

Diseño y simulación térmica de vivienda ecoturística

Resumen

El comportamiento térmico en estado dinámico de una vivienda, determina las condiciones de confort del usuario.

Para tener más precisión en los cálculos que determinan este fenómeno, actualmente existen programas de cómputo que se utilizan durante el proceso de diseño de la edificación y permiten evaluar paso a paso cada una de las propuestas constructivas y de diseño del proyecto.

El objetivo de este trabajo fue diseñar un prototipo de vivienda ecoturística para un clima cálido - húmedo, en la que se utilizó como herramienta de evaluación de las estrategias de adecuación ambiental propuestas, el simulador térmico DOE 2.1e en su interface DOEPLUS

En el prototipo que se diseñó se utilizaron elementos sombreantes y muros de doble espesor, así como techos inclinados para disminuir la ganancia térmica por radiación directa.

Los resultados obtenidos con la simulación indican que las estrategias aplicadas disminuyen el requerimiento de climatización artificial en la vivienda.

Palabras clave: Arquitectura, Diseño, Doe 2.1e, Doeplus, Simulación térmica, Vivienda.

Introducción

En la práctica profesional, el arquitecto diseña con la metodología que aprende durante su formación académica, que se complementa con experiencias adquiridas con el tiempo.

Sin embargo, se debe considerar que debido a los costos actuales de energéticos y equipos para climati-

zación artificial, es necesario incorporar a la formación profesional y la práctica del diseño de espacios, nuevas herramientas de apoyo en la evaluación del comportamiento térmico de los edificios.

La simulación térmica de espacios con el uso de programas de cómputo surge en los setentas, pero en México su aplicación se limita en la mayoría de los casos a la investigación científica, cuando en realidad se tiene un potencial comercial enorme.

En el presente documento se muestra un ejercicio de diseño donde se aplica la simulación térmica para evaluar el comportamiento térmico del edificio.

El prototipo de vivienda que se evaluó, fue diseñado por el primero de los autores de este artículo, quien es estudiante de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Cabe mencionar que este trabajo obtuvo el tercer lugar en la categoría de vivienda ecoturística del "Primer concurso estudiantil de prototipos de vivienda" organizado por el Gobierno del Estado de Quintana Roo, Instituto de Vivienda de Quintana Roo, Universidad de Quintana Roo y la Sección Quintana Roo de la Asociación Nacional de Energía Solar

En el presente documento se describe el proceso de diseño del prototipo de vivienda y la evaluación térmica que se realizó.

Fase de diseño

En la fase de diseño se hizo un análisis de la localización y clima del sitio donde se ubicó el proyecto, además de considerar las necesidades propias del edificio y su función.

El objetivo fue el integrar la vivienda al medio mediante su adecuación a este y al mismo tiempo cumplir con la funcionalidad de los espacios.

Localización y clima

En este apartado se describen las características de localización y clima de área para la que se diseñó el proyecto.

Localización del proyecto

El prototipo de vivienda diseñada, se localiza en el Municipio de Othón P. Blanco en la Latitud 88° 19", Longitud 18° 45", al Suroeste del estado de Quintana Roo.

Condiciones climáticas

El clima de Othón P. Blanco es cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Conforme a los archivos de 1983 a 1998, la temperatura máxima extrema registrada es de 39.5°C en el mes de mayo. El promedio máximo son 33.5°C. La temperatura media registrada es de 26.9°C.

En lo que respecta a las temperaturas mínimas, la extrema son 7°C, en el mes de febrero, con un promedio mínimo de 17.6°C.

La temperatura de bulbo húmedo promedio anual es de 23.9°C, con una mínima de 21.7°C para el mes de enero, y la máxima de 25.7°C en junio.

La humedad relativa media tiene un promedio anual de 79%, con un mínimo de 74% en el mes de abril y un máximo de 82% para los meses de noviembre y diciembre.

Se tiene una temperatura de punto de rocío promedio de 22.7°C, con mínimo de 20.5°C registrada para los meses de enero y febrero, y una máxima de 24.6°C en junio.

En lo que se refiere a precipitación pluvial se tiene un acumulado promedio de 1308.6 mm anuales, con máximas de hasta 552 mm para el mes de septiembre y mínimas de 0.3 mm para el mes de mayo.

Los vientos dominantes son dirección Este con un promedio de velocidad de 2.8 m/s.

La radiación solar tiene un promedio anual de 640.5 W/m², con una máxima de 736 W/m² para el mes de abril. La mínima es de 590 W/m² para el mes de enero.

Diseño del prototipo de vivienda

La vivienda ecoturística como elemento arquitectónico, se definió formalmente por factores climáticos

y estéticos, que generaron espacios confortables térmica y psicológicamente.

El programa arquitectónico pretendió el aprovechamiento espacial máximo, por lo que se manejaron áreas compartidas o de doble uso.

La vivienda consta de una recámara con terraza. Se tiene una sala, que se transforma en recámara, mediante el uso de una puerta corrediza y un sofá-cama, en este espacio se tiene una salida a otra terraza. También existe un comedor a través del cual se puede acceder a la sala o la terraza. El baño se ubica a la derecha del acceso y la cocina a la izquierda del mismo. La planta arquitectónica descrita se observa en la figura 1.

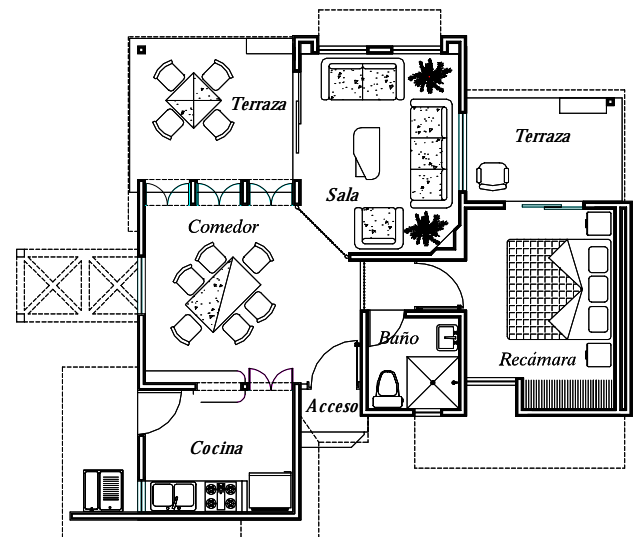


Figura 1. Planta arquitectónica de vivienda ecoturística

En consideración de que el usuario principal del edificio será turista, se propuso manejar sistemas híbridos para la adecuación ambiental, para evitar que se requiera constante manejo manual.

La propuesta de diseño considera que cuando el sistema pasivo propuesto no cumpla con los requerimientos de confort térmico, se activen sistemas de climatización artificial de bajo consumo energético.

Aplicaciones de sistemas pasivos

El diseño integra climatización pasiva, mediante el aprovechamiento de la ventilación y la iluminación natural, así como el uso de materiales de construcción regionales y aptos al clima local.

Asoleamiento

- Para disminuir la incidencia directa del sol sobre la edificación, los espacios fueron distribuidos en base a su uso, diurno o nocturno. Sólo un muro de la recámara presenta este problema, por lo que se propuso de mayor espesor, con una cámara de aire, que presenta salidas en su parte superior para provocar la extracción del aire caliente. Los muros propuestos son de adobe. Lo anterior se observa en la figura 1.
- El diseño de las losas también considera evitar la ganancia solar directa. Algunas losas son de tipo plano, en este caso se colocaron pretiles altos para proporcionar sombras, así como un área de paneles solares que sombrean parte de la losa plana. El sistema constructivo de la losa es vigueta y casetón de poliestireno, en el caso de las losas inclinadas se cubrieron con palma de la región.
- Las losas que son inclinadas reducen la radiación solar directa debido a su ángulo de inclinación. Estas losas se observan en las figuras 2, 4 y 5.

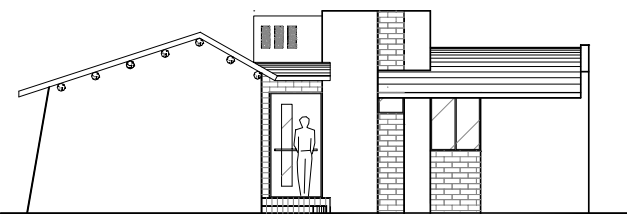


Figura 2. Elevación Acceso-cocina-baño-recámara

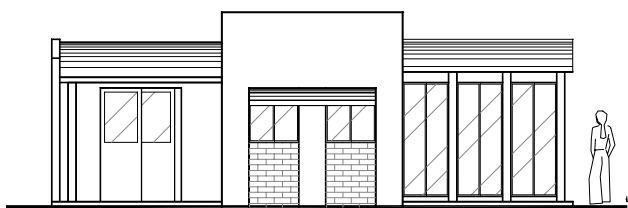


Figura 3. Elevación recámara-sala-comedor

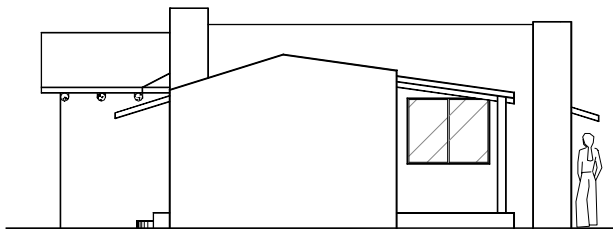


Figura 4. Elevación cocina-recámara-sala

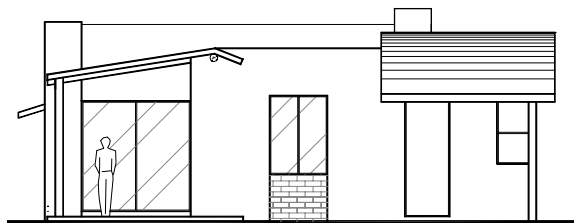


Figura 5. Elevación recámara-comedor-cocina

- Las ventanas se ubicaron de forma que ningún momento se tiene radiación solar directa sobre ellas. Esto se logra con el uso de partesoles, arremetimiento de la ventana, ventanas en terrazas e incluso utilizando parte del equipo de las ecotecnias propuesto como elemento sombreante. En las figuras 1 a la 5, se observa lo antes descrito.
- Otra propuesta para disminuir la ganancia térmica por radiación fue el uso de colores claros en los muros, así como una pintura reflejante en las losas planas.

Ventilación

- Se tienen vientos dominantes con dirección Este, de manera que los espacios se distribuyeron sobre un eje, con ventanas amplias, para propiciar el flujo del viento, lo que podemos apreciar en la figura 1.
- Para lograr la ventilación cruzada se diseñaron los espacios con conexiones amplias, ya sean puertas como en el caso de la sala-comedor, o ventanas como en la cocina y el comedor.
- El diseño de abatimiento de las ventanas permite una apertura total, con lo que aumenta el área para flujo de los vientos.

Expulsor de aire caliente

Como parte de la climatización pasiva se integró un expulsor de aire caliente, que se encuentra ubicado en la parte alta de las losas a dos aguas (cocina y recámara). Este sistema es un tubo de PVC con 4” de diámetro, y cuando el aire caliente alcanza el parteagua de las losas inclinadas es expulsado.

Aplicación de ecotecnias

Como parte integral del diseño se propusieron algunas ecotecnias las cuales se describen a continuación.

Ahorro de energía

- Como dispositivo ahorrador de energía eléctrica se propuso un sistema fotovoltaico, con 4 paneles de 20 vatios. La energía que aportan abastecen: 1 tele-

visor, 1 radio y 3 bombillas fluorescentes de 8 vatios de potencia, 1 refrigerador mediano de bajo consumo. Se pretende que el consumo eléctrico sea a través de estos paneles, y cuando así se requiera se utilice la energía de la red eléctrica.

- Para evitar consumo energético por calentamiento de agua, se propone el uso de dos colectores planos, con un termotanque. Se considera que este sistema proveerá aproximadamente 70% del consumo de agua caliente. Este sistema será híbrido ya que en caso de la temperatura del agua sea menor que 60 °C, se encenderá un sistema de calentamiento automático.

Ahorro de agua

Para disminuir el consumo de agua, se hicieron dos propuestas.

- Debido a que se tiene una buena precipitación, que se presenta casi todo el año, se captará el agua de lluvia, mediante las losas inclinadas, que tienen un tubo de PVC de 4" de diámetro, donde se depositará el agua, para posteriormente ser filtrada y se almacenará en una cisterna, para su uso.
- Otra propuesta es el aprovechamiento de las aguas residuales, para lo que se propone el uso de una fosa séptica, de donde se recuperará el agua mediante tratamiento para ser utilizadas en el sanitario y riego de jardinería.

Con el análisis climático y las propuestas antes descritas se obtuvo el diseño de la vivienda ecoturística.

Fase de evaluación térmica

Se hizo una evaluación térmica del prototipo de vivienda, donde se analizó el uso de elementos sombreantes (parte soles, pretiles y volados), orientaciones, sistema constructivo en muros (ladrillo, adobe, bloque de concreto) y sistema constructivo en losas (concreto, casetón, bovedilla).

El proceso de este estudio fue el siguiente: se considera un caso base con el acceso al Norte, muros de ladrillo, losa de concreto y con elementos sombreantes.

Se procedió a simular analizando en un principio el uso de elementos sombreantes, una vez realizada esta simulación se trabajó con el resultado que requería de menor enfriamiento, para evaluar la siguiente estrategia de adecuación ambiental.

Debido a que no se tiene un archivo meteorológico en lenguaje ASCII (que es el que utiliza el simulador) de la zona donde se diseñó el prototipo, se simuló con un archivo del Centro California en Estados Unidos.

Por lo anterior, la evaluación térmica se limitó a analizar el efecto de las estrategias de adecuación ambiental, en la edificación.

Simulador térmico DOE 2.1e (DOEPLUS)

Para la simulación térmica se utilizó el programa DOEPLUS Versión 2.0 (DOE-2.1e). Este simulador puede modelar en el edificio las 8760 horas del año de una por una, así como los elementos del edificio (muro, piso, techos, etc.).

Se puede dividir el edificio en espacios para los que se determinan los flujos de calor y en su caso las cargas térmicas al sistema del aire acondicionado. Toma en cuenta sombreados externos tanto opacos como parcialmente opacos, por ejemplo árboles y auto-sombreado del edificio.

Se puede programar de manera horaria para los días de la semana y a su vez para las estaciones del año, prácticamente todas las cargas internas (luces, equipos, usuarios, etc.).

Los resultados de la modelación incluyen: flujos de calor a través de muros, ventanas, por infiltración y ventilación, además de cargas térmicas internas.

El simulador tiene la ventaja y flexibilidad para seleccionar el nivel de detalle que se requiere, así como la longitud del período de análisis.

Consideraciones para el modelado térmico del diseño

Debido a la cantidad de información que genera el simulador utilizado, para mostrar el comportamiento térmico en general del prototipo de vivienda, se trabajó con un solo parámetro, que fue el enfriamiento máximo requerido (kW), que se determina con base en el calor sensible a remover del espacio por enfriamiento, y a partir del cual se estima el equipo de refrigeración.

Se establecieron algunas consideraciones para el modelado térmico y fueron las siguientes:

- Se consideró toda la casa como una sola zona.
- La temperatura de diseño fue de 25 °C.
- Se consideraron todos los elementos sombreantes propios del edificio.

- Se tomó en cuenta el consumo energético de iluminación con base en un uso preestablecido para lunes a viernes y otro uso para fines de semana.
- Se consideró un número de usuarios máximo de 4 personas, el calor latente y sensible para los usuarios se obtuvo a partir de este criterio.
- El método de infiltración utilizado fue de tipo residencial, con un cambio de aire por hora.
- El periodo de simulación fue del 1 de enero al 31 de diciembre.
- El archivo meteorológico que se utilizó fue de El Centro California, Estados Unidos.

Análisis de resultados

En la tabla 1, se concentran los resultados obtenidos en la simulación térmica.

Tabla 1. Máximo enfriamiento requerido y toneladas de refrigeración con diferentes tipos de adecuación ambiental

Tipo de adecuación ambiental		Máximo enfriamiento requerido (kW)	Toneladas de refrigeración
Elementos de sombra	^{NLC} Con sombra	9.258	2.62
	^{NLC} Sin sombra	10.520	2.98
Orientación del acceso	^{LCS} Norte	9.258	2.62
	^{LCS} Sur	10.419	2.95
	^{LCS} Este	10.810	3.06
	^{LCS} Oeste	12.183	3.45
Material en muros	^{NCS} Bloque de concreto	9.679	2.74
	^{NCS} Ladrillo	9.258	2.62
	^{NCS} Adobe	8.494	2.40
Material en losas	^{NAS} Concreto	9.258	2.62
	^{NAS} Bovedilla	8.172	2.31
	^{MAS} Casetón	7.780	2.20

^C Orientación del acceso al Norte, muros de ladrillo y losa de concreto.

^D Muros de ladrillo, losa de concreto y elementos sombreantes

^E Orientación del acceso al Norte, losa de concreto y elementos sombreantes.

^F Orientación del acceso al Norte, muros de adobe y elementos sombreantes.

Elementos de sombra

Al simular la vivienda con elementos sombreantes, orientación del acceso al Norte, muros de ladrillo y losa de concreto, se observó que disminuye el requerimiento de enfriamiento en 12%, al no utilizar estos elementos.

Los modelos tridimensionales del simulador con y sin elementos sombreantes se observan en las figuras 6 y 7.

Orientación

Al simular la vivienda, con diferentes orientaciones, se consideró la existencia de elementos sombreantes, con muros de ladrillo y losa de concreto.

Al evaluar esta estrategia de adecuación ambiental se observó que el menor requerimiento fue al orientar el acceso al Norte, y el máximo se presenta con la orientación del acceso al Oeste.

La orientación Norte tuvo un requerimiento de enfriamiento menor en 24% con respecto a la Oeste. Lo anterior se observa en la tabla 1.

Material en muros

Una vez determinado por modelado térmico que la orientación más propicia para minimizar el enfriamiento requerido fue la Norte, y que el uso de elementos sombreantes fue necesario, se procedió a cambiar el material de los muros.

La simulación indica que al utilizar adobe se requería un 12.24% menos que si los muros son de bloque de concreto y 8% menos que al utilizar ladrillo. Lo antes descrito se presenta en la tabla 1.

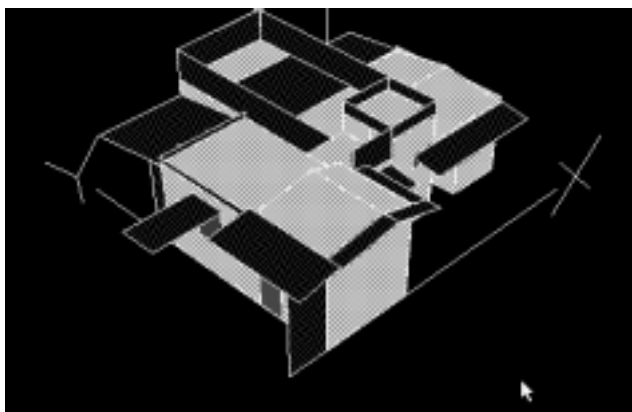


Figura 6. Modelo tridimensional de la vivienda con elementos sombreantes

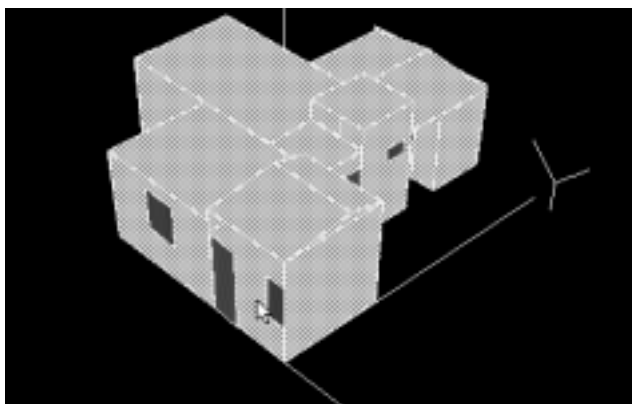


Figura 7. Modelo tridimensional de la vivienda sin elementos sombreantes

Material en losas. La última estrategia evaluada fue el sistema constructivo de la losa, donde se observó que al utilizar muros de adobe, orientación del acceso al Norte y elementos sombreantes en combinación con una losa de vigueta y casetón de poliestireno, se tiene un requerimiento menor en 15.96% que si se utiliza losa de concreto armado, además de una reducción del 4.79%, con respecto a la losa de vigueta y bovedilla. La información analizada se observa en la tabla 1.

Conclusiones


En el ejercicio que se realizó, se observa como el uso de la simulación térmica en el diseño de una vivienda, permite establecer de manera cuantitativa los efectos sobre la misma de las propuestas de adecuación ambiental.

En este estudio en particular se hace un análisis general del edificio, sin embargo es posible evaluar de manera específica cada elemento constructivo (muros, puertas, ventanas, etc.) y cada espacio, con lo que se tendría un estudio completo del comportamiento térmico de la vivienda.

Al utilizar el modelado térmico en un edificio es importante definir la meta a alcanzar en lo que se refiere al consumo energético, y los parámetros que determinarán si se aplica o no la propuesta evaluada.

Es importante establecer que aún cuando los programas de simulación térmica actuales no son complejos, en lo que se refiere a su aplicación, es necesario conocer los métodos de cálculo manuales para la toma de decisiones al introducir la información al programa e interpretar los resultados que éste genera.

Es necesario conocer el funcionamiento de los simuladores térmicos y sus limitaciones para establecer cuál es el indicado a utilizar, según sean las necesidades de cada caso en particular.

El uso de simuladores térmicos para el diseño arquitectónico no es nuevo, sin embargo, en México existe un rezago en el sector educativo, ya que sólo se incorporan a programas de maestría o investigación, siendo que los costos de los mismos son accesibles para las Universidades donde se imparte la carrera de Arquitectura 

Agradecimientos

Al M. en Ing. Ricardo Gallegos por compartir sus conocimientos en simulación térmica, al Dr. Augusto Arredondo por su apoyo para la realización de este artículo. A la Universidad Autónoma Sinaloa y Universidad Autónoma de Baja California, a través de sus Facultades de Arquitectura por el apoyo brindado para la realización de este estudio.

Referencias

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERING
(1995) ASHRAE Handbook, 1995 Fundamentals SI Edition, ASHRAE, U.S.A.
- CORRAL, M.
(1997) Metodología de análisis climático para el diseño arquitectónico. Tesis de Maestría en Arquitectura. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura, Mexicali B.C., México.
- HEARD, C.
(S/A) Modelado de cargas térmicas en edificios, Documento (mimeo) Instituto de Investigaciones Eléctricas, México.
- ITEM SYSTEMS
(1995) DOE-PLUS User's manual, Innovative Technologies for Energy Management. U.S.A.
- Rojas, J.
(1992) Obtención de propiedades ópticas, térmicas y físicas de algunos materiales de construcción. Tesina, Laboratorio de Energía Solar, Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Josué García¹, Gonzalo Bojórquez²

¹ Facultad Arquitectura, Universidad Autónoma de Sinaloa.

² Maestría en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California.