



Revista de la Construcción

ISSN: 0717-7925

revistadelaconstruccion@uc.cl

Pontificia Universidad Católica de Chile
Chile

PÉREZ CASTRO, H.; FLORES, J.; LÓPEZ, A.

Análisis de la ventilación inducida en un espacio habitable, mediante un sistema de Chimenea Hidro-Solar

Revista de la Construcción, vol. 12, núm. 2, noviembre, 2013, pp. 127-138

Pontificia Universidad Católica de Chile

Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127629284010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

*Analysis of Ventilation
induced in a Livable Space
through a hydro-solar
Chimney System*

Análisis de la ventilación inducida en un espacio habitable, mediante un sistema de Chimenea Hidro-Solar

Autores

PÉREZ CASTRO, H. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
División Académica de Ingeniería y Arquitectura.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km. 1, Col. La Esmeralda,
C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.
dearqayd@gmail.com

FLORES, J. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
Jorgeflores2330@gmail.com

LÓPEZ, A. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
arqalo@hotmail.com

Fecha de recepción 10/5/2013

Fecha de aceptación 1/8/2013

Código interno RDLC 0133

Resumen

El Cuerpo Académico Arquitectura y Tecnología Ambiental de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, desarrolla la Línea de Investigación Arquitectura y Medio Ambiente, realiza análisis sobre el diseño y la arquitectura bioclimática, teniendo como premisa la sustentabilidad entre usuario, entorno y espacio construido. Este último, en sitios con clima cálido húmedo, presenta incomodidad térmica debido a los altos índices de temperatura y humedad relativa, condición mitigada mediante equipos de aire acondicionado que repercuten en el gasto energético y la economía del usuario. De acuerdo con la arquitectura bioclimática una técnica pasiva para este hecho es la ventilación. La presente investigación es la tercera etapa de

una propuesta de ventilación inducida. Consistió en la simulación del sistema denominado Chimenea Hidro-Solar, empleando tubería de cobre y agua como elementos captadores de calor. Se planteó el diseño, construcción y evaluación del prototipo. Se construyeron modelos, del espacio proyectado y de referencia, a escala 1:6, observando las dimensiones establecidas por el Reglamento de Construcción para una recámara. El análisis se centró en obtener, valorar y categorizar los datos de magnitud del viento que conllevaron a evaluar el comportamiento del espacio. Los datos validaron el sistema propuesto, proporcionando alternativas de acondicionamiento pasivo al espacio habitable.

Palabras clave: Chimenea solar, ventilación inducida, sistemas pasivos.

Abstract

The academic group called Architecture and Environmental Technology of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, develops Line Architecture and Environmental Research, producing analyzes on the design and bioclimatic architecture, with the premise of sustainability between user space and built environment. The latter, presents thermal discomfort due to the high levels of temperature and relative humidity, condition is mitigated by air conditioners that affect energy expenditure and the economy user. According to the bioclimatic architecture a passive technique for this, is ventilation. This research is the third stage of a proposal

on ventilator-induced. It consisted of the simulation system called Hydro-Solar Chimney, using copper tubing and water and heat sensors elements. The steps contemplated the design, construction and evaluation of the prototype. Models were constructed, the projected space and reference, 1:6 scale, noting the dimensions set by the Building Code of the State of Tabasco. The analysis focused on obtaining, evaluating and categorizing the magnitude of the wind data that led to evaluate the behavior within the space. Schematized data validated the proposed system, providing passive conditioning alternative to living space.

Keywords: Solar chimney, induced ventilation, passive systems.

1. Introducción

La climatización y los electrodomésticos en general ocupan en el promedio nacional el tercer lugar. Las viviendas del norte de México, cuyo clima es cálido-seco, y las de las costas, con clima cálido-húmedo, demandan mayor energía para la climatización y, por lo tanto, en estas zonas el uso de energía para climatización ocupa el segundo lugar de consumo. Ante la falta de información oficial y con base en entrevistas a los desarrolladores de vivienda y experiencia de los investigadores, se asume que en el norte y el sureste, el uso de aire acondicionado es muy alto y rebasa a los demás equipos (CONAFOVI 2006).

Debido al creciente interés de la problemática energética a nivel mundial, en el campo de la arquitectura se ha retornado a incluir dentro del diseño de edificios el aprovechamiento al máximo de las características medioambientales proporcionadas por el lugar de sitio. Por lo que la tendencia es la implementación de las técnicas pasivas de climatización. La climatización pasiva consiste en la utilización de procedimientos constructivos para el control del ambiente interno, reduciendo con ello el uso de los equipos mecánicos y aumentando consecuentemente la eficiencia energética de la edificación.

El término pasivo se refiere a que en todos los casos la energía transferida para y desde el edificio, se da por medio de un proceso natural, por conducción, convección y radiación, donde intervienen los componentes del edificio, tratando de que la intervención de sistemas mecánicos externos sea mínima. Y de esta manera lograr que en el interior del edificio se den las condiciones de comodidad térmica para los habitantes del mismo (Sámano, *et al.* 1997).

A raíz de estos acontecimientos, y como usuario de edificaciones emplazadas en el clima antes mencionado, resulta prioritario continuar en esta línea y aportar soluciones alternativas. Tal es el caso de este trabajo que busca diseñar y evaluar un sistema experimental de tipo pasivo que permita la inducción de ventilación mediante el manejo de la radiación solar.

Cada región presenta características específicas ambientales, por lo que la tipología de los edificios debe responder a soluciones particulares y únicas. Es por esto que la arquitectura tradicional ha manifestado, a lo largo de la historia, características arquitectónicas regionales. Adecuadamente, la arquitectura bioclimática busca precisamente implementar modelos que respondan a las condiciones geográficas y climáticas, por lo que no puede generar un prototipo que sea repetitivo.

El clima cálido húmedo, que presenta la región de estudio es de los más difíciles de tratar. De toda la gama de estrategias pasivas solo dos resuelven esta dificultad: ventilación y sombreadamiento (Tudela, 1982). Al respecto, Givoni (1992) menciona que en países con alta temperatura y humedad, el tema de la velocidad del aire al interior en edificios merece atención especial. La necesidad por permanecer en rangos del confort térmico obliga a los usuarios al empleo de equipos de ventilación, tanto de día como de noche.

La mayoría de las viviendas ubicadas en clima cálido-húmedo presentan problemas de incomodidad térmica, tal es el caso de Tabasco, debido a los altos índices de temperatura y humedad la mayor parte del año, por lo que es fácil alcanzar en promedio 36°C en la época calurosa, con máximas de hasta 42°C, el rango de humedad relativa promedio es del 55% al 65% (Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua, 2011), de acuerdo con estos datos se establece que las edificaciones requieren de enfriamiento.

Generalmente, la mitigación de este problema se resuelve mediante la utilización de equipo de acondicionamiento eléctrico, lo que repercute en el gasto energético y en la economía de sus ocupantes. El enfriamiento más efectivo en el ser humano se produce en la superficie de la piel, por lo tanto el movimiento del aire tiene un papel muy importante dentro del proceso de enfriamiento. Sin embargo, en este lugar el viento se mueve a velocidades bajas manteniéndose en dos direcciones predominantes, noreste y sureste (García, 1995). Tal como se menciona anteriormente, la situación puede resolverse mediante las estrategias pasivas de ventilación, una de ellas es la chimenea solar.

El sistema chimenea solar ha sido objeto de estudio en lugares con clima cálido-húmedo, tales como los efectuados por Nugroho (2009), quien realizó una investigación de tipo experimental en Malasia, midiendo la tasa de ventilación natural de un solo dormitorio en una vivienda de una planta típica.

Otra investigación efectuada por Wong, Prasad y Behnia (2008), analiza diversas configuraciones de doble fachada, como estrategias de ventilación natural, recurriendo a la idea del efecto chimenea, con el fin de determinar el confort térmico proporcionado al interior de edificios de varias plantas, ubicados en clima cálido y húmedo.

Atendiendo a la problemática planteada, esta investigación pretende contribuir con una solución que economice en el gasto energético. Consistió en diseñar y evaluar el prototipo denominado Chimenea Hidro-

Solar, aprovechando el recurso solar para inducir ventilación en condiciones cálido-húmedas, fundamentado en los sistemas pasivos de climatización.

2. Objetivo

Evaluar el comportamiento al interior de un espacio habitable referente a la ventilación producida por el prototipo Chimenea Hidro-Solar teniendo como base el sistema Chimenea Solar, con el fin de mostrar la duración del tiempo de ventilación por inducción.

3. Materiales y Métodos

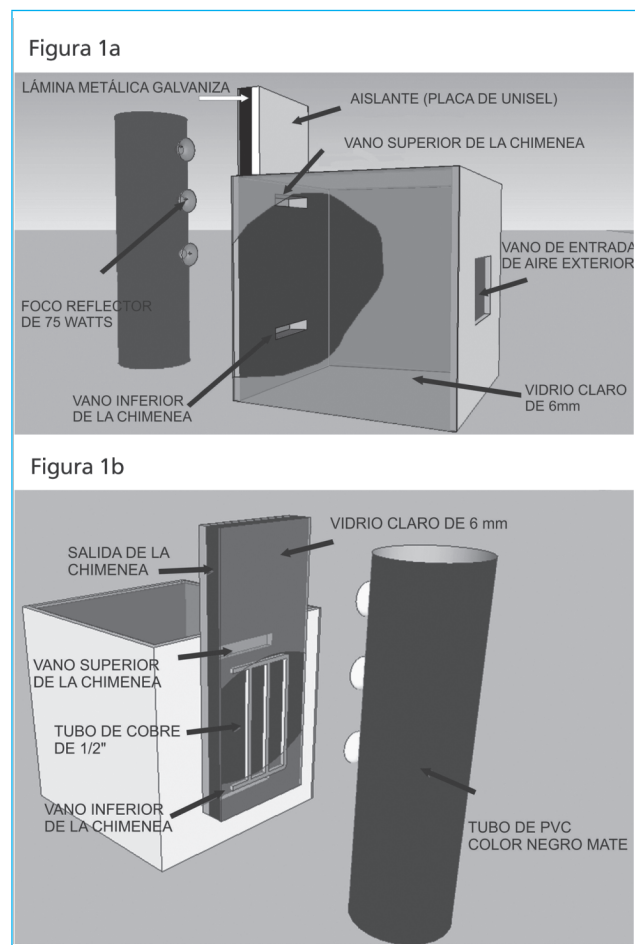
El sistema propuesto fue basado en el sistema Chimenea Solar originalmente está formado por un elemento captador (vidrio y/o metal pintado de negro mate) y en ocasiones un elemento acumulador (muros o techo) de energía calorífica. En general sobresale por encima de la techumbre, dentro de la cual se calienta una masa de aire que asciende y después es desfogada a la atmósfera, efecto que es provocado debido a las diferencias de temperatura entre masas de aire. Tiene como fin generar, en el interior del espacio habitable, corrientes de aire a través del efecto convectivo.

La propuesta de Chimenea Hidro-Solar, ver Figura 1, consta de una entrada de aire fresco del exterior, que ingresa al recinto habitable, y de una cámara de aire. El aire contenido en la habitación penetra dentro de la cámara, mediante vanos en la parte inferior y superior del muro al que se adosa. En cuanto el aire entra en la cámara, se calienta, comienza a ascender y fluye al exterior. Este flujo produce una succión que absorbe el aire más fresco del ambiente interior a través de los vanos. Este ciclo de movimiento natural del aire se denomina convectivo. La cámara es construida con lámina metálica pintada de negro mate y cerrada en una de sus caras con vidrio, se instala en la parte exterior del muro con mayor asoleamiento. Para una mejor eficiencia del sistema se adosa al muro una parrilla formada por ductos de cobre, los cuales contendrán agua. La función de este último elemento es el de mantener por mayor tiempo la temperatura alta y por consiguiente el efecto convectivo. Este planteamiento, para evitar el incremento de la temperatura en el interior del espacio, considera un material aislante entre la Chimenea y el muro al cual fue adosado. El techo es considerado plano, debido a que la mayoría de las viviendas en el estado presentan este tipo.

El estudio se realizará en las instalaciones de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, ubicada en la

ciudad de Cunduacán, Tabasco. Latitud 18°4' Norte y longitud 93°10' Oeste.

Figura 1. Sistema propuesto Chimenea Hidro-Solar, vista frontal (arriba) y vista posterior (abajo)



Consta de dos etapas:

La primera consistió en la revisión bibliográfica acerca de las características y funcionamiento del sistema Chimenea Solar. Se indagó sobre las aplicaciones que ha tenido, los factores climáticos que intervienen, el material, las causas y efectos que produce, el beneficio térmico que se pueda obtener en función de las corrientes de aire provocadas y los cálculos que atañen este sistema. El análisis de la información recopilada dio la perspectiva para el diseño de un nuevo sistema denominado Chimenea Hidro-Solar.

En la segunda etapa se construyó y evaluó la propuesta a través de modelos a escala. Se fabricaron dos Modelos, uno que implicó el sistema Chimenea Hidro-Solar y otro que fungió como elemento Referente, este último comprende el sistema original de Chimenea Solar. Ambos modelos fueron elaborados con los mismos materiales, el propósito fue comparar sus comportamientos. La evaluación del sistema implicó la instalación de equipo para el levantamiento de datos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y velocidad de viento (m/s).

Los materiales empleados en la construcción de los Modelos fueron: madera, vidrio, lámina metálica pintada de negro mate y tubería de cobre, ver Figura 2. Las proporciones se establecieron con base en las dimensiones mínimas de una recámara dispuestas por el Reglamento de Construcción, $3\text{m} \times 3\text{m}$. Habitación seleccionada de la vivienda, en la que mayor tiempo pasan los usuarios. La escala de dimensionamiento empleada fue 1:6.

Para poder simular la energía calorífica que incidirá sobre la Chimenea, se construyen también dos portálámparas que permiten calentar de manera uniforme la superficie expuesta, ver Figura 3.

El procedimiento del levantamiento de datos se realizó con los siguientes instrumentos: Adquisidores de temperatura (unidad de medida en $^{\circ}\text{C}$), y anemómetro (unidad de medida m/s). Los ciclos de registro se realizaron cada quince minutos.

Figura 2. Modelo a escala del sistema Chimenea Hidro-Solar (izquierda), Modelo Referente (derecha)

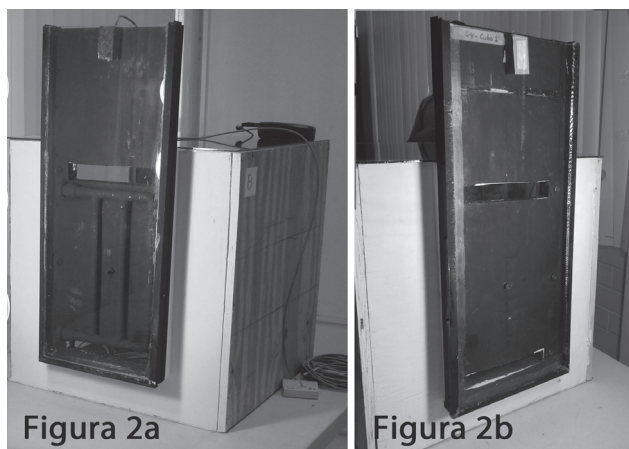


Figura 3. Lámparas que simulan la energía calorífica



El registro del comportamiento se efectuó paralelamente en ambos Modelos (Figuras 4 y 5) en dos momentos diferentes, tal como se muestra en las Figuras 6 y 7. El experimento se realizó en dos momentos diferentes debido a que solo se contaba con dos anemómetros para el registro de datos: En un Primer Momento los equipos fueron colocados en el Vano Inferior y en un Segundo Momento en el Vano Superior de la Chimenea. A fin de monitorear los sucesos en el interior del recinto, se instalaron para ambos momentos, sensores de temperatura en el Vano de Entrada al Recinto, en los Vanos Inferior, Superior y Salida de la Chimenea, así como en el exterior. La visualización de la trayectoria del aire se obtuvo empleando plumas de humo (Smoke-Pen).

A continuación se señala la ubicación del equipo en las plantas para el Primer y Segundo Momentos, véase Figuras 4 y 5. En seguida se observan los alzados para el Primer Momento, ver Figura 6. Acto continuo se exponen los alzados para el Segundo Momento, ver Figura 7.

Figura 4. Croquis de Planta, Modelo de Referencia

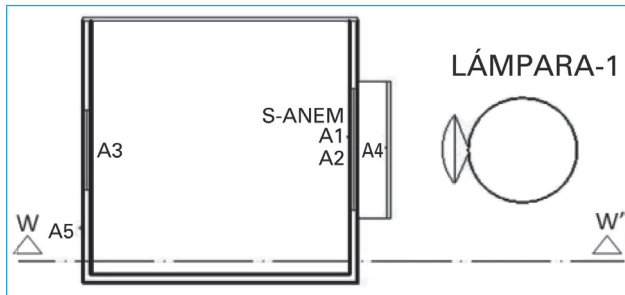


Figura 5. Croquis de Planta, Modelo Chimenea Solar

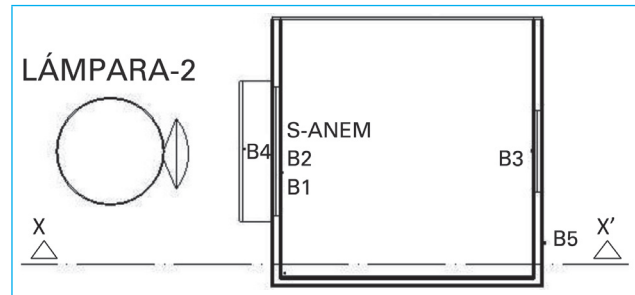


Figura 6. Alzado de la ubicación de los sensores en los Modelos de Referencia y Chimenea Solar (de izquierda a derecha), Primer Momento

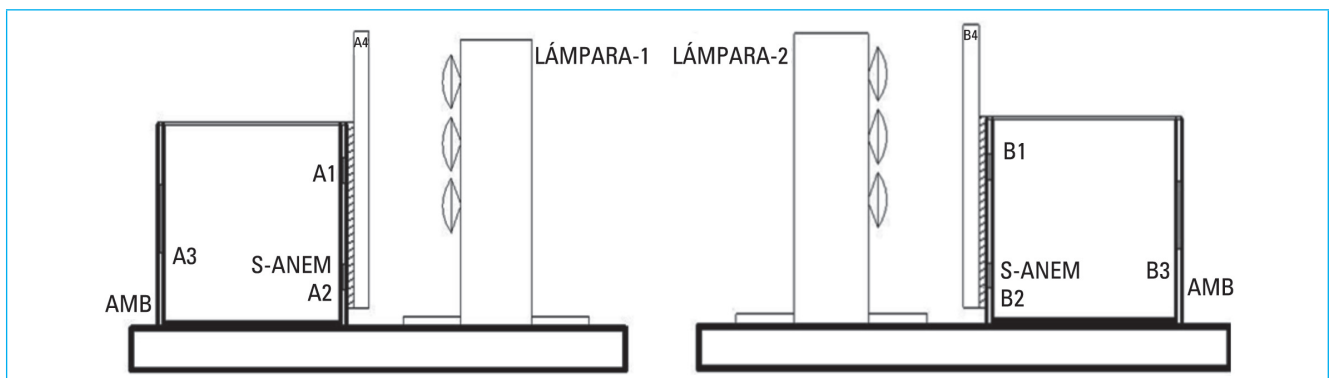
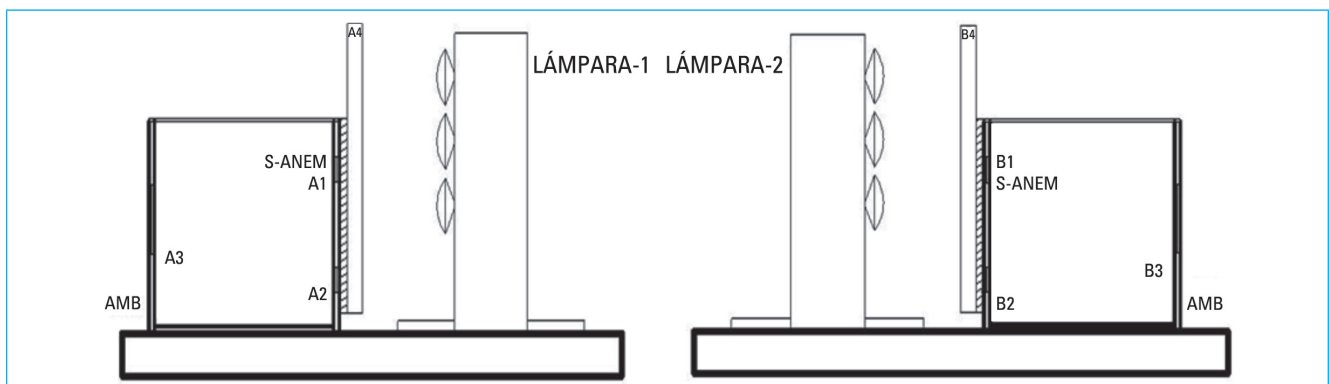


Figura 7. Alzado de la ubicación de los sensores en los Modelos de Referencia y Chimenea Solar (de izquierda a derecha), Segundo Momento



4. Resultados

Mediante los trazadores de humo se pudo distinguir claramente la trayectoria del aire y la fuerza de succión en los vanos de la Chimenea, ver Figuras 8 y 9, verificándose con esto su funcionamiento.

Figura 8. Trayectoria de la succión del aire, Vano Superior

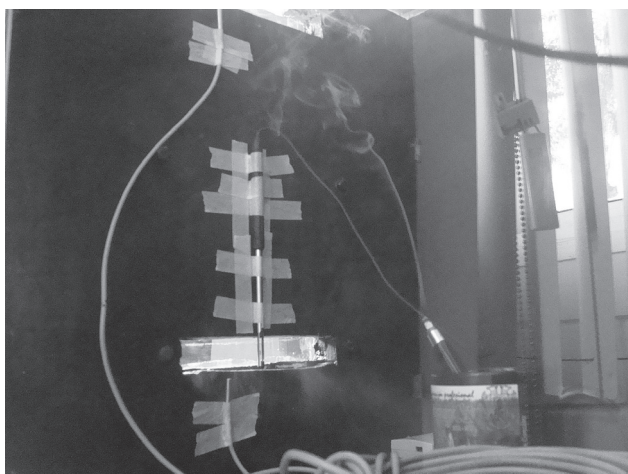
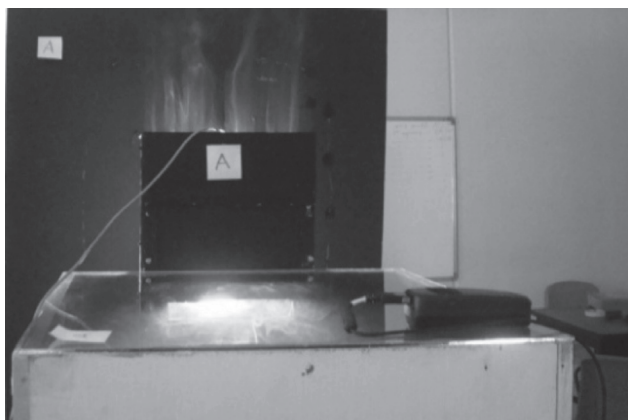
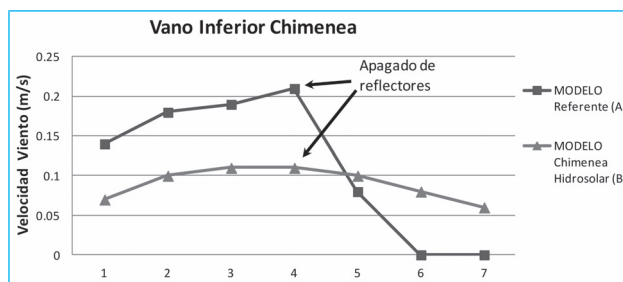


Figura 9. Salida del aire por la Chimenea



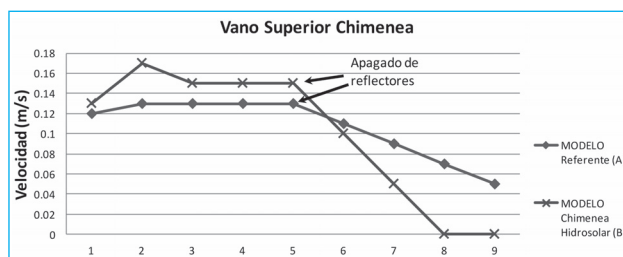
En ambos módulos, el recorrido del humo se presentó de manera constante hacia el Vano Superior, logrando acceso a la Cámara de Aire, y posteriormente ser expulsado por la Salida de la Chimenea. Los valores concernientes a la velocidad del viento en los Vanos Inferior y Superior de los Modelos se advierten en los gráficos 10, 11 y 12.

Figura 10. Gráfico Primer Momento (sensor ubicado en el Vano Inferior de la Chimenea)



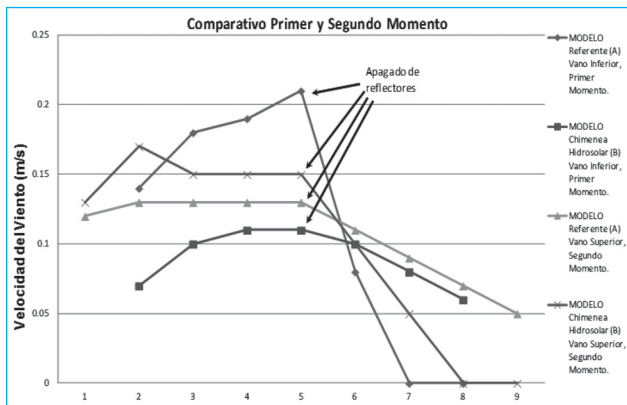
De acuerdo con los registros, la velocidad más alta se muestra en el Modelo Referente, sin embargo, los datos en la Chimenea Hidro-Solar fueron más uniformes y se mantuvieron con cierta velocidad por un periodo de tiempo más largo.

Figura 11. Gráfico concerniente al Segundo Momento (sensor ubicado en el Vano Superior de la Chimenea)



Para este Momento, la situación se invirtió, los valores más altos se manifestaron en el Modelo Chimenea Hidro-Solar, en el otro Modelo el comportamiento fue homogéneo y se prolongó el tiempo de trabajo. A continuación se describen las apreciaciones del desempeño en los Modelos Chimenea Hidro-Solar y Referente, ver Figura 12.

Figura 12. Gráfico comparativo de ambos Momentos



De acuerdo con el gráfico, el comportamiento de los Modelos se presentó de la siguiente manera:

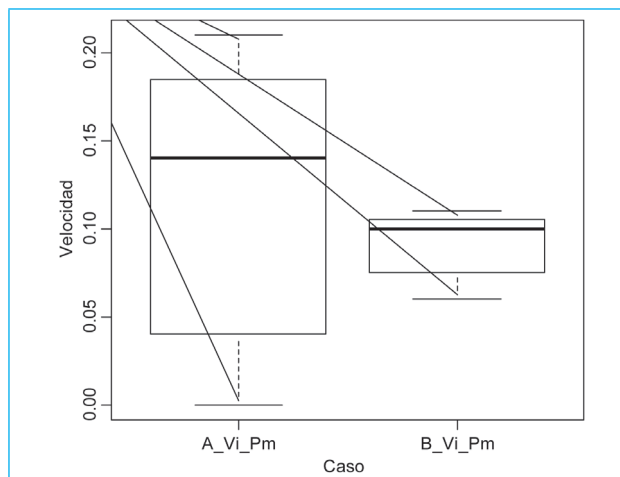
En el Modelo Chimenea Hidro-Solar: El desempeño de succión del aire manifestado por el Vano Inferior es notable. Hipotéticamente la sensación podría ser percibida por el usuario de manera inmediata, inclusive después de apagarse la fuente de energía calorífica. Cabe mencionar que el Vano Inferior se encuentra a 0.50m por encima del piso, lo que coincide con la altura de un usuario sentado.

El Vano Superior respecto del inferior tuvo variaciones muy marcadas, las velocidades de ambos después de llegar a su estabilización máxima fue entre 0.04 y 0.05m/s, no obstante, después de apagar los reflectores, el Vano Superior llega a 0m/s después de 45 minutos, mientras que el Inferior continúa trabajando. Modelo Referente: El desempeño de succión del aire manifestado por el Vano Inferior tuvo las velocidades más altas, con respecto a ambos Modelos, sin embargo, su trayectoria mostró desvaríos, el descenso a 0m/s se presentó más tempranamente que en cualquiera de los otros vanos, 30 minutos.

Seguidamente se describe el análisis estadístico mediante gráficas de caja. Para lo cual se construye la siguiente tabla con los datos de velocidad del viento registrados en el Vano Inferior de ambos modelos en un Primer Momento. A_Vi_Pm representa el Modelo Referente y B_Vi_Pm al Modelo con la Chimenea Hidro-Solar.

De la tabla anterior, los valores máximos de los casos A_Vi_Pm y B_Vi_Pm, son 0.21 m/s y 0.11 m/s, respectivamente, mientras los valores mínimos solo alcanzan 0.00 y 0.06 m/s en la misma correspondencia. La mediana para el caso de la Chimenea Solar es de 0.14 m/s, mientras para el caso de la Hidro-Solar es 0.10 m/s.

Figura 13. Diagrama de caja Vano Inferior, Primer Momento



Se muestra la gráfica de caja para los datos de la velocidad provocada en el vano inferior de las chimeneas. Esta gráfica indica que la distribución de las velocidades es bastante asimétrica, ya que tanto los valores de los brazos hacia la derecha y hacia la izquierda,

Tabla 1. Descriptivos básicos, Primer Momento

Caso	Mean	Median	SD	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
A_Vi_Pm	0.1142857	0.14	0.08866738	0.145	0.00	0.040	0.14	0.185	0.21	7
B_Vi_Pm	0.0900000	0.10	0.02000000	0.030	0.06	0.075	0.10	0.105	0.11	7

Mean: Media

SD: Desviación estándar

IQR: Espacio intercuartílico

como las longitudes de la caja derecha e izquierda son notoriamente desiguales. En ambos casos existe un sesgo de las cantidades hacia la izquierda. En el Referente los valores muestran una mayor dispersión respecto de la mediana, mientras que los puntajes de Chimenea Hidro-Solar están agrupados más cerca de la mediana. La inspección de esta representación revela que hay demasiada variabilidad entre la ventana inferior del Modelo Referente (A_Vi_Pm) y el Hidro-Solar (B_Vi_Pm) durante el Primer Momento.

Presentación de las cifras registradas en el Vano Superior de los dos Modelos, durante el Segundo Momento. A_Vs_Sm simboliza el Modelo Referente y B_Vs_Sm al Modelo con la Chimenea Hidro-Solar.

La mediana de los registros del caso Chimenea Solar corresponde a 0.12 m/s y de 0.13 m/s para el caso Chimenea Hidro-Solar. En cuanto a las desviaciones estándar el primero arroja 0.030 m/s, mientras que el segundo tiene valor de 0.067 m/s, respectivamente. Los mínimos se ubican en 0.05 m/s y 0.00 m/s, mientras los máximos alcanzan los 0.13 m/s y los 0.17 m/s.

Al analizar este Segundo Momento mediante diagramas de caja (ver Figura 14), se observa que el comportamiento se invierte, ahora los registros más compactos corresponden al Referente.

Por lo correspondiente a lo indicado en el diagrama de caja de la Figura 14, se muestra asimetría con respecto de la mediana. Existe mayor dispersión en las cifras de la Chimenea Hidro-Solar. El sesgo se observa en ambos casos hacia la izquierda.

En la Figura 15 se tiene una perspectiva completa de la conducta del viento en los Vanos Superior e Inferior durante los dos Momentos. Al comparar los números se observa que los valores más compactos se presentan en la Chimenea Hidro-Solar, lo que plantea una base de datos más uniforme, asegurando la ventilación cruzada e inducida. Mientras tanto en el Modelo Referente, se presentan los valores más altos y dispersos.

Figura 14. Diagrama de caja velocidades en el Vano Superior, Segundo Momento

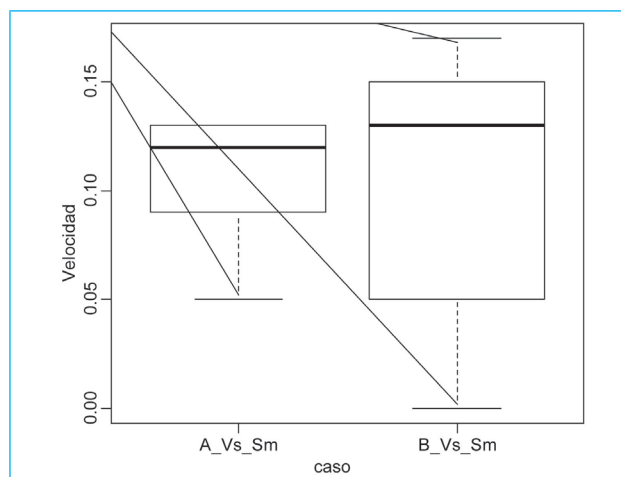


Figura 15. Diagrama de caja, comparativa de los Momentos estudiados

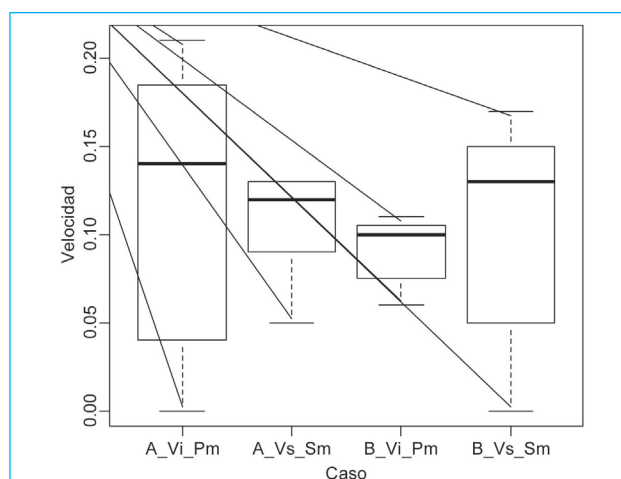


Tabla 2. Descriptivos básicos, Segundo Momento

Caso	Mean	Median	Sd	IQR	0%	25%	50%	75%	100%	n
A_Vs_Sm	0.1066667	0.12	0.03000000	0.04	0.05	0.09	0.12	0.13	0.13	9
B_Vs_Sm	0.1000000	0.13	0.06689544	0.10	0.00	0.05	0.13	0.15	0.17	9

Mean: Media

Sd: Desviación estándar

IQR: Espacio intercuartílico

En general, la evaluación demostró, a través del análisis de los registros de velocidad del viento, que el sistema Chimenea Hidro-Solar tuvo un comportamiento menos variable y el funcionamiento se mantuvo por más tiempo que el referente. Sin embargo, los valores más altos los obtuvo este último.

En la realización de este experimento, también es atendido el factor del calentamiento en la Chimenea como elemento decisivo en el desalojo de las capas superiores de aire, por lo que la temperatura es evaluada. Relativo a estos resultados surge una interrogante, ¿cuál es el comportamiento de la temperatura al interior del espacio habitable? A continuación se presentan los registros de temperatura. En la Figura 16 y 17 se observa que los patrones en las temperaturas de los Modelos en general son semejantes.

Figura 16. Gráfico de temperaturas, Modelo Chimenea Hidro-Solar

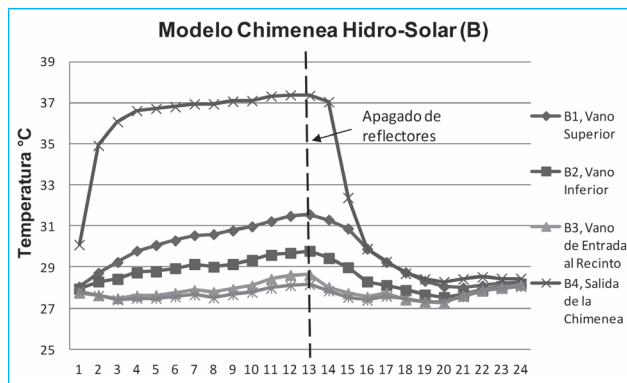


Figura 17. Gráfico de temperaturas, Modelo Referente

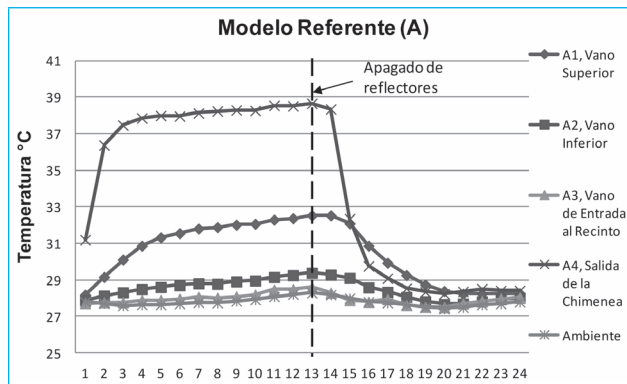
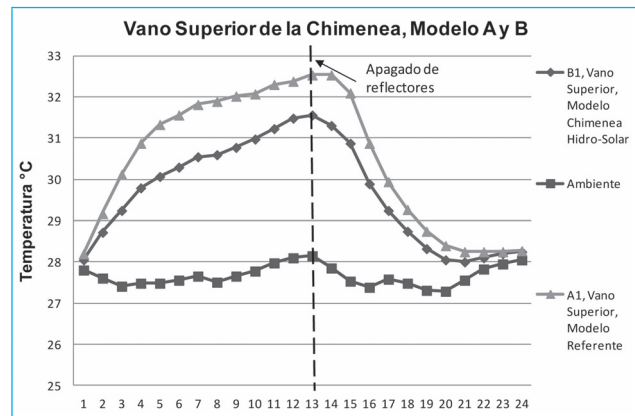


Figura 18. Gráfico de temperaturas, Vano Superior



Conforme a lo observado en la Figura 18, las temperaturas presentadas en el Vano Superior superan en 3.5°C (Modelo Chimenea Hidro-Solar) y 4.5°C (Modelo Referente) la temperatura ambiente. En general, al alcanzar la estabilización de la temperatura los sensores marcan una diferencia de aproximadamente 1°C entre ambos Modelos. Al apagar los focos reflectores, la caída de los datos es similar. De acuerdo con la Figura 19, hasta antes de apagarse la fuente de calor, los valores para los dos modelos son análogos, pero posteriormente las lecturas de la Chimenea Hidro-Solar caen ligeramente más rápido.

Figura 19. Gráfico de temperaturas, Vano Inferior

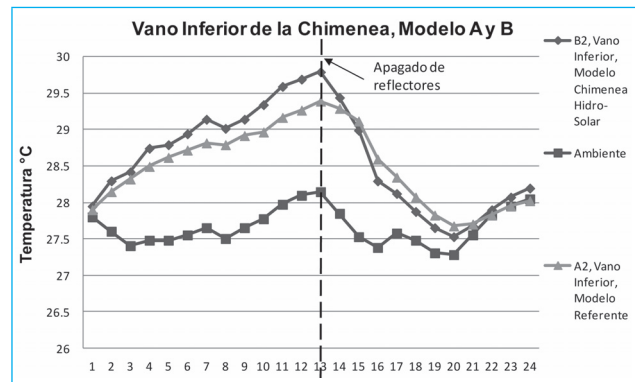
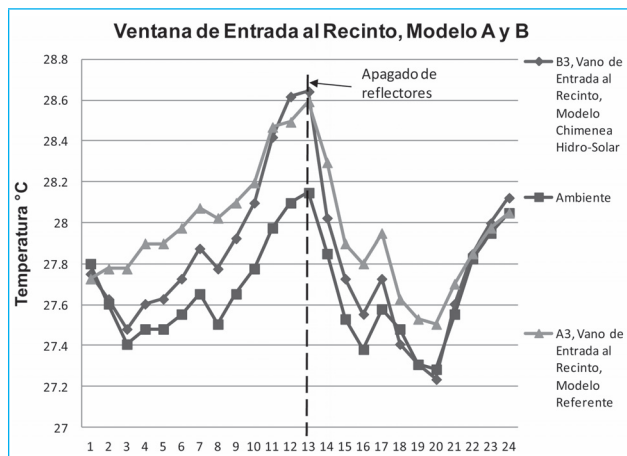


Figura 20. Gráfico de temperaturas, Vano de Entrada al Recinto



Se puede distinguir que en el Modelo Chimenea Hidro-Solar las cifras se encuentran sutilmente por debajo del otro Modelo, alrededor de 1°C, lo que no es significativo en cuestiones de comodidad térmica. También pudo identificarse que alcanza la temperatura ambiente en menor tiempo con respecto del Referente.

5. Conclusiones

Evaluar el comportamiento al interior de un espacio habitable referente a la ventilación producida por el prototipo Chimenea Hidro-Solar, teniendo como base el sistema Chimenea Solar, con el fin de mostrar la duración del tiempo de ventilación por inducción.

En México, la cultura del ahorro de energía se inició hace más de una década, pero los beneficios aún no son palpables. La sociedad mexicana requiere de nuevos diseños de viviendas que se adapten a sus

necesidades y que además modifiquen las tecnologías actuales, altamente consumidoras de energía, tratando de afectar de manera mínima el valor adquisitivo de la vivienda.

De manera global, el desarrollo de la presente investigación representa una contribución favorable al cuidado del medio ambiente, en el entendido que las acciones que conllevan a la transferencia de tecnología utilizando las fuentes de energía alternativas, tienen un reflejo directo en los procesos de sustentabilidad. Se concluye que este sistema logró el efecto convectivo debido a las variaciones de temperatura en su interior y a las velocidades del viento registradas. No obstante, es necesario seguir trabajando en determinar el aporte debido al agua contenida en los tubos de cobre y en el diseño de la entrada de aire fresco y la salida de la Chimenea. Particularmente, esta propuesta puede ser combinada con otros sistemas pasivos, tal como el techo escudo. Los sistemas pasivos deben ser sujetos de reingeniería para hacerlos más eficientes o bien validarlos en el contexto establecido.

También resultó indicativo que las reproducciones de Módulos a escala para simular situaciones reales, son de mucha ayuda en cuanto a la inversión de recursos económicos; mientras mayor sea la semejanza del Módulo con la realidad, habrá una mayor certeza en los resultados.

Esta investigación no pretende dar una receta, pues las condiciones climáticas de los distintos lugares y la orientación de las diferentes edificaciones son características no uniformes. Lo que se quiere plasmar, es que sí es posible plantear alternativas de solución para enfriamiento en climas cálidos-húmedos, diferente a las habituales, y aplicarlas, aunque su rendimiento no sea cien por ciento efectiva en comparación a cualquier equipo de acondicionamiento ordinario, sin embargo la suma de esfuerzos se verá reflejada a favor del medio ambiente.

Bibliografía

CONAFOVI (2006). *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*. Comisión Nacional del Fomento a la Vivienda. Distrito Federal (México).

García, J.R. (1995). *Viento y Arquitectura*. Editorial Trillas. Distrito Federal (México).

Givoni, B. (1992). Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, 18 (1) 11-23.

Nugroho, A.M. (2009). Solar Chimney Geometry for Stack Ventilation in a Warm Humid Climate. *International Journal of Ventilation*, 8 (1) 161-174.

Wong, P.C., Prasad, D. y Behnia, M. (2008). A new type of double-skin façade configuration for the hot and

humid climate. *Energy and Buildings*, 40 (10) 1941-1945.

Sámano, D., Morales, J. y Morillón, D. (1997). Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de Edificios Confortables de Máxima Eficiencia Energética. En I. Pilatowsky (Ed.), *Notas del Curso de Actualización de Energía Solar* (pp. 199-219). Universidad Nacional Autónoma de México.

Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. (2011). México, http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=107%3Atemperatura-maxima-por-entidad-federativa&catid=1&Itemid=112 [Revisado 4.11.2012].

Tudela, F. (1982). *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana. Distrito Federal (México).