

INCREMENTO DEL CONFORT TÉRMICO EN LAS VIVIENDAS DEL ESTADO GUANAJUATO A TRAVÉS DE ENFRIAMIENTO PASIVO

Pérez Hernández Paulina (1), Luviano -Ortiz J. Luis (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Guanajuato] | [perez.h.paulina@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [luis.luviano@ugto.mx]

Resumen

Atendiendo a la necesidad de mejorar el confort térmico en las viviendas del estado de Guanajuato debido a la falta de ventilación natural provocado por el aumento de la densidad de población, en este trabajo se realizó una simulación Fluido-Dinámica Computacional, CFD, la cual consistió en modelar una casa comercial implementada en el estado de Guanajuato, con el objetivo de conocer el comportamiento del aire al interior de la misma. Como resultado se obtuvo una propuesta que involucra el diseño de captadores de aire y redes de ductos distribuidos al interior de la casa, para que el enfriamiento pasivo sea óptimo y eficiente.

Abstract

Considering the need to improve the thermal comfort in the homes of the state of Guanajuato due to the lack of natural ventilation caused by the increase in population density, a Fluid-Dynamic Computation (CFD) simulation was performed in this work, which consisted of modeling a commercial house implemented in the state of Guanajuato, in order to know the behavior of the air inside the same one. As a result, a proposal was obtained that involves the design of air collectors and pipeline networks distributed to the interior of the house, so that the passive cooling is optimal and efficient.

Palabras Clave

Captadores de viento; Ventilación natural; Viviendas; Enfriamiento pasivo; Confort térmico.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la densidad de población ha aumentado gradualmente, y ha traído consigo la reducción del tamaño en las viviendas, y en el espacio entre una casa-habitación y otra.

Guanajuato se encuentra en la sexta posición con mayor densidad de población en México, con un promedio de 191 habitantes por kilómetro cuadrado, según la gráfica publicada en 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esta problemática provoca que los habitantes hagan uso de ventilación mecánica forzada para obtener un confort térmico, que a su vez contribuye a la contaminación del medio ambiente. La energía destinada a obtener el confort térmico representa un 6.7% de la energía consumida mundialmente, según el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD, por sus siglas en inglés) [1]. El enfriamiento pasivo podría hacer que este porcentaje disminuya en un 2.35%. Por tal motivo, el presente trabajo da continuación a la investigación a favor de la ventilación natural a través captadores de viento.

Murillo Saldaña [4] explica que la ventilación natural es una estrategia de enfriamiento pasivo que consiste en permitir la entrada y salida del aire de las casas. La ventilación natural depende de factores climáticos; velocidad, dirección del viento y el gradiente de temperaturas.

Para que estos factores sean considerados en el análisis, se debe tener cuidado en el diseño de la casa y la configuración de las construcciones del entorno, ya que podrían no ser favorables para la captación de aire, es por eso, que la implementación de un buen sistema de ventilación natural requiere un estudio cuidadoso de la orientación, tamaño y ubicación de las aperturas y/o captadores de aire.

Mediante el estado del arte se obtuvo información valiosa acerca del diseño de captadores y ductos en el estado de Guanajuato, así como datos relevantes de sus condiciones climáticas, para que la simulación fuera lo más cercana posible a la realidad. Cabe resaltar que la simulación es un paso importante en cualquier proyecto de implementación, debido a que permite predecir si es viable o puede tener fallas.

Por todos los motivos anteriores, y continuando con el proceso de investigación se decidió realizar una simulación numérica con un modelo realizado en CAD (Diseño Asistido por Computadora) de una casa DUPLEX en su forma tridimensional, para posteriormente analizar las variables de interés en un software especializado: caídas de presión, medición de velocidad y comportamiento del fluido.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El aumento de la densidad demográfica ha traído consigo el agravamiento de la problemática del calentamiento global y que el espacio existente entre casas y construcciones adyacentes se vea disminuido, por lo que se obstaculiza el flujo de aire hacia el interior las casas, ocasionando que los habitantes tengan una sensación térmica desagradable. Por esto, surge la necesidad de promover el uso de fuentes de energía limpia, y así reducir el consumo de hidrocarburos.

El propósito de este trabajo es desarrollar una propuesta de diseño de una casa-habitación que contenga captadores de viento y ductos de aire puestos estratégicamente con el fin de favorecer el confort térmico de las casas del estado de Guanajuato, usando energía limpia.

Para esto, se dibujó el modelo de una casa DUPLEX con un software de diseño. En la IMAGEN 1 se muestran las dimensiones de la casa modelada, la cual cuenta con un captador a una altura de 6.5 m que se enlaza a un ducto que contiene cuatro pequeñas salidas cuadradas de 0.10 m de cada lado. La casa también cuenta con otra ventana en el segundo piso que sirve como entrada de fluido. El ducto de salida se encuentra a una distancia de 6.7 m sobre el suelo, en el extremo opuesto a la vivienda. Los captadores se propusieron de esta manera con el fin de incrementar el flujo másico de aire que ingresa a la casa. Todas las aperturas del ducto que conduce el flujo al interior de la casa se pusieron así con el motivo de que exista una mayor movilidad del fluido dentro de ella.

Se debe considerar que la ventilación natural, se ve favorecida por el incremento en la diferencia de presiones del interior y el exterior de la casa,

provocado por la reducción de la velocidad del fluido al impactar en las paredes.

ECUACIONES GOBERNANTES

Las ecuaciones gobernantes a implementar en este modelo para su resolución son las ecuaciones de Continuidad y de Momento.

La ecuación de continuidad para flujo turbulento, incompresible, en estado estacionario y en las direcciones x , y y z se muestra en la Ec. (1) [2].

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Las ecuaciones de Navier-Stokes describen el movimiento del fluido. Por lo tanto, para un flujo incompresible, en estado estacionario, y en las direcciones x , y y z , están dadas por las Ecs. (2-4).

$$\rho \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$\rho \left(u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

Las Ecuaciones (1-4) fueron discretizadas mediante un software especializado, el cual las convierte en ecuaciones algebraicas que son resueltas por un algoritmo de volúmenes finitos [3].

La IMAGEN 2 presenta un esquema del canal y la casa que muestra las condiciones de frontera, donde la velocidad de entrada uniforme es de 5.5 m/s, con una presión atmosférica a la salida, condición de no deslizamiento en piso y paredes, y condición de deslizamiento en la parte superior del fluido.

Para la solución se generó un mallado tridimensional de 751,200 nodos, que se puede apreciar con mayor claridad en la IMAGEN 3. Para resolver el caso se utilizó el algoritmo SIMPLE,

mientras que el modelo de viscosidad fue el laminar para contar con mayor precisión en las capas de fluido cercanas a las paredes [4].

Finalmente, se propuso un criterio de convergencia de 1×10^{-5} para garantizar que la variación de los resultados fuera mínima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de comprobar que las ecuaciones gobernantes fueron resueltas correctamente, se compararon los flujos máscicos de entrada y de salida. La diferencia que se obtuvo entre estos fue de 0.0006 kg/s, lo que es correcto ya que el flujo es incompresible.

El comportamiento del flujo al interior de la casa se muestra en forma de vectores de velocidad en la IMAGEN 4, la velocidad máxima que alcanza el fluido se encuentra dentro del captador y es aproximadamente de 6 m/s.

En esta imagen se observa que se tienen tres vórtices en la parte superior de la casa y dos vórtices en la parte inferior de la misma. Estos resultados muestran por lo tanto que estos vórtices favorecen a que el fluido que ingresa se esté mezclando continuamente con el fluido al interior de la casa. Por otra parte, se puede observar que el flujo que ingresa favorece a que siempre se tenga un flujo en constante movimiento al interior de la casa. Debido a lo anterior se tiene un mejor confort térmico al interior de la casa.

Por otro lado, la IMAGEN 5 muestra los contornos de presiones al interior de la casa y su variación. Se obtiene una mayor presión en el ducto del captador que en el del extractor. Esta diferencia de presiones favorece a la remoción del fluido, por lo que se puede decir que la propuesta del uso de captadores en las casas habitación es factible para un enfriamiento pasivo.

CONCLUSIONES

Un buen diseño de una casa-habitación naturalmente ventilada requiere de una comprensión de los patrones de flujo de aire alrededor de ella y el efecto de las viviendas vecinas. Para cumplir con el objetivo de ventilar la mayor parte posible del espacio interior se debe

tomar en cuenta factores de diseño, como es la ubicación de conductos y captadores, y otros aspectos de estudio como las características del fluido. Esta investigación deja una buena propuesta de remoción de fluido, sin embargo, no se puede predecir con exactitud el comportamiento del viento en un simulador puesto que, en la realidad, las características del fluido varían dependiendo de la zona habitada.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato, en especial agradecimiento a la coordinación de Veranos UG por haberme permitido vivir esta experiencia que enriqueció mi persona en el ámbito de la investigación.

A mis padres, que me han apoyado y brindado los medios para que pueda desarrollarme personal y académicamente.

Al Dr. José Luis Luviano Ortiz por su sabiduría, ejemplo y amor a la ciencia, que hacen que cualquier alumno tenga ganas de mejorarse a sí mismo, y por brindarme sus conocimientos y confianza para la realización de este trabajo.

A los integrantes del grupo de investigación dirigido por el Dr. Abel Hernández Guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz, por transmitirme con paciencia sus conocimientos y su hambre de aprender.

REFERENCIAS

[1] Ardalan A., Norhayati M., Zakaria Al-Cheikh M., Mohamad R. & Baharum C. (2015) A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings* 101 (2015) 153–162.

[2] Boundary Layer Theory, Schlichting and Gersten, 8th Ed. Springer Editorial, 2000.

[3] Basarir, M. *Numerical Study of the Airflow and Temperature Distributions in an Atrium*. Master's thesis, Queen's University, 2009.

[4] Murillo Saldaña M.E. (2016) Propuesta para mejorar el confort térmico de las casas de Guanajuato a través de enfriamiento pasivo. *Jóvenes en la Ciencia* 2 (1) 1318-1322.

[5] Datos estadísticos de la densidad de población en el país, consultados en:
<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/densidad.aspx?tema=P>

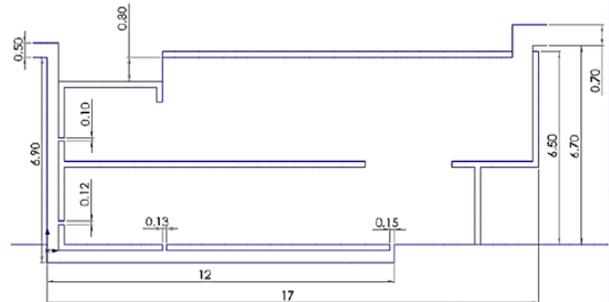


IMAGEN 1: Diagrama esquemático de casa DUPLEX. Dimensiones en metros.

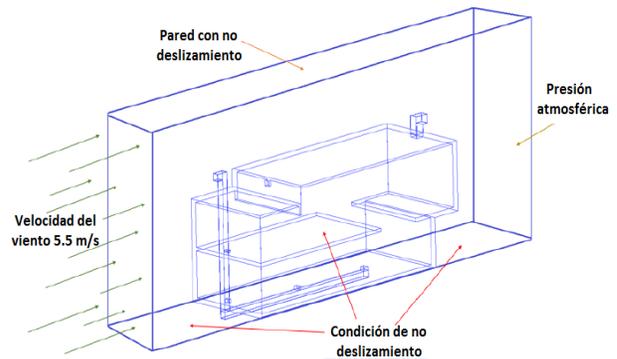


IMAGEN 2: Condiciones de frontera.

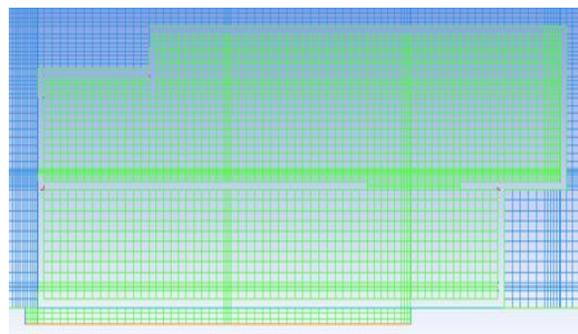


IMAGEN 3: Mallado de la geometría.

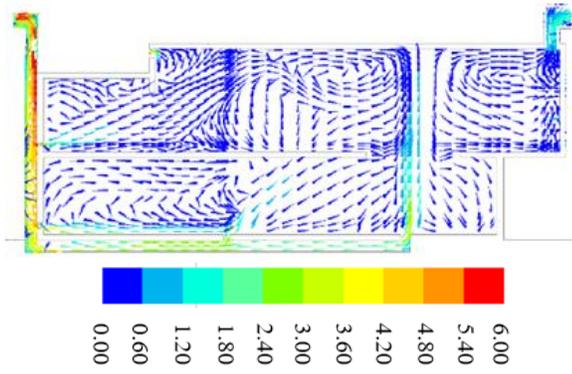


IMAGEN 4: Vectores de velocidad, [m/s].

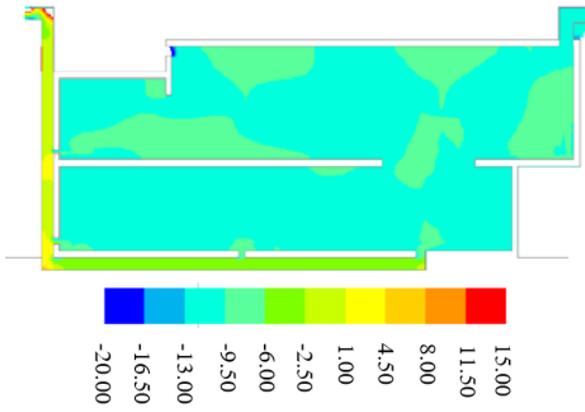


IMAGEN 5: Contornos de presión, [Pa].