

Estrategias semi-pasivas de climatización para viviendas en clima cálido-húmedo.

Caso de estudio: Villahermosa, Tabasco, México.

Guzmán-Hernández, Ignacio A. (1); Franco González, Fidel (2) y Zamora i Mestre, Joan Lluís (3)

(1) Departamento de Tecnología en la Arquitectura, ETSAB, UPC;
(2) Departamento de Física, ETSAB, UPC;
(3) Departamento de Tecnología en la Arquitectura, ETSAB, UPC
Ignacio.alejandro.guzman@upc.edu; fidel.franco@upc.edu; joanlluis.zamora@upc.edu

Resumen

El confort térmico es uno de los temas mas estudiados en la arquitectura hoy en día, es por eso que la presente investigación se centra en expresar y tratar de resolver, o por lo menos mitigar la incomodidades apreciadas, en especial en sitios con clima cálido-húmedo, incluso tomando en cuenta factores como la adaptabilidad de los pobladores de la región. Como arquitectos es importante que no solo diseñemos pensando en la belleza estética de los edificios, sino también buscando complacer los aspectos que afectan al ser humano, tanto físicos y psicológicos, como los elementos físicos del entorno.

Se toma en cuenta la definición de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés), en donde es "Aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico" (ASHRAE, 2004), sin embargo puede ser un poco ambigua, al no aclarar que dicha condición depende de muchos factores, tanto dependientes, como independientes de las condiciones climáticas, como el metabolismo, estado de ánimo, tipo de ropa, etc.

Para buscar lograr dicho confort se realizaron una serie de simulaciones y modelos matemáticos para probar estrategias pasivas y semi-pasivas de climatización y deshumidificación para viviendas populares de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Se hace una revisión bibliográfica para halalr dichas estrategias sugeridas para simularlas en Designbuilder, posteriormente los resultados se contrastan con la vivienda sin modificaciones y se crea un modelo híbrido, sobre el cual se realizan modelos matemáticos de simulación de condiciones de procesos semi-pasivos de deshumidificación, como los paneles de gel de sílice, geotermia somera y presurización.

Figura 1. Elementos de confort



1. Introducción

La investigación se centra en el confort térmico, específicamente en viviendas ubicadas en zonas cálido-húmedas, donde existe una combinación de altas temperaturas, alta humedad relativa, muchos días con lluvia y poca velocidad del aire; complicando la aplicación de algunos sistemas pasivos de climatización sugeridos por la bibliografía. Dado a que la mayoría de sitios con dicho clima se ubican en países en vías de desarrollo es necesario encontrar soluciones económicas y de poco involucramiento tecnológico para los habitantes (Chen, 2007).

Debido a que pasamos aproximadamente el 80% del tiempo dentro de espacios interiores (Manzano-Agugliaro, Montoya, Sabio-Ortega, & García-Cruz, 2015) y hasta un 65% dentro de nuestras viviendas (Nelson, Ott, & Robinson, 1994) es de vital importancia alcanzar niveles de confort en ellas. Dicho confort tiene consecuencias en nuestra calidad de vida (Choi, Loftness, & Aziz, 2012), motivación y capacidad de producción (Cui, Cao, Park, Ouyang, & Zhu, 2013). Se plantea como caso de estudio una vivienda de tipología popular en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, en el sureste de México (Figura 1), sin embargo, los resultados pueden ser trasladados y escalados a muchos sitios con condiciones climáticas similares. Villahermosa tiene una temperatura promedio de 25.3°C, con máximas y mínimas promedio de 35°C y 18°C respectivamente, mientras que la humedad relativa promedio es del 81% y muy pocas veces desciende del 60%. La velocidad del viento promedio reportada es de tan solo 2.75 m/s y la precipitación anual es de 1960 mm.

Figura 2. Ubicación geográfica de Villahermosa



Después de una revisión detallada de la bibliografía, se analizaron y seleccionaron una serie de estrategias pasivas y semi-pasivas para mejorar las condiciones higrotérmicas del interior de las viviendas estudiadas, las estrategias se dividen en las siguientes categorías: Orientación y geometría, protección solar, ventilación natural, deshumidificación, geotermia somera y deshumidificación por presurización.

2.- Metodología y datos

Se divide la metodología de investigación en dos apartados, divididos por la forma en que se llevaron a cabo: simulación y modelos matemáticos.

2.1. Simulación

Se creó un modelo en el software Designbuilder (Energy, 2021) con la finalidad de simular las condiciones climáticas en el interior de la vivienda analizada, creando datos anuales sin realizar ninguna modificación, creando un Modelo Base de Simulación (MBS) para comparar el funcionamiento de las simulaciones de las distintas estrategias. La vivienda "tipo" es estilo dúplex (Figura 2), por lo que se crea el modelo de ambas viviendas (figura 3), aunque los resultados solo se analizan de la vivienda #2.

Figura 3. Modelo tipo duplex

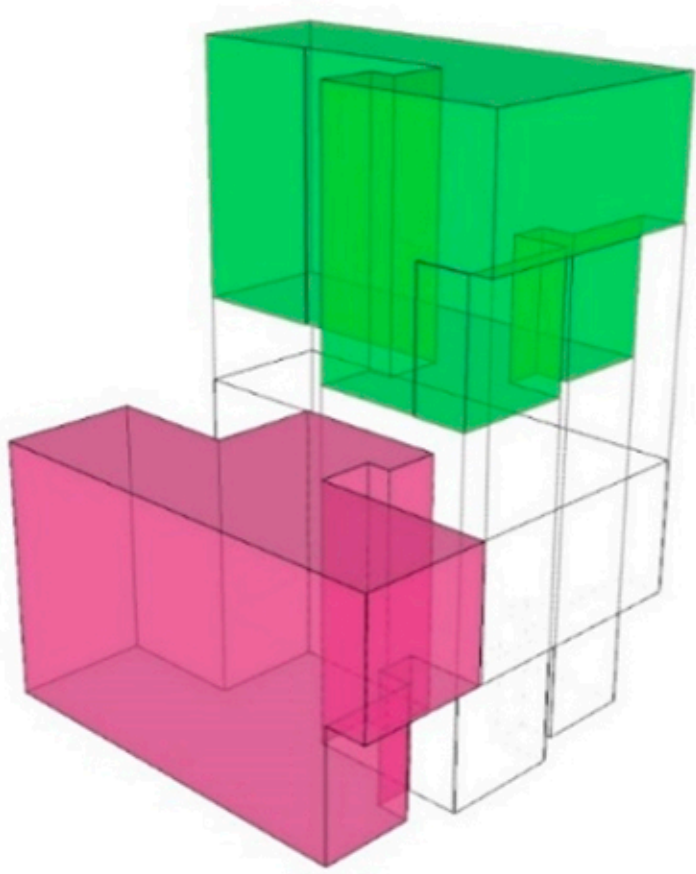
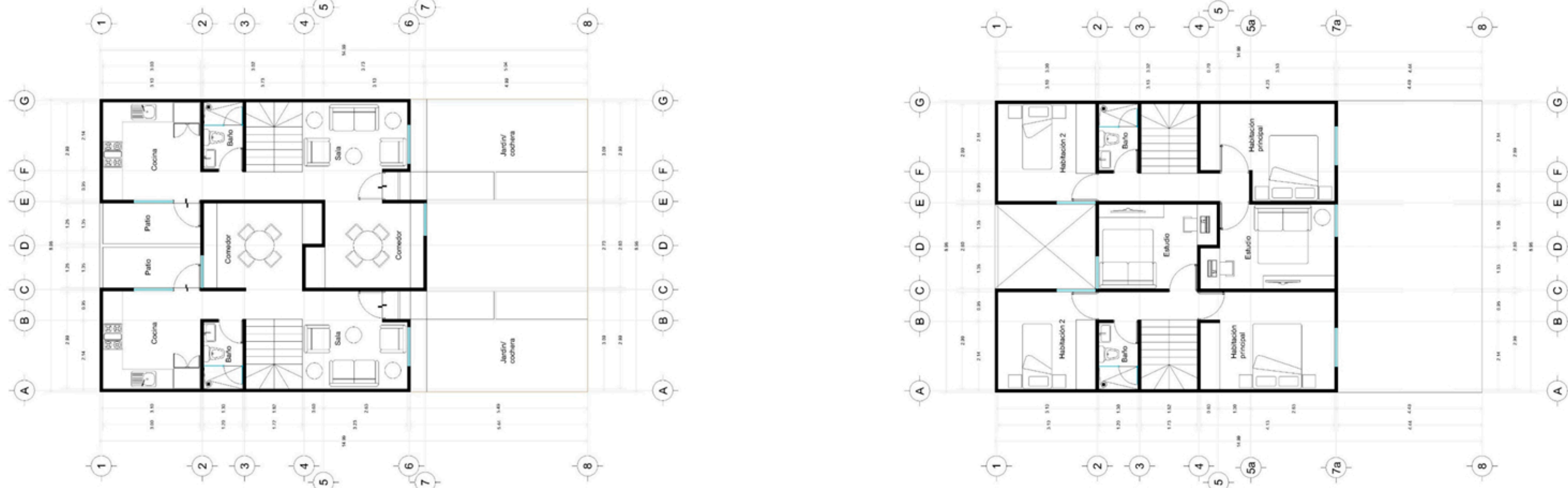


Figura 4. Plantas arquitectónicas baja y alta de la vivienda popular en 27 de octubre, Villahermosa



Se crean una serie de simulaciones por separado, modificando en cada una, una de las variables sugeridas por la bibliografía revisada y se comparan los resultados con el MBS para analizar su funcionamiento y valores óptimos de mejora, siendo las siguientes variables: Altura de cubiertas, protección solar en ventanas, proporción de ventanas, temporalidad, ventilación cruzada.

Figura 5. Corte altura de cubiertas

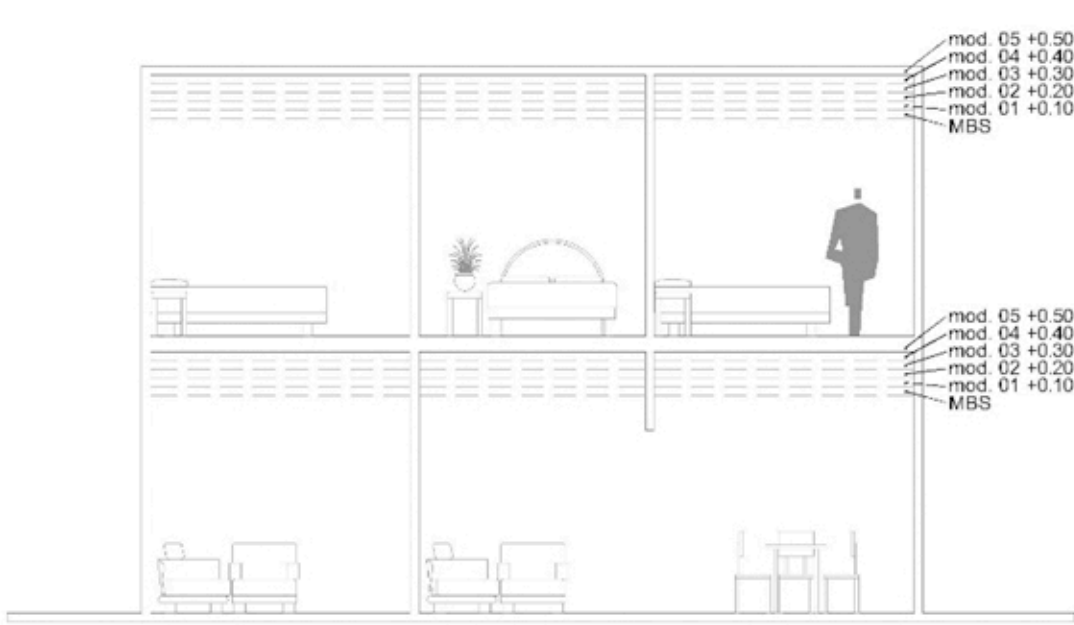


Figura 6. Detalle protección solar

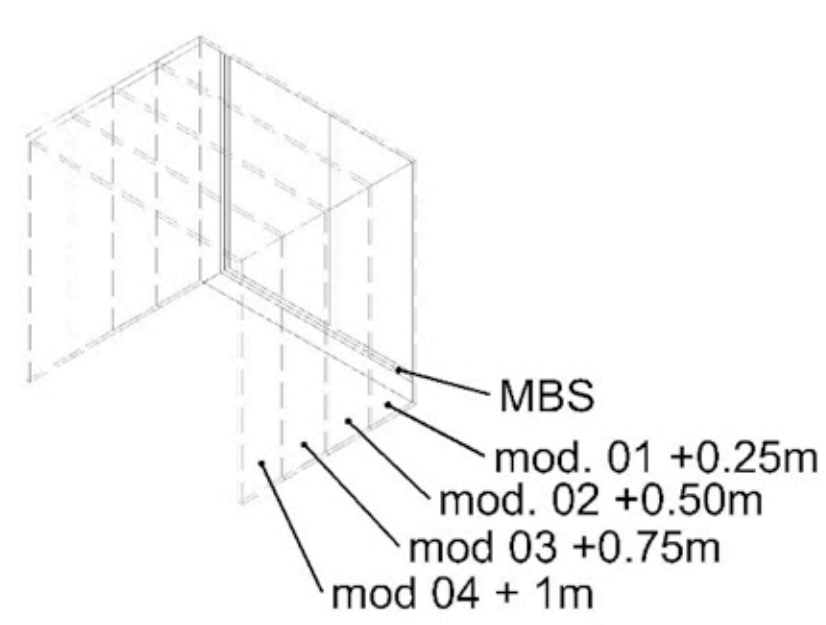
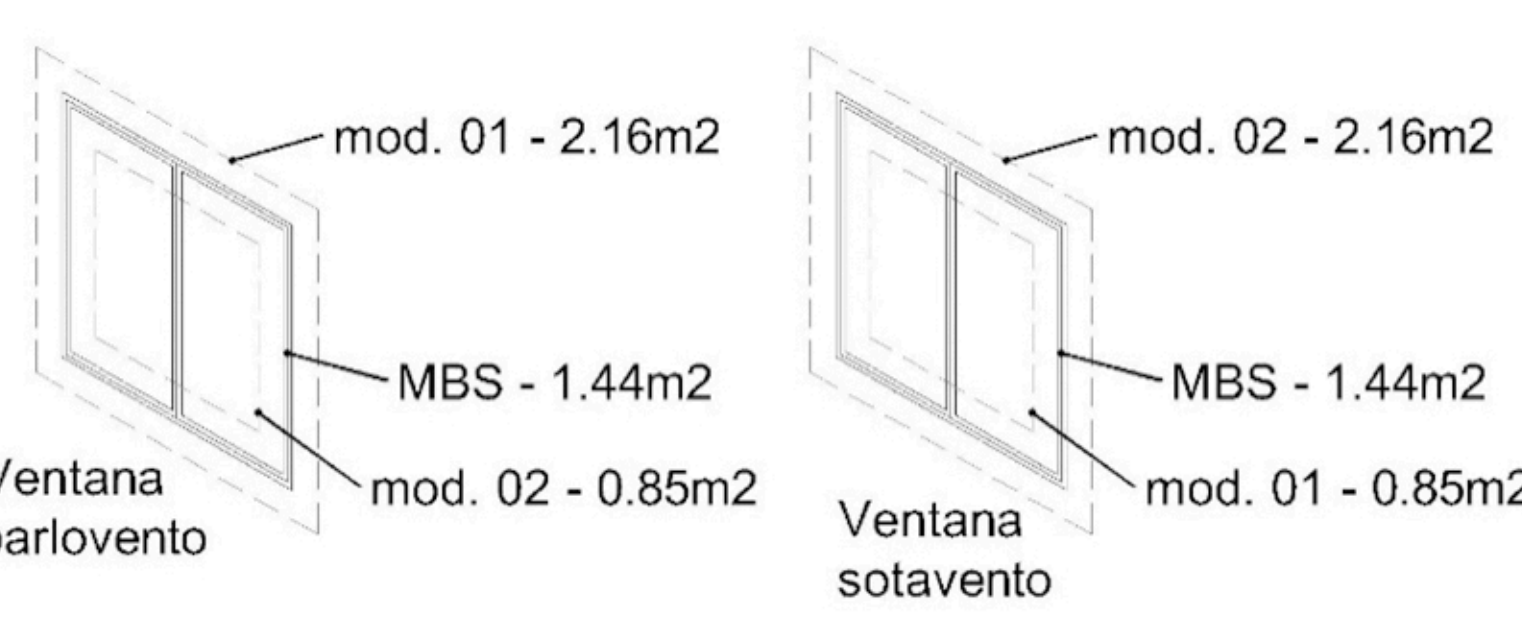


Figura 7. Proporción de ventanas



2.2. Modelos matemáticos

Debido a las limitantes de los softwares existentes, y la especificidad de las estrategias planteadas para la deshumidificación del espacio, se generaron una serie de modelos matemáticos para simular el funcionamiento de dichas estrategias, siendo éstas: Paneles deshumidificantes, geotermia somera y deshumidificación por presurización.

2.2.1. Paneles deshumidificantes

Se analiza el funcionamiento teórico de la colocación de paneles compuestos de gel de sílice, con una capacidad de adsorción reportada en la literatura de 35.5% de su peso en agua tras 6 horas de funcionamiento. Se analizan distintas cantidades de gel de sílice y diferentes tiempos de utilización del material.

2.2.2. Geotermia somera

Se emplea la fórmula de Kusuda para el cálculo de la temperatura en el subsuelo (Kusuda and Achenbach 1965) durante todo el año, posteriormente se calcula la inercia del terreno, la resistencia térmica de la tubería, así como el intercambio térmico del aire en la vivienda, y el aire del sistema de geotermia. La fórmula de cálculo de temperatura del suelo es: $T_s = T + A0 \cdot \exp(-F \cdot Z) \cdot \sin(0.986 \cdot N - 125 \cdot L \cdot Z)$ [1] En donde:
T: Temperatura ambiente promedio anual
A0: Amplitud anual de la temperatura (rango anual/2)
F: Factor de amortiguación del tipo de suelo.
Z: Profundidad debajo de la superficie.
L: Retraso de tiempo por metro de profundidad (dependiendo del clima y tipo de suelo)
N: Día del año

Figura 8. Detalle paneles deshumidificantes

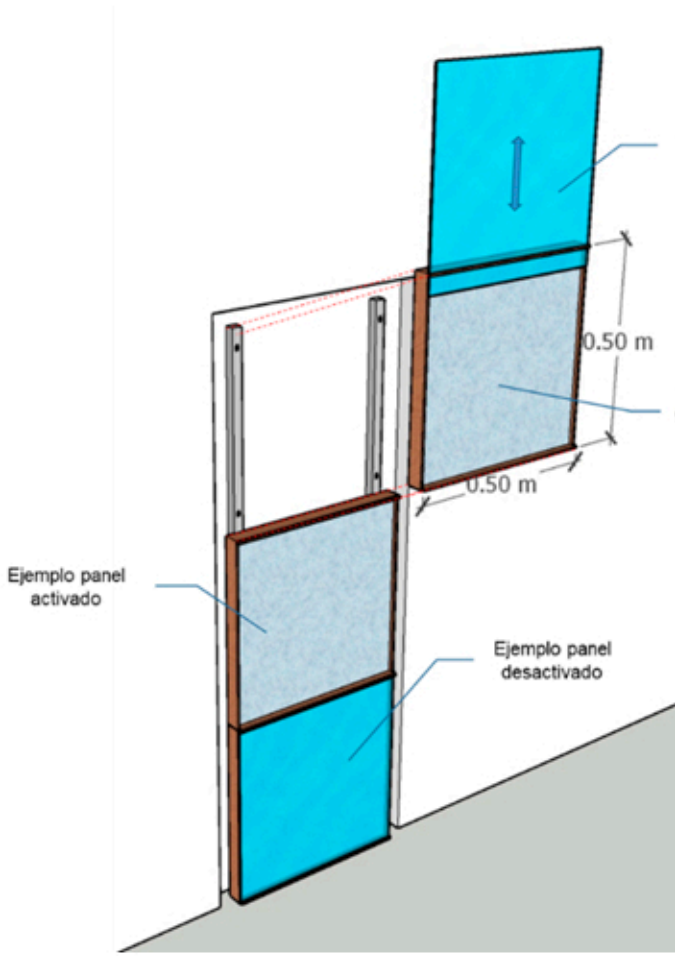
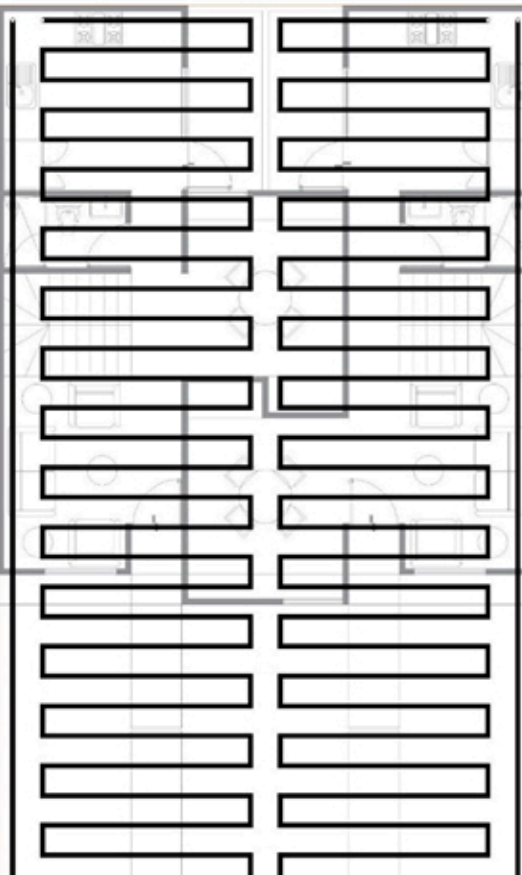


Figura 9. Diagrama instalación geotermia somera / deshumidificación por presurización



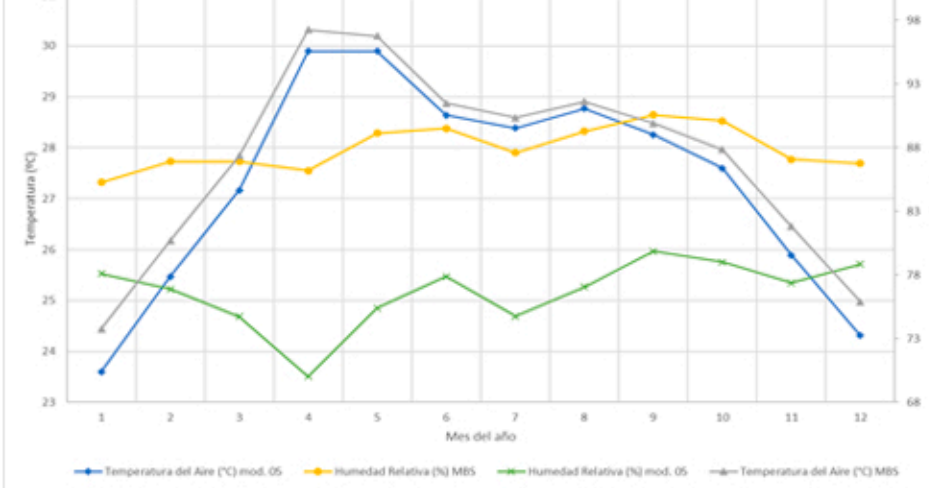
2.2.3. Deshumidificación por presurización

Se utilizan las mismas dimensiones de la tubería de geotermia somera, ya que se emplearía la misma instalación, se considera una humedad absoluta deseada y se calcula la cantidad de vapor de agua a condensar, tanto en total como en cada uno de los ciclos necesarios para deshumidificar el ambiente. Finalmente se calcula la presión necesaria a ejercer para presurizar el sistema lo necesario para condensar dicha cantidad de humedad del aire.

3. Resultados

Los resultados de la primera etapa (simulaciones designbuilder) indicaron mejoras en algunos de los parámetros que intervienen en el confort térmico de las personas de las siguientes maneras:
Modificando la altura de las cubiertas se reduce hasta un 1.60% y la humedad relativa hasta un 4.40% en comparación con el MBS en el análisis anual aumentando 50cm ambas cubiertas. De igual forma, colocando falsos plafones en la vivienda se obtienen descensos en la temperatura de un 8.4% y un 4.7% de la humedad relativa, quedando en promedios anuales de 25.4°C y 83% respectivamente.

Figura 10. Comparativa altura cubiertas



Con las protecciones de ventanas, con alerones y voladizos de un metro se obtienen disminuciones de la temperatura anual promedio en un 3.2% y la humedad relativa en un 11.8%. En el cambio de proporciones de las ventanas no se observan cambios significativos en temperatura o humedad relativa, sin embargo se ve un aumento significativo de la velocidad del aire que entra a las habitaciones, ayudando a generar una mejor calidad del aire. Por otra parte, la temporalidad de la ventilación es de las variables que mas afectan el confort térmico, se comparan 4 modelos, el primero con ventilación 24 horas (MBS), el siguiente sin ventilación natural, el tercero con ventilación diurna y el último con ventilación nocturna, con los mejores desempeños con ventilación 24 horas y con ventilación nocturna, ésta última además de tener los niveles mas bajos de humedad relativa, permite la implementación durante el día de los sistemas deshumidificantes de la segunda etapa de la investigación.

Figura 11. Comparativa protecciones solares

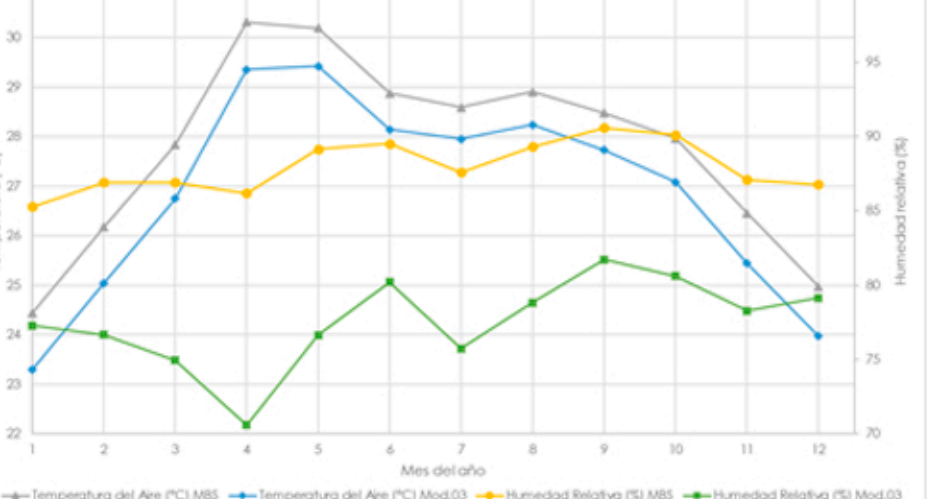
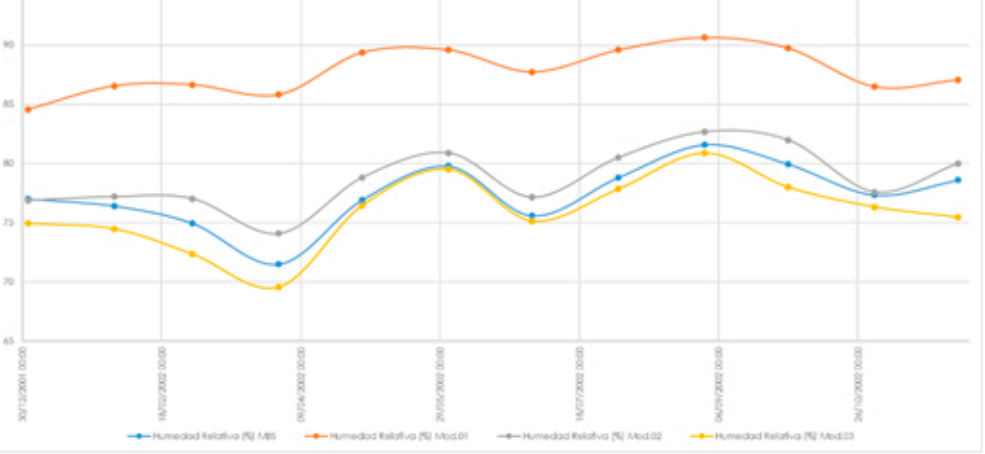
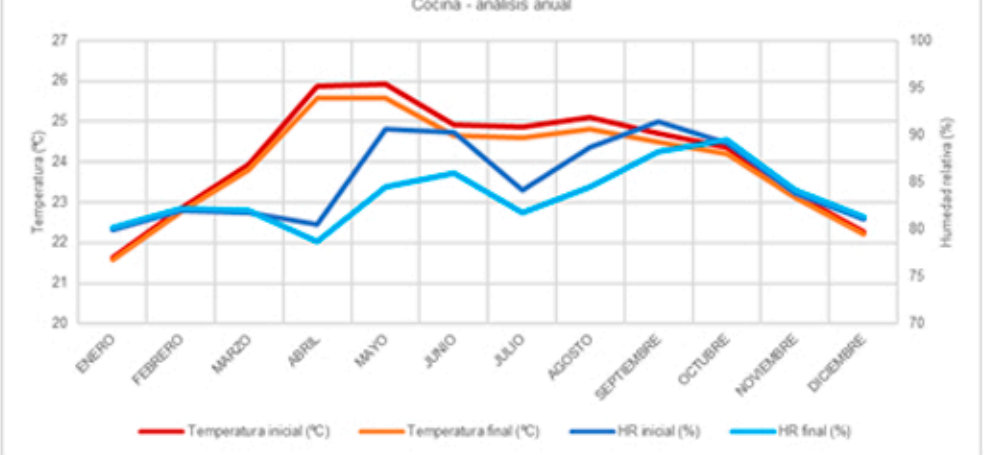


Figura 12. Comparativa humedad temporalidad



Para la segunda etapa, se crea un nuevo modelo base (NMB), combinando las estrategias de mejor desempeño y con los valores óptimos analizados en la simulación. Los paneles de gel de sílice pueden alcanzar niveles cercanos al confort térmico si se activan en momentos específicos del día, antes del uso de las habitaciones. Por su parte, la geotermia somera es capaz de disminuir hasta un 4% la humedad relativa en las habitaciones con funcionamiento de 12 horas, mientras que la deshumidificación por presurización desciende hasta un 12%, con un mayor uso de energía. Prácticamente en ninguno de los casos se mantienen niveles de confort durante todo el año.

Figura 13. Funcionamiento geotermia



4. Conclusiones

Se realizan las siguientes modificaciones a la MBS para mejorar su desempeño higrotérmico:
1.- Incremento de las cubiertas de la vivienda de 50cm.
2.- Colocación de un falso plafón de por lo menos 30cm de colchón de aire.
3.- Implementación de aislante térmico en la planta alta.
4.- Modificación de la proporción de las ventanas a un modelo 3:1.
5.- Protección solar de por lo menos 30cm, en forma de aleros y voladizos en ventanas fachada sur.
6.- Favorecer la ventilación constante, o la ventilación nocturna, dependiendo de las condiciones exteriores, o para implementar sistemas de deshumidificación durante el día.
7.- Favorecer la ventilación cruzada para descender niveles de humedad relativa.
8.- Implementación de geotermia somera para deshumidificación en las temporadas del año con mayores temperaturas y/o humedad relativa, utilización durante el día.
9.- Implementación de paneles desecantes con gel de sílice en habitaciones de la planta alta, durante periodos de 6 horas, operadas de acuerdo a las necesidades y uso de las habitaciones.
10.- Implementación de sistema de deshumidificación por presión del aire durante los momentos críticos de temperatura y humedad.

5. Referencias

Chen, V. F. (2007). The encyclopedia of Malaysia Vol 5: architecture (Vol. 5); Archipelago Press.
Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., García-Cruz, A. J. R., & Reviews, S. E. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. 49, 736-755.
Nelson, W. C., Ott, W., & Robinson, J. P. (1994). National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): Use of nationwide activity data for human exposure assessment. Retrieved from
Kusuda, T., & Achenbach, P. R. (1965). Earth temperature and thermal diffusivity at selected stations in the United States. Retrieved from
Choi, J.-H., Loftness, V., Aziz, A. J. E., & buildings. (2012). Post-occupancy evaluation of 20 office buildings as basis for future IEQ standards and guidelines. 46, 167-175.
Cui, W., Cao, G., Park, J. H., Ouyang, Q., Zhu, Y. J. B., & environment. (2013). Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. 68, 114-122.
Energy, U. d. o. (2021). DESIGNBUILDER - 2020.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) por el apoyo económico recibido para la investigación que se presenta, al igual que a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) por permitirme ser parte de esta actividad y ayudar a difundir investigaciones y estudios.