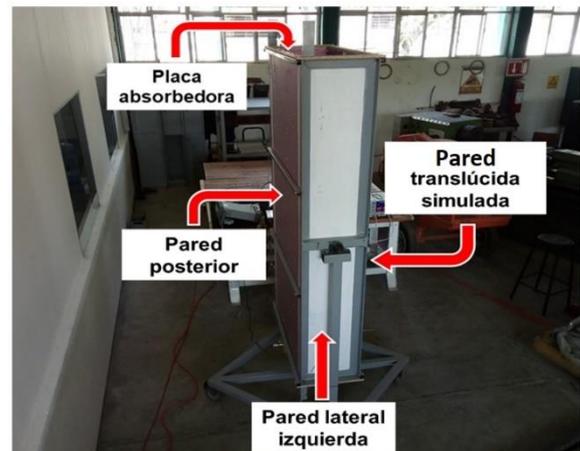


Figura 4. Fotografía lateral de la chimenea solar.

3. Metodología

En la Figura 5 se presenta un diagrama del procedimiento general utilizado para el desarrollo de las pruebas experimentales. En el estudio se realizó una prueba de funcionalidad a 0.28 m de apertura de canal, y se realizaron pruebas experimentales para una apertura de canal de 0.125 m para los ángulos 30, 60 y 90°, de acuerdo a Zavala-Guillen *et al.*, [8] y Siva *et al.*, [11]. Para realizar las pruebas de funcionalidad del prototipo se probó con una separación de cavidad de 0.28 m.

De acuerdo con el diagrama de la Figura 5, para la prueba de funcionalidad, como primer paso se fijó la separación entre las placas, después se colocó la chimenea a un ángulo de 90° con respecto a la horizontal, seguido de esto se activó el equipo de adquisición de datos, y se inició el suministro de una potencia de 720 W a la placa absorbadora y de 80 W a través de la pared translúcida simulada. La potencia de 80 W permitiría simular una absorción de 44.74 W/m^2 en un vidrio claro de 3 mm con una absorción y transmitancia de 0.09 y 0.84, respectivamente. Mientras que, la potencia de

720 W simularía una absorción máxima de 500 W/m², que podría recibir una pared en posición vertical. Bajo estas condiciones se inició el monitoreo y registro de los datos experimentales hasta que el sistema alcanzó el estado permanente. El proceso de monitoreo experimental se llevó a cabo durante un periodo de 12 horas. El tiempo de prueba se estableció con el fin de encontrar el tiempo en el que el sistema alcanza el estado permanente, y así optimizar el tiempo para las siguientes pruebas experimentales. Bajo condiciones de energía solar, el estado permanente se considerará como una diferencia constante entre la temperatura de la entrada y salida de la chimenea.

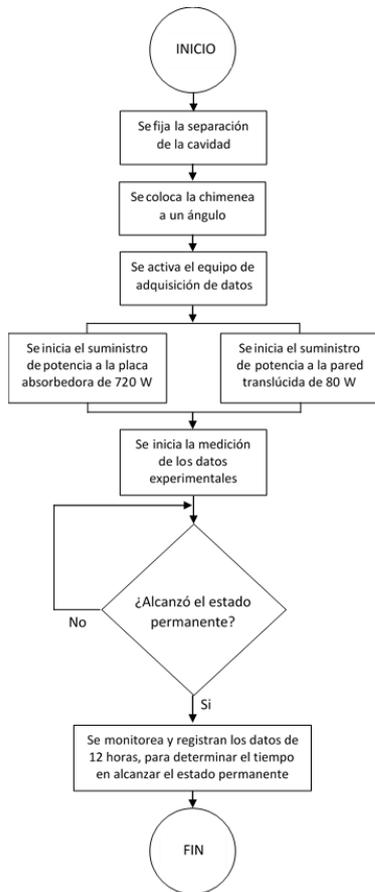


Figura 5. Diagrama procedimiento experimental.

Los datos experimentales obtenidos se procesaron y analizaron mediante el software Matlab para obtener el comportamiento de las temperaturas del sistema y la velocidad del flujo de aire. Para determinar el flujo de calor a través de las paredes se consideró la conductividad térmica (λ) del material aislante, el área de la cavidad (A), las diferencias de temperatura entre las caras paralelas de las placas (ΔT) y el espesor del material aislante (Δx), de acuerdo con la Ley de Fourier, de acuerdo a la ec. (1).

$$q = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

4. Resultados

Para la prueba de funcionalidad, en la Figura 6 (a) se muestra el comportamiento de la diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida de la cavidad (ΔT_{s-e}), y la velocidad de entrada (V_e) del aire; mientras que en la Figura 6 (b) se presenta la temperatura de la placa absorbidora (T_{pa}) y la temperatura de la pared translúcida simulada (T_{pt}).

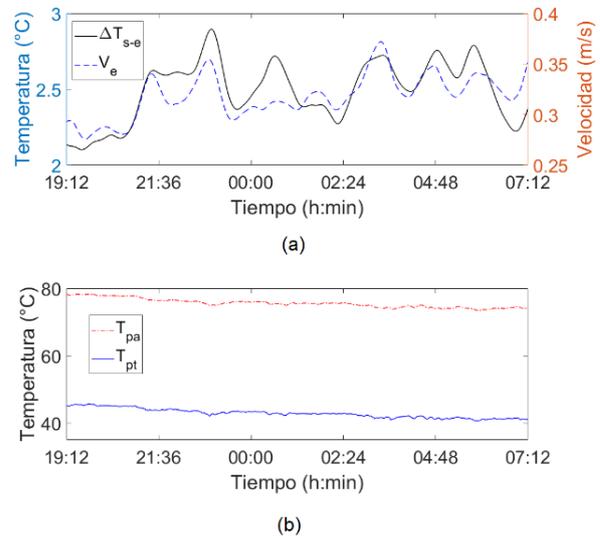


Figura 6. Comportamiento del fluido para la prueba de funcionalidad, (a) Temperatura y velocidad del aire y (b) Comportamiento de la temperatura en la placa absorbidora y la pared translúcida simulada.

Como se puede observar en la Figura 6 (a) para la entrada y la salida del aire de la cavidad, se obtuvo una diferencia de temperaturas máxima de 2.8°C y una diferencia de temperatura promedio de 2.4°C. Mientras que, se obtuvo una velocidad del flujo de aire máxima y promedio de 0.41 y 0.32 m/s, respectivamente. Se puede observar que el comportamiento de la velocidad del flujo de aire está ampliamente ligado a la temperatura en el interior de la cavidad presentando tendencias similares, se puede decir que el comportamiento de la velocidad del flujo de aire es directamente proporcional al comportamiento de la diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida.

Respecto a la temperatura en la placa absorbidora y pared translúcida simulada, se puede observar en la Figura 6 (b) que la temperatura promedio alcanzada fue de 75.5°C y 42.7°C respectivamente. Una vez que se alcanzó el estado permanente, se presentó un comportamiento decreciente de las temperaturas debido a la variación de la temperatura ambiente exterior, sin embargo, la diferencia de temperatura promedio entre la placa absorbidora y la pared translúcida simulada se mantiene constante en 32.8°C.

En la Figura 7 se muestra una imagen termográfica del comportamiento de la temperatura sobre la pared translúcida simulada durante la prueba, tomada con una cámara termográfica Fluke Ti400, con incertidumbre de 2°C. Como se puede observar la temperatura de la pared translúcida simulada fue de 48.9°C, este valor se encuentra dentro del rango de la temperatura máxima obtenida de las mediciones de la Figura 6 (b), que fue de 46.0°C. La diferencia entre la

temperatura promedio obtenida de la imagen termográfica y las mediciones experimentales fue de 2.9°C . Esta diferencia se puede atribuir al valor de la emisividad ($\varepsilon = 0.7$) de la cinta con la que se recubrió la resistencia eléctrica considerada en la imagen y a la incertidumbre de la medición de la cámara termográfica. La imagen termográfica fue tomada con el fin de verificar la homogeneidad en la distribución de temperatura.



Figura 7. Perfil de temperatura de la cámara termográfica.

En la Figura 8 se presenta el comportamiento de los flujos de calor a través de la pared aislante lateral derecha (q_{ld}), la pared aislante lateral izquierdo (q_{li}) y la pared posterior de la placa absorbadora (q_p). Se puede observar que los flujos de calor promedio fueron 3.33 W , 4.72 W y 48.62 W para q_{ld} , q_{li} , y q_p respectivamente. En las paredes laterales las pérdidas de calor pueden considerarse poco significativas considerando la potencia suministrada al sistema. Por otro lado, las pérdidas de calor en la pared posterior de la placa absorbadora presentaron valores cercanos a los 50 W , debido a que se encuentra en contacto directo con la placa absorbadora, que es la zona de suministro de energía. Estos valores de flujo de calor obtenidos son de interés porque permiten conocer con precisión la cantidad de energía que se transfiere al aire y la que se pierde por las paredes del sistema, lo cual permite cuantificar el efecto de las componentes en el sistema.

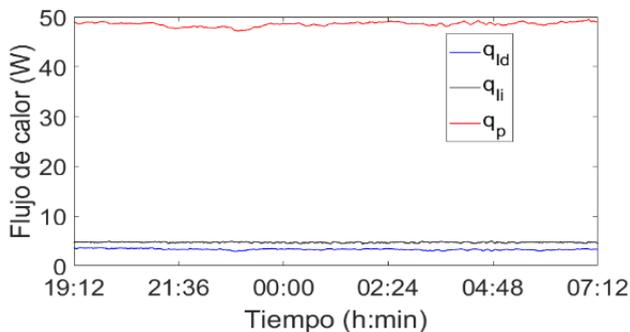


Figura 8. Flujos de calor de las paredes con material aislante, para la prueba de funcionalidad.

En la Figura 9 se presenta el comportamiento de la temperatura y velocidad para la prueba con una apertura de 0.125 m , con suministro de potencia de 720 W en la placa absorbadora, 80 W en la pared translúcida simulada y 60° de inclinación con respecto a la horizontal. Como se puede observar en la Figura 9 (a) para la entrada y salida del aire de la cavidad, se obtuvo una diferencia de temperatura máxima de 7.8°C y una temperatura promedio de 7.5°C . Para el flujo de aire se obtuvo una velocidad máxima de 0.40 m/s y una velocidad promedio de 0.37 m/s . Para este caso, se puede observar que la velocidad del flujo de aire tiene un comportamiento inverso al comportamiento de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de la cavidad; la diferencia de temperaturas aumenta, mientras que la velocidad de entrada disminuye.

En la Figura 9 (b) se puede observar que, una vez que alcanzo el estado permanente, el comportamiento de la temperatura en la placa absorbadora y pared translúcida simulada se mantuvieron constantes con una diferencia de temperatura promedio de 38.2°C . La placa absorbadora y la pared translúcida simulada alcanzaron una temperatura promedio de 86.6°C y 48.4°C respectivamente.

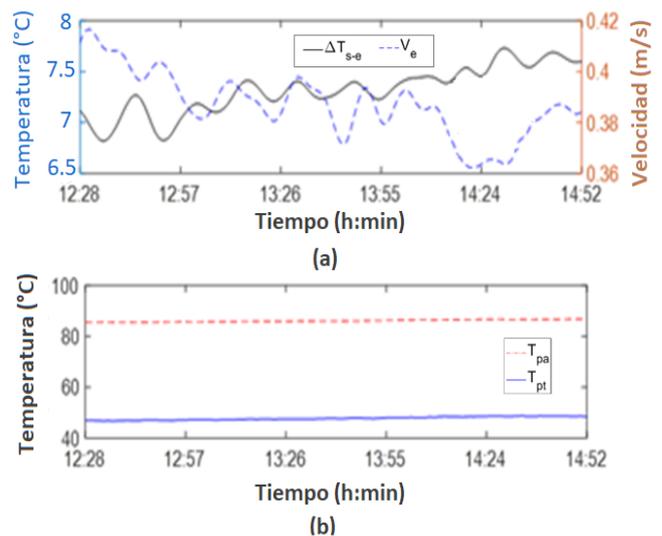


Figura 9. Comportamiento del fluido para la prueba a 60° de inclinación, (a) Temperatura y velocidad del aire y (b) Comportamiento de la temperatura en la placa absorbadora y la pared translúcida simulada.

En la Figura 10 se presenta el comportamiento de los flujos de calor a través de las paredes con aislante, para un ángulo de inclinación de 60° . Se puede observar que los flujos de calor promedio fueron 1.5 W , 1.83 W y 59.77 W para q_{ld} , q_{li} , y q_p respectivamente. Como puede observarse en la gráfica, las pérdidas calor de las paredes laterales son menores a las pérdidas en comparación con la pared posterior de la placa absorbadora, en donde se tiene la mayor pérdida de energía del sistema. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en la prueba de funcionalidad.

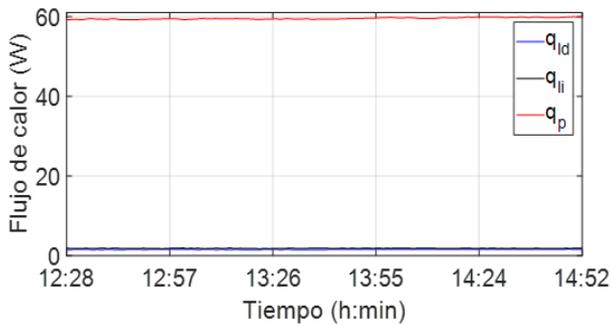


Figura 10. Flujos de calor de las paredes con material aislante, para la prueba a 60°.

De acuerdo con el procedimiento experimental presentado en la sección anterior, también se realizaron pruebas experimentales con los ángulos de 30° y 90° con respecto a la horizontal, bajo las mismas condiciones que la prueba a 60°. En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de las variables obtenidas para los ángulos de inclinación de 30, 60 y 90°. Se puede observar que al cambiar de ángulo de 30-90°, se presentaron diferencias poco significativas en la temperatura de la placa absorbidora y la pared translúcida simulada. Este mismo comportamiento se pudo observar para los flujos de calor de la pared lateral derecho e izquierdo. Mientras que el flujo de calor a través de la pared posterior y la velocidad de entrada disminuyeron a medida que la chimenea se inclinaba acercándose a la horizontal.

Dentro de los resultados más importantes, se puede observar que la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida incremento a medida que el ángulo de inclinación fue menor (30°), mientras que, la velocidad del fluido a la entrada disminuyo. Estos resultados indican que se presentó un mayor tiempo de residencia del fluido cuando el ángulo de inclinación fue de 30°, lo cual permitió que el fluido incrementara su temperatura. La diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de aire de la cavidad disminuyó 1.5°C cuando el ángulo se modificó de 90° a 30°.

Tabla 1 – Promedio de las variables obtenidas en estado permanente para la prueba a 720 W en la placa absorbidora, apertura de 0.125 m y 80 W en la pared translúcida simulada.

Ángulo (°)	T_{pa} (°C)	T_{pt} (°C)	ΔT_{s-e} (°C)	V_e (m/s)	q_{li} (W)	q_{ld} (W)	q_p (W)
30	85.2	46.1	8.5	0.32	1.84	1.58	58.51
60	86.6	48.4	7.5	0.37	1.83	1.57	59.77
90	88.0	48.6	7.0	0.38	1.86	1.25	64.55

Los resultados obtenidos de la prueba de funcionalidad con una apertura de 0.28 m muestra que en posición vertical (90°), la chimenea permite alcanzar una diferencia de temperatura máxima de 2.8°C, con un comportamiento similar en la diferencia de temperaturas de entrada y salida del flujo de aire con la velocidad de entrada; mientras que

para una apertura de 0.125 m con una inclinación de 90°, se puede observar que la diferencia de temperatura máxima fue de 7.3°C. Se pudo observar un aumento en la velocidad de entrada del flujo de aire y en la diferencia de temperatura de entrada y salida.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas hasta el momento, se puede observar un cambio significativo al variar la apertura de la cavidad y el ángulo de inclinación, que influyen sobre la temperatura de las placas, en la velocidad de entrada del flujo de aire, en los flujos de calor en las paredes con aislante, y en la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida. Estos resultados preliminares sugieren un estudio de las variables, lo anterior, con el fin de poder optimizar el desempeño de este sistema pasivo y evaluar su factibilidad de uso y escalar el sistema a un prototipo más grande dependiendo de los requerimientos de confort térmico en las edificaciones.

5. Conclusión

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en este trabajo muestran el potencial de la chimenea propuesta, ya que se pueden observar resultados favorables en el comportamiento del flujo del aire, debido al cambio en la apertura de la cavidad ya que, al reducir la separación entre las placas, este muestra un incremento en su velocidad, a causa de la potencia suministrada. Esto indica que la chimenea es capaz de remover el calor de las paredes del sistema experimental y que puede simularse el comportamiento de la absorbancia solar, para este caso de hasta 500 W/m².

Se puede concluir que el comportamiento que presenta el flujo de aire cambia al variar el ángulo de inclinación, y que al cambiar la separación entre las placas hay un incremento en la diferencia de temperaturas de la entrada y la salida. Además, se pudo observar que las pérdidas de calor hacia el exterior del sistema son poco significativas comparadas con el calor generado en el interior de la cavidad. Por lo tanto, el diseño propuesto en este trabajo permite la convección natural de un sistema de ventilación pasivo. Sin embargo, es necesario realizar un análisis paramétrico variando la cantidad de energía absorbida, la apertura de la cavidad y el ángulo de inclinación para optimizar el funcionamiento del sistema experimental como un sistema pasivo eficiente para contribuir al confort térmico en las edificaciones.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), por el apoyo brindado.

REFERENCIAS

- [1] N. Kalkan, İ. Dağtekin, Passive cooling technology by using solar chimney for mild or warm climates, Therm.

- Sci. **20** (2016) 2125–2136.
- [2] L. Shi, G. Zhang, X. Cheng, Y. Guo, J. Wang, M.Y.L. Chew, Developing an empirical model for roof solar chimney based on experimental data from various test rigs, *Build. Environ.* **110** (2016) 115–128.
- [3] S. Chungloo, B. Limmeechokchai, Utilization of cool ceiling with roof solar chimney in Thailand: The experimental and numerical analysis, *Renew. Energy.* **34** (2009) 623–633.
- [4] R. Khanal, C. Lei, An experimental investigation of an inclined passive wall solar chimney for natural ventilation, *Sol. Energy.* **107** (2014) 461–474.
- [5] A. Al Touma, K. Ghali, N. Ghaddar, N. Ismail, Solar chimney integrated with passive evaporative cooler applied on glazing surfaces, *Energy.* **115** (2016) 169–179.
- [6] R.S. Vieira, A.P. Petry, L.A.O. Rocha, L.A. Isoldi, E.D. dos Santos, Numerical evaluation of a solar chimney geometry for different ground temperatures by means of constructal design, *Renew. Energy.* **109** (2017) 222–234.
- [7] E.M.A. Mokheimer, M.R. Shakeel, J. Al-Sadah, A novel design of solar chimney for cooling load reduction and other applications in buildings, *Energy Build.* **153** (2017) 219–230.
- [8] I. Zavala-Guillén, J. Xamán, I. Hernández-Pérez, I. Hernández-López, M. Gijón-Rivera, Y. Chávez, Numerical study of the optimum width of a diurnal double air-channel solar chimney, *Energy.* (2018).
- [9] R. Bassiouny, N.S.A. Korah, Effect of solar chimney inclination angle on space flow pattern and ventilation rate, *Energy Build.* **41** (2009) 190–196.
- [10] A.A. Saleem, M. Bady, S. Ookawara, A.K. Abdel-Rahman, Achieving standard natural ventilation rate of dwellings in a hot-arid climate using solar chimney, *Energy Build.* **133** (2016) 360–370.
- [11] V. Siva Reddy, M. Premalatha, K.R. Ranjan, Experimental studies on solar chimney for enhanced ventilation, *Int. J. Sustain. Energy.* **31** (2012) 35–42.