

SUSTAINABLE AIR CONDITIONING FOR LOW-INCOME HOUSING, IN WARM AREAS OF WARM COLOMBIA

CLIMATIZACIÓN SOSTENIBLE PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL, EN ZONAS CÁLIDAS DE COLOMBIA

Aldemaro Gulfo Mendoza

Ronald Hernández Chaguala

¹ Ingeniero Civil, candidato a Magister en Gestión Urbana, Docente Tiempo Completo, Corporación Universidad Minuto de Dios CR Girardot, aldemaro.gulfo@uniminuto.edu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9027-4608>.

¹ Estudiante de pregrado en Ingeniería Civil, integrante del Semillero de Investigación "Ingeniando", Corporación Universidad Minuto de Dios CR Girardot, rhernande22@uniminuto.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5240-2720>

Abstract

The ambient temperature inside the houses affects their level of residential comfort. In order to achieve an optimum level of thermal sensation, currently, mechanical aeration systems that are not accessible to communities with low financial resources are used, due to their high energy and economic cost. The present work focuses on developing a refrigeration option for the specific group of low-income social housing, located in Colombian warm climate territories. For this, a state of the art of methodologies and techniques of air conditioning of dwellings was made, as well as of theories of fluid mechanics applicable to the reduction of the thermal gradient of air currents. Based on these, housing scale models were formulated, with cooling mechanisms through Venturi tubes. The results showed an average reduction of 3 to 4 ° C in the interior temperature of the model to scale, when using this technique of zero energy cost. This result originates then the need to study the integration in traditional architectural designs, the location of these devices to achieve sustainable air conditioning, both in the group studied, as well as in massive housing projects, including high-rise structures.

Key words

Social interest housing, sustainable air conditioning, energy consumption, thermal comfort,

Resumen

La temperatura ambiente al interior de las viviendas incide en su nivel de confort habitacional. Para lograr un nivel óptimo de sensación térmica, en la actualidad se usan preferentemente sistemas mecánicos de aireación poco accesibles a comunidades de bajos recursos financieros, por su alto costo energético y económico. El presente trabajo se enfoca en desarrollar una opción de refrigeración para el grupo específico de viviendas de interés social, de un solo nivel, ubicadas en territorios colombianos de clima cálido. Para esto se realizó un estado del arte de

metodologías y técnicas de climatización de viviendas, así como de teorías de la mecánica de fluidos aplicables a la reducción del gradiente térmico de corrientes de aire. A partir de estos se formularon modelos a escala de viviendas, con mecanismos de refrigeración a través de tubos Venturi. Los resultados mostraron una reducción promedio de 3 a 4 °C en la temperatura interior del modelo a escala, al utilizar esta técnica de costo energético cero. Este resultado origina entonces la necesidad de estudiar la integración en los diseños arquitectónicos tradicionales, la ubicación de estos dispositivos para lograr la climatización sostenible, tanto en el grupo estudiado, como también en construcciones de proyectos masivos de vivienda, incluidas estructuras de gran altura.

Palabras clave

Vivienda de interés social, climatización sostenible, consumo energético, confort térmico.

1. Introducción

En el municipio de Girardot, región del Alto Magdalena, Colombia la temperatura promedia 28 °C, con picos frecuentes al mediodía entre 33 y 36 °C. (IDEAM, 2019). Esta condición climática dificulta minimizar la sensación térmica al interior de las viviendas, situación que se agrava con los actuales pronósticos sobre aumento de la temperatura del planeta.

Los estudios sobre cambio climático y calentamiento global pronostican incrementos de temperatura de 2 °C en la temperatura media del globo terrestre. La distribución de este gradiente de temperatura no sería homogénea en todo el planeta, debido a las diferencias en calor específico entre el agua y el suelo. “si el agua aumenta 2 grados su temperatura, en el suelo habrá un aumento de al menos 6 grados” (Díaz, 2017)

La temperatura ambiental al interior de un espacio habitacional se considera óptima si mantiene un rango entre 20°C y 24°C (Miño, 2013). A partir de este rango, la proyección de aumento de temperatura expresada por Díaz (2017) supone a futuro, para la zona en estudio, un gradiente térmico de 12 y 18°C entre el interior y el exterior de las viviendas, si se desea mantener el rango óptimo.

Para mantener el rango óptimo de sensación térmica, generalmente se disponen sistemas mecánicos de climatización -aire acondicionado, ventilador- los cuales pueden consumir hasta el 75% de la demanda de energía de una edificación. (Beltrán, 2015).

Al problema del consumo energético y el confort habitacional, se adiciona el tema de mortalidad y salud pública atribuible al exceso de calor y los consecuentes costos generados en su atención. Se estima en 4% el aumento de la mortalidad por cada grado de aumento de temperatura. (Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., ... & Campbell-Lendrum, D., 2018). Esta problemática de salud se agudiza en asentamientos de estrato social bajo, cuya población no cuenta

con la capacidad para sostener el costo económico implicado en la instalación y uso de sistemas mecánicos de refrigeración.

El porcentaje de población colombiana considerada como de escasos recursos económicos alcanza 26.9% (DANE, 2018). El estándar de vivienda para este grupo socioeconómico está limitado a construcciones de 35 m² y un costo de hasta setenta salarios mínimos legales mensuales (70 SMLM). Esta población ve limitada su oportunidad de adquirir vivienda a proyectos cuya concepción, por reducción de costos, tiende a disminuir condiciones de confort habitacional y térmico (Ramos, 2016).

Ante el conjunto de situaciones mencionadas, se torna urgente atender el tema de la refrigeración de viviendas, especialmente las pertenecientes al grupo en estudio. La academia, a través de su compromiso de proyección social del conocimiento ofrece el medio para aportar, con los resultados de sus procesos de investigación, al mejoramiento de las condiciones de confort térmico en las viviendas de interés social del país.

2. Metodología

2.1 Revisión documental estrategias pasivas en refrigeración de viviendas

La revisión documental realizada muestra diversos enfoques al problema de la refrigeración de viviendas utilizando metodologías diferentes al uso de medios mecánicos.

Alpuche (2010), demuestra reducción de la temperatura al interior de una vivienda al utilizar azoteas verdes en remplazo de las tradicionales azoteas de concreto y revestimientos aislantes en paredes. La inclusión de aislantes tiene implicaciones en el costo final de la construcción, aspecto importante para el caso de vivienda de interés social.

El poliestireno expandido, como material de construcción ha demostrado en alta eficiencia energética en ambientes cálidos y húmedos con temperatura media no superior a 24,5 °C. (Méndez, 2014). Se requeriría ventilación mecánica adicional para lograr el rango óptimo de sensación térmica si la temperatura ambiente supera el límite encontrado.

La experimentación con fachadas ventiladas de ladrillo cerámico y fachadas modulares industrializadas realizada por Rubiano (2017), mostro una reducción de 20 a 6 horas de aire acondicionado necesarias para lograr temperaturas menores a 27 °C en un edificio de 27 m³ de volumen localizado en el municipio de Girardot. El estudio no es concluyente acerca de la eficiencia de esta combinación constructiva, sin el uso de acondicionador de aire.

Huelsz, G., Ochoa, J. M., López, P. E., Gómez, A., & Figueroa, A. (2011) realizaron un amplio estudio sobre características y uso de sistemas pasivos de climatización en cinco diferentes zonas de México. La dependencia de estas metodologías con la

orientación de la vivienda para disminución del efecto de radiación solar y la ventilación dio como resultado una baja eficacia de estos métodos.

La aplicación de los conceptos de la Arquitectura Bioclimática puede arrojar como resultados diseños con reducción hasta del 56% del consumo energético dedicado a la climatización (Sanjuán, 2014). Para lograr esto es necesario un cuidadoso dimensionamiento de la vivienda, la orientación con respecto al flujo de aire exterior y el uso de materiales aislantes. Los casos de éxito presentados en el informe corresponden a viviendas aisladas.

Los conceptos teóricos que sustentan la climatización de viviendas por medios naturales resultan insuficientes en su aplicación real debido a la disponibilidad de espacios disponibles para construcción lo cual origina deficiencias en la ubicación, forma y orientación requeridas por la configuración constructiva de las viviendas. (Leyva Fontes, C., Alonso Gatell, A., & Reynoso Flores, M., 2016).

2.2 Fundamento teórico del modelo de pruebas

El fundamento conceptual del modelo de experimentación propuesto se basa en conceptos básicos de la física aplicables a la reducción de volumen de un fluido en movimiento: el principio de conservación de masa y energía, y la primera ley de la termodinámica.

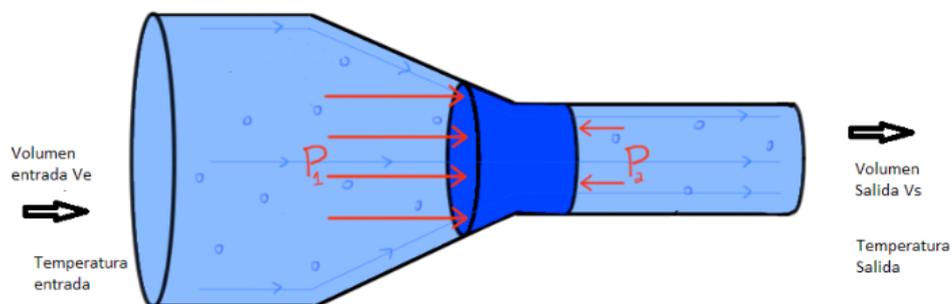


Ilustración 1. Esquema de tubo Venturi.

Por principio de continuidad el volumen de la corriente de fluido que circula a través del tubo de la ilustración puede cuantificarse como $V = A \cdot v$ (Volumen igual a área por velocidad). Al disminuirse el área en el estrechamiento y para conservar la igualdad de volumen y masa, se hace necesario un aumento en la velocidad de salida. Esto provoca en el caso de fluidos compresibles como el aire caliente una disminución en su temperatura, provocada por el diferencial de presión en ambos extremos. (Moran, M.J., Shapiro, H.N., Boettner, D.D., Bailey, M.B., 2011).

2.3 Formulación del modelo de pruebas

Se realizó una prueba para determinar la relación entre las áreas del orificio de entrada y el orificio de salida del tubo Venturi a usar, condicionando su longitud al

espesor promedio de muros de mampostería (120 mm) que son el material típico de construcción de vivienda de interés social.

Se construyó un modelo a escala de una vivienda típica de interés social. y se instalaron tubos Venturi en su fachada principal y medidores de temperatura en el exterior y en el interior del modelo. La fachada principal se sometió a diversas fuentes de aire caliente y se documentó la diferencia de temperatura, con el objetivo de determinar el área que debían cubrir los tubos Venturi para lograr una reducción apreciable de la temperatura al interior del modelo.



Ilustración 1. Modelo de pruebas.

3. Resultados

Dada la condición de estrechamiento gradual del tubo Venturi, el espesor de muro de mampostería resultó insuficiente para lograr un alta reducción de temperatura en la corriente de aire caliente que circulaba. Los modelos individuales de prueba lograron su máxima eficacia con una relación entre área de entrada/área de salida cercana 4, pero se desarrollaban en una longitud mayor al espesor promedio de un muro de mampostería.

En pruebas individuales se midieron diferencias de temperatura de 5 a 6 °C, entre los extremos del tubo Venturi.

Las pruebas con el modelo a escala se realizaron aumentando el número de tubos Venturi instalados. En estos casos se documentó una disminución de la temperatura entre 3 y 4 °C en el extremo del modelo opuesto a la fachada.

La disminución de temperatura documentada se obtuvo destinando a la instalación de los tubos Venturi, un espacio equivalente al 7% del área de la fachada frontal del modelo.

4. Conclusión

El problema de optimizar el confort térmico al interior de las viviendas se ve afectado por diferentes aspectos El aumento global de la temperatura, el uso generalizado de sistemas mecánicos de enfriamiento y su alto consumo energético y el impacto en

salubridad y mortalidad asociados a altas temperaturas, le imprimen un carácter crítico a mediano plazo.

Este carácter crítico se potencia para el grupo de usuarios de vivienda de interés social en climas cálidos, dada su escaso poder adquisitivo, el sostenimiento de sistemas mecánicos de enfriamiento no es una opción. Adicionalmente las escasos niveles de confort contemplados en los diseños de las viviendas a las que pueden acceder los enfrentan al dilema de como refrigerar su hábitat, sin disponer de recursos económicos.

La revisión documental de sistemas pasivos de refrigeración de viviendas mostro dependencia de los resultados con el uso de materiales aislantes y condiciones especiales de diseño arquitectónico. Ambos aspectos no favorecen su aplicación en proyectos de construcción masiva y de bajo costo, características principales de la vivienda de interés social.

Para la temperatura media de Girardot (28 °C), los resultados de disminución de temperatura obtenidos en el modelo a escala alientan la viabilidad de obtener el rango de temperatura considerado como de óptimo confort térmico (20 – 24 °C).

Si se integra la disposición de tubos Venturi en el diseño y construcción, se podría lograr la climatización de la vivienda con cero costo económico de sostenimiento, aspecto ideal para población de bajos recursos.

El porcentaje de área de fachada que ocuparían los tubos Venturi determinado en las pruebas abre la necesidad de estudiar cuidadosamente su disposición real. Las restricciones de espacio en vivienda de interés social debidas a su bajo costo pueden requerir la ubicación de estos mecanismos no solo en fachada sino también en toda parte de su estructura expuesta a corrientes de viento.

Por lo anterior es sugerible realizar estudios en modelos a escala real para determinar las implicaciones en el diseño arquitectónico, espesor adicional de mampostería, modificación de fachadas y costos, que envuelve la refrigeración de viviendas de interés social utilizando tubos Venturi.

Referencias bibliográficas

Alpuche, M. G., Moreno, H., Ochoa, M. J., & Marinic, I. (2010). Análisis térmico de viviendas económicas en México utilizando techos verdes. *Departamento de Arquitectura y Urbanismo*, 3(3).

<http://www.academia.edu/download/11006967/esaud3-cap3.pdf>

Beltrán, R. D., & Castillo Estévez, J. P. (2015). *Optimización energética para el aprovechamiento de ventilación natural en edificaciones en climas cálidos de Ecuador* (Bachelor's thesis, Quito, 2015).

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9086/3/CD-6051.pdf>

DANE, (2018). Boletín estadístico pobreza monetaria y multidimensional Colombia 2017. Consultado el 06 de 04 de 2019. Obtenido de:

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/bol_pobreza_17.pdf

Díaz, J. (27 de 07 de 2017). El aumento de las temperaturas es imparable. Recuperado el 25 de 04 de 2018, de El País:

https://elpais.com/elpais/2017/07/27/ciencia/1501153840_084726.html

Huelsz, G., Ochoa, J. M., López, P. E., Gómez, A., & Figueroa, A. (2011). Uso de sistemas pasivos de climatización en cinco zonas de la república mexicana. *Memorias del XXXV SNES*, 177-82.

http://www.enerhabitat.unam.mx/Cie2/pdfs/artprodproy/E2-Anexo_10-5_SNES-Uso_sistemas_Cinco_zonas.pdf

IDEAM. (05 de 04 de 2019). Ideam.gov.co. Obtenido de:

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/seguimiento>

Leyva Fontes, C., Alonso Gatell, A., & Reynoso Flores, M. (2016). Viviendas con bajo consumo energético. Tipologías de diseño en el contexto cubano. *Contexto. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 10(13).

<https://www.redalyc.org/html/3536/353647474004/>

Méndez Lora, K. R. (2014). *Paneles estructurales de poliestireno expandido: análisis energético en el clima tropical-húmedo de santo domingo y aplicado a la vivienda social (caso sistema EMMEDUE)* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23017/KelvinMendez_TFM.pdf

Miño, I., Lobato, A., & Labus, J. (2013). Simulaciones energéticas como herramienta para evaluación térmica de las viviendas sociales del Ecuador: Caso Yachay. *Investig. Sosten. Energías Renov. y Efic. Energética*, (2012), 1-8.

https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/ISEREE_Simulaciones-energ%C3%A9ticas-como-herramienta-para-evaluaci%C3%B3n-t%C3%A9rmica.pdf

Morán, M.J., Shapiro, H.N., Boettner, D.D., Bailey, M.B. (2011) *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Wiley & Sons.

Ramos Calonge, H. y Agudelo Rodríguez, C. F. (2016). Calidad de la vivienda informal: aportes desde la proyección social universitaria. *Equidad & Desarrollo*, (25), 29-52.

doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ed.3488>

Rubiano Martín, M. (2015). Ventajas del uso de fachada ventilada, en Girardot

(Colombia). *Revista Nodo*, 9(19), pp. 111-120.

San Juan, G. A., Discoli, C., Viegas, G. M., Ferreyro, C., Rodriguez, L. G., Dicroce, L., ... & Barros, M. V. (2014). Proyecto de viviendas bioclimáticas de interés social. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 34. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67332>

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., ... & Campbell-Lendrum, D. (2018). The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *The Lancet*, 392(10163), 2479-2514.