

ANÁLISIS FLUIDO-DINÁMICO DEL USO DE TORRES DE VIENTO PARA VENTILACIÓN NATURAL EN EDIFICIOS

Toscano Moreno Gerardo Emmanuel (1), Luviano Ortiz José Luis (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [ger_tosc13@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [luis.luviano@ugto.mx]

Resumen

De acuerdo al Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER) el consumo de energía eléctrica en [GWh] ha tenido un aumento considerable del 6% desde el año 2013 al 2016 [1]. La mayor parte de la energía ha sido consumida durante verano cuando es necesario el uso de aire acondicionado para mantener las condiciones de confort interior en los edificios. Es por eso que en este trabajo se propone la implementación de un captador de viento en una casa comercial en la zona de Salamanca Guanajuato. El método aplicado en este proyecto es un Análisis Fluido-Dinámico realizado con un software especializado que permite observar el comportamiento del fluido sobre dicha casa con el captador propuesto. Los resultados reafirman que el uso de captadores de viento optimiza el confort al interior de una casa comercial en comparación con una casa sin captador integrado.

Abstract

Agree to the Energy Information System (SIE) of the Secretary of Energy (SENER) the consumption of electric energy in [GWh] it has had a considerable increase of 6% since 2013 to 2016 [1]. The most part of the energy has been consumption during summer when is necessary the use of air conditioner to maintain the conditions of interior comfort in the buildings. That is why this work is proposed the implementation of a wind tower in a commercial house in the zone of Salamanca Guanajuato. The method applied in this project is a Fluid-Dynamic Analysis performed whit specialized software that allows to observe the behavior of the fluid on this house whit the proposed wind-tower.

Palabras Clave

Confort, Captadores de Viento, Simulación Computacional en Edificios, Energía Renovable, Acondicionamiento Pasivo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crear un ambiente confortable térmicamente en la edificación es uno de los parámetros más importantes al diseñar edificios, no sólo para el confort de los habitantes, sino también para buscar reducir el consumo de energía eléctrica en la edificación durante su periodo de vida. Un captador de viento o una torre de viento es un dispositivo simple para facilitar el suministro y extracción de aire; a través del captador de viento se puede obtener ventilación natural y un clima agradable en el interior de los edificios, aunado a lo anterior, este dispositivo se ha venido utilizando desde la tradición Persa [2]. Estos captadores permiten el aprovechamiento de las fuerzas naturales inducidas por el viento para promover el movimiento del aire en el interior del edificio. Al entrar el aire en un captador se genera una presión positiva en la entrada y una presión inferior a la salida del mismo; y esta diferencia de presión es la que interesa debido a que es la encargada de hacer que el aire fluya de una manera óptima dentro de la casa [3].

Aunado a lo anterior, a pesar de que la implementación de la torre captadora no es una idea nueva, para el estado de Guanajuato no se ha encontrado en el estado del arte aplicaciones de estas torres en las edificaciones actuales a diferencia de otros estados que han comenzado a implementar estas torres captadoras, tal es el caso del estado de Morelos.

Sin embargo, en el diseño de la casa se pueden presentar complicaciones que no permitan un buen flujo al interior de ésta, es por eso que la implementación de un buen sistema de ventilación requiere un análisis minucioso sobre la orientación del captador, la implementación de una red de ductos y su buena distribución al interior de la casa, la velocidad predominante del aire en la zona de interés y el tamaño de la casa. Debido a lo anterior, es por ello que se utilizó un software especializado para observar el comportamiento Fluido-Dinámico del aire al interior de la casa.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el calentamiento global es un problema crítico a nivel mundial, es por ello que es

indispensable usar fuentes de energía limpia con el fin de reducir el consumo de hidrocarburos, por lo tanto, el objetivo de este proyecto consistió en implementar torres captadoras de viento en casas comerciales en la zona de Guanajuato con la finalidad de aprovechar la energía del aire, y así mismo realizar un análisis fluido-dinámico computacional que permita observar el comportamiento de dicho fluido al interior de la casa comercial.

La IMAGEN 1 muestra la sección transversal de una casa comercial en la zona de Salamanca Guanajuato en la cual se propone implementar la torre captadora de viento, en esta imagen se puede observar las dimensiones de la casa, así como la distribución de los cuartos que hay en ella.

La IMAGEN 2 muestra un diagrama esquemático de la implementación de la torre captadora sobre una casa comercial, asimismo, esta imagen muestra las dimensiones más representativas consideradas para el análisis.

Para este proyecto la torre captadora que permite el ingreso del aire ambiente se implementó en la posición izquierda de la casa como se muestra en la IMAGEN 2 ya que se espera que el viento al impactar los muros de la casa incremente su velocidad debido a la reducción de área por la que tendrá que pasar el fluido del ambiente en la torre captadora lo que ocasionará por ende que el viento ingrese a la casa con una mayor velocidad.

Para tener una mejor distribución de flujo que ingresa al interior de la casa habitación, la torre captadora está acoplada a un ducto que guía el fluido al interior de la misma, este ducto tiene dos aperturas que permiten realizar dicha distribución de fluido, una localizada en la parte superior de la casa y la otra se encuentra posicionada en la planta baja de la misma. Además, se propuso que la apertura superior fuera de sección transversal más pequeña (0.20 m) que la apertura inferior (0.27 m) para evitar que se tuvieran posibles estancamientos de fluido en la planta alta de la casa hogar, evitando de esta manera tener un fluido recirculando en esta región. Aunado a lo anterior, se propuso que la apertura inferior fuera de una sección transversal más grande ya que se consideró que se requiere de mayor cantidad de

fluido fresco proveniente del ambiente para remover el fluido caliente y o estancado que hay al interior de la casa, cabe señalar que se espera que este fluido fresco ingresará a la casa sea capaz de remover el fluido en la planta baja y parte del fluido que se localiza en la planta alta. Se espera que al ingresar el fluido proveniente del ambiente principalmente desplace al fluido atrapado en la casa, y que este cambio de densidad ocasione que el fluido se eleve; esto requiere por lo tanto de una torre de expulsión de aire la cual para este problema se colocó en el lado derecho de la casa como se muestra en la IMAGEN 2, por lo tanto, esto permitirá que el aire caliente sea expulsado de la casa y de esta forma tener confort dentro de ella.

ECUACIONES GOBERNANTES

Las ecuaciones gobernantes a resolver en este problema son la Ecuación de Continuidad y Momento bidimensionales para un flujo incompresible turbulento en estado estacionario.

Es importante recordar que, para un flujo incompresible, $\rho = \text{constante}$ y la densidad no es función ni de las coordenadas espaciales ni del tiempo.

Por lo tanto, para un flujo bidimensional incompresible en el plano xy la ecuación gobernante para la continuidad está dada por la Ec. (1) [4]:

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

Asimismo, las Ecuaciones gobernantes de Momento en las direcciones x y y para este problema están dadas respectivamente por las Ecs. (2) y (3) [4]:

$$\rho \left(\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \mu \nabla^2 \bar{u} - \rho \left(\frac{\partial \overline{u'u'^2}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} \right) \quad (2)$$

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

Las condiciones de frontera impuestas a este problema son de velocidad uniforme establecida a la entrada de $u = 3.2$ [m/s], condición de no deslizamiento en todas las paredes, presión atmosférica a la salida y condición de deslizamiento en la parte superior del fluido, La IMAGEN (3) muestra un diagrama esquemático con las condiciones de frontera impuestas.

A fin de resolver las Ecs. (1-3), se utilizó un software especializado el cual resuelve las ecuaciones a través del método de volumen finito. Para ello, se resolvió el problema en estado estacionario a través de considerar una malla bidimensional de 19,111 elementos. En la IMAGEN 4 se muestra el mallado usado para la resolución del problema.

En el software especializado hay dos algoritmos que están disponibles para la resolución del problema, el SIMPLE y el SIMPLEC (Simple-consistente). SIMPLE es el valor por defecto, pero muchos problemas se beneficiarán con SIMPLEC.

Para los problemas relativamente sencillos en el que la convergencia está limitada por el acoplamiento de presión-velocidad a menudo se puede obtener una solución convergente con mayor rapidez utilizando SIMPLEC. Con SIMPLEC el factor de baja-relajación para la corrección de presión se fija generalmente a 1.0, que ayuda en la convergencia de la aceleración. En algunos problemas, sin embargo, el aumento del factor de baja-relajación a 1.0 puede conducir a la inestabilidad. Para tales casos se puede utilizar un factor de baja-relajación hasta 0.7, o utilizar el algoritmo SIMPLE. Para flujos complicados que incluyen turbulencia y/o modelos físicos adicionales, SIMPLEC mejorará la convergencia sólo si está limitado por el acoplamiento de presión-velocidad. Muchas veces será uno de los

parámetros de modelado adicionales que limita la convergencia; en este caso, SIMPLEC, SIMPLE darán las tasas de convergencia similares.

Entonces, para resolver el problema se deben desacoplar la presión de las ecuaciones, esto se logra a través de proponer una presión y resolver con esa presión propuesta las velocidades, una vez que se obtienen las velocidades entonces se resuelve la presión, y el proceso se vuelve iterativo hasta que se obtiene una presión propuesta que resuelve el campo de velocidades bajo las condiciones de frontera dadas. Sin embargo, depende de qué método se use como se explicó anteriormente.

Al fin de garantizar que la variación de resultados era mínima, se propuso un criterio de convergencia de 1×10^{-5} .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para garantizar que las Ecs. (1-3) se resolvieran de forma correcta, se calculó la variación del flujo de entrada con respecto al flujo de salida, la cual fue de 0.01163 [kg/s], esto era esperado ya que se tiene flujo incompresible. Esto se pudo comprobar debido a que el número de Match en la entrada de la torre captadora es menor a 0.3.

A fin de validar los resultados, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos y los experimentos realizados por Huelsz [5] obteniendo una buena correlación entre los resultados numéricos y experimentales.

En los resultados obtenidos en la simulación se puede observar el comportamiento del fluido sobre la casa IMAGEN (5) se puede observar que el fluido del ambiente ingresa a través de la torre captadora y desplaza gran cantidad de flujo en la parte inferior de la casa, creándose un vórtice debido a la caída de presión que se genera. Asimismo, se puede observar que gran parte del fluido es removido por el fluido fresco que proviene del exterior de la casa, expulsándolo por la segunda torre extractora propuesta.

Los vórtices que se observan indican que hay gran cantidad de movimiento del fluido dentro de la casa, esto favorece al confort interior de ésta. Se puede observar que favorece que el diámetro de la salida inferior sea más grande, ya que esto favorece a la remoción del fluido.

CONCLUSIONES

Los resultados en este proyecto son exploratorios debido a que es mucho el campo de investigación y existen diversas formas de arreglo en los ductos al interior de la casa. Se pudo comprobar que la propuesta de implementar torres captadoras de viento en las edificaciones es benéfica para el confort al interior de éstas debido a que se aprovecha la energía del viento en la parte superior de la casa. Ayudando a reducir el consumo de hidrocarburos y favorecer al medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato y a VeranosUG por brindarme este apoyo y la oportunidad de realizar el proyecto.

Al Dr. José Luis Luviano Ortiz por la confianza que me brindó durante este proyecto y los consejos para poder resolver algunas complicaciones que surgieron en el transcurso de éste, así como algunos tips que me fueron de mucha ayuda.

Agradezco al grupo de investigación dirigido por el Dr. Abel Hernández Guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz ya que muchos de mis compañeros de investigación me ofrecieron su ayuda en muchas dudas que surgieron y ayudaron a aclarar.

REFERENCIAS

- [1] Sistema de Información Energética 10 Julio consultado en: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IE0C01>
- [2] Captadores de Viento 12 Julio consultado en: <http://www.arqhys.com/construcciones/captadores-viento.html>

[3] José Sánchez., José Manuel Salmerón., Francisco José Sánchez., Servando Álvarez., José Luis Molina. (2012). Ventilación Natural: Estudio Aerodinámico mediante CFD de Extractores Pasivos y Captadores de Viento. Revista Ingeniería de Construcción, 27(1), 40-56

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

[5] M.V. Cruz-Salas., J.A. Castillo., G. Huelsz.,(2014). Experimental study on natural ventilation of a room with a windward window and different windexchangers. Energy and Buildings, 84(2014), 458-465

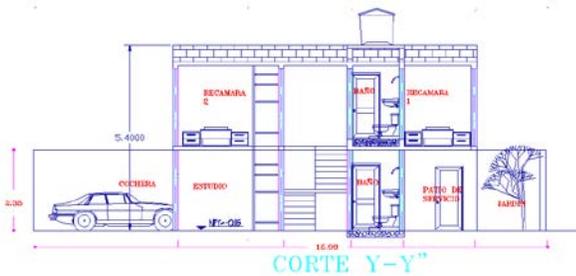


IMAGEN 1: Sección Y-Y" de la casa comercial en la zona de Salamanca Guanajuato.

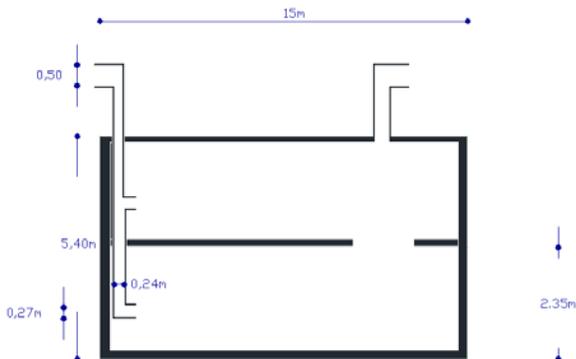


IMAGEN 2: Diagrama esquemático de la implementación de una torre captadora sobre la casa comercial.

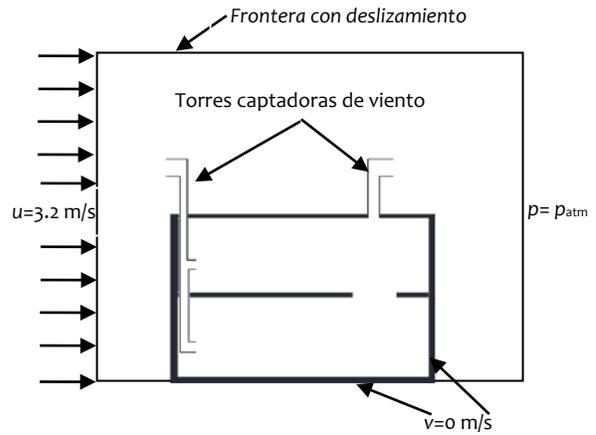


IMAGEN 3: Condiciones de frontera.

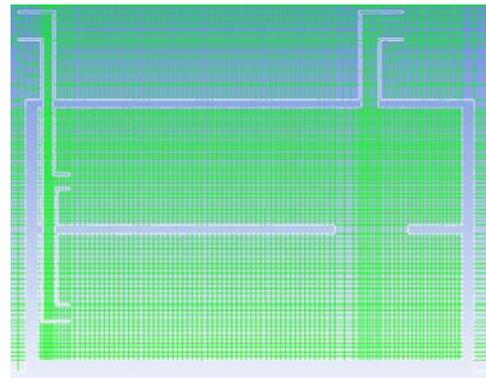


IMAGEN 4: Mallado de la geometría

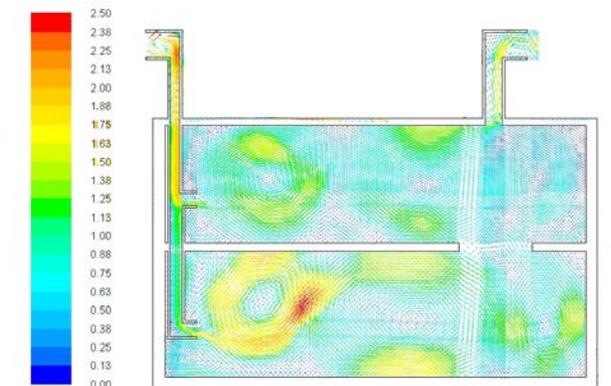


IMAGEN 5: Vectores de velocidad al interior de la casa