



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría en Construcción

Dimensionamiento de la vivienda de interés social, en función de las propiedades térmicas de los materiales, en climas semidesérticos.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestro en Ciencias

Presenta

Samuel Moisés Arroyo Martínez

Dirigido por:

Dr. José Luis Reyes Araiza

Dr. José Luis Reyes Araiza

Presidente

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza

Secretario

M.I. Rubén Ramírez Jiménez

Vocal

Dr. Miguel Ángel Pérez Lara

Suplente

Dra. María de la Luz Pérez Rea

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Mayo 2020

México

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mis padres Verónica Amalia Martínez Montes y Guadalupe Moisés Arroyo Martínez por apoyarme en todo momento durante mi trayectoria y saber cómo guiarme para poder realizar mis proyectos de vida, a mi director de tesis Dr. José Luis Reyes Araiza que gracias a él pude llegar hasta aquí, a mis compañeros de maestría Karen Elizarraraz, Iván Arjona y Victoria Valles que junto con ellos realicé este camino y me apoyaron en todo momento, por último quisiera agradecer a mi pareja Ansaldo Amaya que me ha apoyado en esta nueva etapa de mi vida y me dio una nueva forma de ver las cosas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) le agradezco la beca recibida durante la maestría, así como los apoyos para mi estancia, congresos y financiamiento para la formación de maestros durante la investigación.

Al centro de investigación y posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro le agradezco los múltiples apoyos y la beca recibida durante mi maestría.

Por último quisiera agradecer a mi Director de Tesis al Dr. José Luis Reyes Araiza y a mis sinodales, Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza M.I. Rubén Ramírez Jiménez, Dr. Miguel Ángel Pérez Lara y a la Dra. María de la Luz Pérez Rea, por su tiempo y dedicación para corregir y guiarme en mi tesis.

RESUMEN

El presente documento pretende realizar un análisis de la situación actual de una vivienda y su comportamiento en un clima semidesértico, en el cual se escogió al municipio de Querétaro como lugar de estudio, donde se podrá visualizar el comportamiento climático durante un tiempo determinado y así poder relacionar este comportamiento al de un tipo de vivienda, en este caso de interés social, así mismo se pretende generar estrategias de diseño referentes al dimensionamiento de los espacios para alcanzar ciertas temperaturas que se consideran que están en el rango del confort térmico. Una de las propuesta de este trabajo es hacer coincidir las horas de uso con las temperaturas internas.

Para lograr los objetivos planteados en este trabajo, se pretende hacer una modelación analítica con elemento finito y validando los resultados con muestreos experimentales, es por ello, que se propone simular una vivienda de tipo de interés social con una distribución y diseño usado normalmente en la zona, en lo cual, solo se modificará sus dimensiones para comprobar si es posible abarcar las temperatura deseadas con solo la alteración de las proporciones de estos.

Por último, como parte de la contribución de este trabajo permite generar estrategia de la manipulación de la temperatura al interior de los espacios a conveniencia del usuario, siendo esta de mayor precisión, ya que se conoce la tendencia de la variación de las temperaturas durante todo el día y el año.

ABSTRACT

This document presents an analysis of the current situation of a house and its behavior in a semi-desert climate. The municipality of Querétaro was chosen as the place of study, where the climatic behavior can be visualized during a certain time and thus To be able to relate this behavior to that of a type of housing, in this one of social interest, likewise it is intended to generate design strategies regarding the dimensioning of spaces to reach certain temperatures that are considered to be in the range of thermal comfort. One of the proposals of this work is to match the hours of use with the internal temperatures.

It is proposed to simulate a social house with a distribution and design normally used in the area and only its dimensions will be modified to check if it is possible to cover the desired temperatures by simply modifying the proportions of these.

ÍNDICE

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	5
CAPÍTULO 1	12
Introducción	12
1.1 Justificación	13
1.2 Descripción del problema.....	14
1.3 Hipótesis	15
1.4 Objetivo General.....	15
1.3.1 Objetivos particulares	15
1.5 Estructura de la tesis.....	16
CAPÍTULO 2	17
Revisión de literatura	17
2.1 Fundamentación teórica	18
2.2 Transferencia de calor	18
2.3 Tipos de transferencia	19
2.4 Propiedades de los materiales	19
2.5 Transmisión del calor por radiación	20
2.6 Transmisión del calor por convección	21
2.7 Transmisión del calor por conducción: Ley de Fourier	22
2.8 Confort térmico	24
2.9 Vivienda y vivienda sustentable	27
2.10 Materiales comúnmente utilizados en México	30
2.11 Análisis de la vivienda	32
2.12 Análisis térmicos de la vivienda	35
2.13 Comportamiento térmico en la vivienda	36
2.14 Propagación del calor a través de los materiales	37
2.15 Desface de onda térmica	37
2.16 Modelo térmico simplificado unidimensional	39
2.17 Modelo térmico estacionario y dinámico (SIMEDIF)	41
2.18 Eficiencia energética en México	43

2.19 Resistencia Térmica Total y Coeficiente de Transmisión de Calor de una Pared Compuesta o de varias capas homogéneas y no homogéneas.....	44
2.20 Enfoque cuantitativo del confort térmico	45
2.21 Reglamento de construcción de Querétaro y dimensiones mínimas	48
2.22 Temperatura horaria	50
2.23 Radiación.....	52
2.24 Temperatura sol-aire	54
CAPÍTULO 3	55
Metodología.....	55
3.1 Diseño de la vivienda de interés social	57
3.2 Análisis bioclimático	60
3.3 Temperatura horaria	61
3.4 Radiación	64
3.5 Temperatura sol-aire.....	69
3.6 Simulación.....	70
3.7 Comprobación de la simulación	75
CAPÍTULO 4	80
Resultados y discusión	80
CAPÍTULO 5	102
conclusiones	102
CAPÍTULO 6	104
bibliografía	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencias de rangos de confort térmico por autor (Mayorga, 2005)	27
Tabla 2 Sistemas constructivos comunes en techos en vivienda en México. Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH, 2012).	31
Tabla 3 Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER de materiales de la construcción y su conductividad térmica respectivamente.	31
Tabla 6 Materiales seleccionados en la investigación.	33
Tabla 7 Modelos físicos de transferencia de calor y resistencia térmica	40
Tabla 8 Requerimientos mínimos de habitabilidad y funcionamiento. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).	48
Tabla 9 Ventilación mínima. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).....	49
Tabla 10 Dimensiones mínimas de puertas. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).....	50
Tabla 11 Circulaciones. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).....	50
Tabla 12 Valores a, b y c, según la latitud y mes del año en México.	52
Tabla 13 Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas.	61
Tabla 14 Temperaturas horarias mensuales, calculadas a partir del modelo exponencial.	62
Tabla 15 Temperaturas horarias mensuales de los meses de otoño-invierno.....	63
Tabla 16 Temperaturas horarias mensuales de los meses de primavera-verano.....	63
Tabla 17 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío.....	64
Tabla 18 Radiación total calculada para cada mes del año a diferentes horas.	69
Tabla 19 Temperatura sol-aire calculada para cada mes del año a diferentes horas. .	70
Tabla 20 Conductividad térmica de los materiales utilizados para la simulación.	70
Tabla 21 Temperatura media interna de la vivienda en el municipio de Querétaro	72
Tabla 22 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío en el ambiente.	73
Tabla 23 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío en la vivienda simulada.	73
Tabla 24 Simulación a 1m de altura de la vivienda en el mes de abril.....	77
Tabla 25 Simulación a 1m de altura de la vivienda en el mes de mayo.....	77
Tabla 26 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.	81
Tabla 27 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara principal.	82
Tabla 28 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.	83
Tabla 29 HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02).....	85
Tabla 30 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.....	86

Tabla 31 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.	87
Tabla 32 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.	88
Tabla 33 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Principal.	89
Tabla 34 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.	90
Tabla 35 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Secundaria.	91
Tabla 36 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.	92
Tabla 37 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.	93
Tabla 38 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.	94
Tabla 39 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Principal.	95
Tabla 40 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.	96
Tabla 41 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Secundaria.	97
Tabla 42 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.	98
Tabla 43 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Carta bioclimática Olgyay.....	26
Figura 2 Esquema de resistencias equivalentes por Borbón, A. C., Cabanillas, R. E., & Pérez, J. B. (2010).	40
Figura 3 Diagrama de flujo de la metodología a realizar.	57
Figura 4 Dimensiones mínimas propuestas, según el reglamento de construcción del municipio de Querétaro. (a) Recamara principal, (b) recamara, (c) estancia, (d) baño.	58
Figura 5 Distribución de la vivienda mínima a partir del reglamento de construcción del municipio de Querétaro.	59
Figura 6 Distribución de la vivienda mínima en 3D a partir del reglamento de construcción del municipio de Querétaro. (a) Recamara principal, (b) recamara, (c) estancia, (d) baño, (e) cocina.	60
Figura 7 Simulación de trayectoria solar utilizando el programa Revit 2019 versión estudiante. (Imagen propia).....	65
Figura 8 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Enero y Diciembre.	66
Figura 9 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Febrero y Noviembre.	66
Figura 10 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Marzo y Octubre.....	67
Figura 11 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Abril y Septiembre. ...	67
Figura 12 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Mayo y Agosto.....	68
Figura 13 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Junio y Julio.	68
Figura 14 Temperaturas horarias mensuales de los meses de otoño-invierno.	74
Figura 15 Temperaturas horarias mensuales de los meses de primavera-verano.	75
Figura 16 Ubicación de sensores en la casa habitación.....	76
Figura 17 Gráfica de correlación de los datos medidos y la simulación.....	78
Figura 18 Gráfica de correlación de los datos medidos y la simulación corregida	79
Figura 19 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Otoño-Invierno.	82
Figura 20 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Primavera -Verano.	82
Figura 21 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Otoño - Invierno.	84
Figura 22 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Primavera-Verano.	84
Figura 23 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Otoño - Invierno.	86
Figura 24 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera-Verano.....	87
Figura 25 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Otoño-Invierno.	88
Figura 26 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Primavera -Verano.	89
Figura 27 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Otoño - Invierno.	90

Figura 28 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Primavera - Verano.....	91
Figura 29 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor– Otoño - Invierno.....	92
Figura 30 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera - Verano.....	93
Figura 31 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Principal– Otoño - Invierno.....	94
Figura 32 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Principal – Primavera - Verano.....	95
Figura 33 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Secundaria– Otoño - Invierno.....	96
Figura 34 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Secundaria – Primavera - Verano.....	97
Figura 35 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor– Otoño - Invierno.....	98
Figura 36 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera - Verano.....	99
Figura 37 Fotos Térmicas con cámara infrarroja marca FLUKE	100
Figura 38 Comparativa de temperatura interna medida y modelada en marzo.....	101

INTRODUCCIÓN

En el Reglamento de Construcción para el Municipio de Querétaro se mencionan varios lineamientos que se deben seguir para la realización de las diferentes tipos de obras; como es el caso del dimensionamiento mínimo de los espacios, circulación y ventilación. Estas dimensiones mínimas están basadas solamente en la antropometría y en la circulación del mobiliario a utilizar, sin embargo no deben ser los únicos parámetros a considerar, ya que el confort térmico también forma parte de los satisfactores de las necesidades básicas que todo individuo debe tener, además se debe mencionar que la vivienda es uno de los espacio que conforma los elementos esenciales dentro de la arquitectura y la construcción, ya que permite el desarrollo del ser humano para realizar sus actividades diarias. (Lillo, 2019)

Es importante mencionar que una de las consideraciones que se deben tomar en cuenta dentro del reglamento de construcción para determinar los parámetros de los espacios de las edificaciones son la transferencia de calor y el comportamiento de los materiales en dichas circunstancias, ya que estos factores son clave importante para una mejor aproximación al confort térmico. (Aguilera et al., 2018)

Por otra parte actualmente existe la norma oficial mexicana NOM-020-ENER-2011, la cual tiene como objetivo caracterizar y establecer métodos referentes al aislamiento térmico, siendo de principal ayuda para la disminución del uso de energía en las viviendas, estableciendo valores de resistencia, llamada valor R para toda la cubierta de la vivienda, siendo ésta para los techos, muros y entresijos. Sin embargo, este modelo básicamente está basado solo en la combinación de varios materiales para el aislamiento térmico de una vivienda, formando una envolvente, donde estas se dividen en capas para un cálculo lineal de resistencias térmicas de forma simplificada.

Por lo tanto, en este análisis nos enfocaremos en el cálculo de la vivienda de interés social, con un análisis bioclimático, que incluya las diferentes transferencias de calor, como es el caso de la radiación, la convección y la conducción, el cual nos permita generar una simulación analítica con elementos finitos en el que se pueda observar las diferentes temperaturas internas medias, según el día de cada mes del año.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Desde 1983 la Organización de las Naciones Unidas ha buscado implementar el concepto de sustentabilidad, por lo cual se busca que las investigaciones estén sustentadas por tres pilares, siendo estos, lo social, lo económico y lo ambiental; por lo tanto este proyecto está buscando atacar principalmente la parte ecológica y ambiental, en el cual al generar un dimensionamiento adecuado, permita generar un mayor porcentaje de confort térmico, así mismo, se busca contextualizar el estado actual de las viviendas y cómo es que los usuarios perciben estos espacios en las condiciones actuales, según lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud, el cual hace referencia en la salud y viviendas dignas para las personas, para una mejora en la salud mental, obteniendo un hogar agradable y en buen estado.

Por otra parte, la utilización de block hueco, ladrillo recocido, ladrillo de adobe y concreto en este proyecto, está basada en la Encuesta Nacional de Sistemas Constructivos comúnmente utilizados en México del INEGI, siendo estos los principales a usarse en la construcción, así como también se busca la comparación de dichos materiales conforme a sus propiedades térmicas en las viviendas, obteniendo un panorama del comportamiento de dichos materiales en las viviendas.

Otro dato importante a mencionar es que, en la Zona Metropolitana de Querétaro solo para el 2010, solo ha provisto el 1.3% de la demanda total para este sector, minimizando los esfuerzos por la obtención de viviendas dignas a personas con recursos limitados o que cuentan con créditos insuficientes para poder acceder a viviendas de otro tipo, por lo tanto el gran crecimiento acelerado de las

viviendas en Querétaro y la gran demanda que presenta nuestra ciudad, solo ha generado una problemática en cuestión a la elaboración de dichas viviendas, reduciendo y castigando los espacios en los que los usuarios realizan sus actividades, contradiciendo a lo que la OMS nos menciona como vivienda digna, ya que, al generar este tipo de espacios, solo se puede generar un rechazo o un descontento con dichos lugares.

Por lo tanto, este trabajo busca generar resultados concretos sobre los dimensionamientos óptimos que debe tener una vivienda sustentable, en el cual el aspecto de la relación de conductividad térmica en los materiales y el confort térmico, no se han propuesto o estudiado a profundidad, como se muestra en el estado de arte antes mencionado. Es en este contexto que este trabajo busca profundizar y aportar con geometrías de la vivienda que faciliten el confort.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La problemática que nos encontramos en la mayoría de los casos es en la espacialidad y el dimensionamiento de los espacios en las viviendas de interés social, las cuales han sufrido una constante modificación a su tipología y a sus áreas, hasta llegar a viviendas que rondan entre los 42 y 76 metros cuadrados, las cuales constan de 1 a 2 recámaras, 1 baño, 1 cocina-comedor, junto con los servicios básico, minimizando y alejándolas del concepto de viviendas dignas, según el especialista Julio César Alderete (Alderete, 2010). Este tipo de viviendas se les ha otorgado más el concepto de económicas a costas de otros factores, como es el de confort, ya que, siendo un gran mercado para las constructoras en México, donde de acuerdo con el INEGI, se ha dado más a la prioridad financiera de la construcción de viviendas en masa, en donde, para 2030 se espera duplicar el total de viviendas que se tenía en el 2005, siendo alrededor de 23.3 millones de nuevos hogares (INEGI, 2019).

Es por ello, que es de suma importancia poder generar este estudio, hacia la comprensión de los materiales y sus propiedades térmicas, para así poder dar respuesta a las viviendas y a su comportamiento ante un clima en específico, ya que normalmente el comportamiento térmico de los materiales y el confort

térmico se ven por separados, en cuestión a la región en el que se construye o en el clima en el que se contextualiza, sin darle una prioridad a la dimensión de los espacios y a su distribución, en el que se pueda dar resultados concisos en cuanto a las dimensiones de una vivienda que estén bajo estándares de confort, siendo este el contexto de este trabajo de investigación de tesis en la que se está orientando.

1.3 HIPÓTESIS

El estudio de la conductividad térmica de los materiales de la construcción para las viviendas y el conocimiento del clima de la región a estudiar puede permitir mejores estrategias en el dimensionamiento de dichas edificaciones en muros y losas para un mayor aprovechamiento en cuanto a su temperatura conforme a temperaturas relacionadas a un confort térmico.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Obtener el dimensionamiento adecuado de la vivienda, que permita lograr un confort térmico a los usuarios, en base las propiedades térmicas de los materiales, además generar un método y un procedimiento analítico, el cual se sustente en modelos de simulación y análisis probabilístico, que permita considerar al clima de la zona (semidesértico).

1.3.1 Objetivos particulares

- Generar un estudio climático, para una mejor comprensión del comportamiento de la zona y sus temperaturas medias máximas mensuales.
- Estudiar el comportamiento térmico de la vivienda con las dimensiones mínimas requeridas, según el reglamento del municipio de Querétaro en México.

- Proponer el dimensionamiento de los espacios de la vivienda de interés social con base en las simulaciones realizadas y validadas.

1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS

En la presente tesis cuenta con un total de cinco capítulos, en el cual, en el primer Capítulo se presenta la situación actual de las viviendas y como estas carecen de un estándar mínimo para generar una vivienda digna, en el cual se contextualiza la situación del confort térmico y como el estudio de los materiales y su dimensionamiento, pueden impactar en esta problemática, en el segundo Capítulo se sintetiza los aspectos de la importancia de una vivienda digna, sustentable y confortable, y como se han realizado las investigaciones hasta la actualidad en la vivienda.

El Capítulo tercero se muestra la metodología y como a través de los estudios pertinentes de los materiales elegidos, se generará una simulación con dichas propiedades para llegar a un dimensionamiento que pueda ayudar alcanzar un confort térmico de la vivienda, en donde, por último, se realizará un análisis estadístico y paramétrico, para alcanzar las dimensiones óptimas de acuerdo con lo capturado. Después se proseguirá con los datos obtenidos en el Capítulo 6, en el cual se esperan resultados positivos en el que afirme nuestra hipótesis y así generar las conclusiones esperadas en el quinto Capítulo.

REVISIÓN DE LITERATURA

La vivienda es el espacio físico que forma parte de los satisfactores de las necesidades básicas que todo individuo debe tener. La Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos Humanos señala que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado, que le asegure la salud y el bienestar, y esto incluye la vivienda. (Lillo, 2010) La vivienda es un espacio fundamental para el desarrollo del ser humano, en el cual, realiza sus actividades principales, donde normalmente se busca el confort del usuario.

Siendo así, que el estudio y el aprovechamiento de los recursos naturales, para generar estrategias con sistemas pasivos es fundamental para el diseño de las viviendas, maximizando la calidad de vida del ser humano, en el cual, es pertinente, adecuarse al entorno que se planea diseñar. (Aguilera et al, 2019)

Es en este contexto que el presente trabajo pretende analizar los elementos teóricos y conceptuales que permitan realizar un acercamiento a la problemática de la vivienda en relación a su comportamiento térmico, las cuales estén fundamentadas en un modelo base sobre el que trabajar . Por lo tanto, es pertinente realizar un análisis de los diferentes modelos que existen actualmente y los diferentes resultados que aportan cada uno de estos.

En primera instancia se contextualizará el fenómeno del calor y la relación de éste, con los elementos de la vivienda, como son los muros, las cubiertas y los materiales, en segundo lugar se expondrá los diferentes modelos aplicados en la transferencia de calor, en la vivienda y los diferentes resultados proporcionados por cada uno de estos métodos, en el cual, se dará un panorama general del modelo y las diferentes variables que se utilizan en cada uno de ellos. Por último se realizará una discusión sobre la importancia de estos modelos para el estudio de la vivienda y sus posibles aplicaciones.

2.1 Fundamentación teórica.

Es importante mencionar los tres principios de la termodinámica, los cuales, son las bases para comprender este fenómeno y el comportamiento de este sistema, que es la vivienda, siendo estos tres principios que expresan la interacción de la energía y su desarrollo en un medio. (Vivens et al., 2018)

El primero es el principio cero, el cual, hace referencia al constante equilibrio que existe entre dos cuerpos con diferentes temperaturas, siendo que, el cuerpo con mayor energía siempre cederá al que tenga menor energía., por consiguiente nos lleva al primer principio de la termodinámica, donde establece que el cambio de energía total del sistema es igual a la diferencia entre la energía total que entra al sistema y la energía total que sale del sistema, expresada de la siguiente manera;

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad (1)$$

Y por último la tercer propiedad, que es el segundo principio, menciona la dirección que con lleva los procesos termodinámicos y la imposibilidad que ocurra en el sentido contrario. (Yumus et al, 2012)

2.2 Transferencia de calor.

En este apartado se realizará una breve descripción, referente a la transferencia del calor y los elementos que lo conforman, siendo importante poder definir lo que es el calor y las diferentes formas que existen de interacción, en el cual, se presentarán las diferentes ecuaciones básicas en la termodinámica, para la comprensión de este fenómeno, donde al final, se verán los diferentes elementos que influyen en esta interacción en una vivienda.

Evidentemente existe diferentes fenómenos físicos que envuelven a una vivienda, siendo uno de estos la constante transferencia de energía en forma de calor, el cual, es una forma de energía que se transfiere entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura, es decir, una interacción de energía en forma de

calor, será sólo si ocurre esta primicia (Gálvez, 2008), en el cual, existen diferentes formas de transmisión o propagación de calor que intervienen directamente en la vivienda (Incropera y DeWitt, 1999):

- **Conducción:** Se considera como la transferencia de energía, entre partículas con diferencia de energías, debido a su relación.
- **Convección:** Esta transferencia de calor se relaciona por la interacción molecular aleatoria y la transferencia mediante fluidos.
- **Radiación:** Es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita.

2.3 Tipos de transferencia.

La transferencia de calor es un proceso de propagación de calor en distintos medios, la cual la física es la que se encarga de estudiar estos fenómenos, los cuales se producen siempre que exista un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas interactúan, persistiendo hasta alcanzar un equilibrio térmico, es decir, hasta igualar sus temperaturas.

En general se conocen tres fenómenos distintos de transferencia de calor, que son por: radiación, convección y conducción, siendo este último fenómeno en el cual se va a profundizar más, sin embargo, es importante comprender los tres fenómenos que comprenden a la transferencia de calor.

2.4 Propiedades de los materiales.

Cuando la energía térmica radiante incide sobre un cuerpo, ésta puede ser absorbida, reflejada o transmitida, cuando hablamos de transmitida se dice que atraviesa al cuerpo por transparencia, como ocurre con el aire o el vidrio.

Si llamamos E_i a la energía total incidente, E_a , E_r , E_t son la energía absorbida, energía reflejada y energía transmitida, respectivamente, entonces tenemos:

$$E_a + E_r + E_t = E_i \quad (2)$$

Y donde para obtener los coeficientes de absorción (a), de reflexión (r) y de transmisión (t) podemos dividir la ecuación anterior entre E_i y entonces tenemos:

$$a + r + t = 1 \quad (\text{para cuerpos transparentes}) \quad (3)$$

y en los cuerpos opacos por ser $t = 0$ tenemos:

$$a + r = 1 \quad (\text{para cuerpos opacos}) \quad (4)$$

Los materiales tienen un comportamiento selectivo respecto a la energía total incidente, esto quiere decir que la cantidad de energía que absorben, reflejan o transmiten es diferente para cada longitud de onda.

En general, podemos decir que los coeficientes de absorción para los materiales opacos son bajos para los colores claros y dichos coeficientes son altos para los colores oscuros, cuando la fuente de energía es el sol.

Y cuando la fuente es de baja temperatura ($<100^\circ \text{C}$), entonces las superficies metálicas son poco absorbentes y las no metálicas tienen un alto coeficiente de absorción.

Dentro de la física de materiales resulta también importante conocer la forma en que los materiales intercambian calor con su ambiente y al respecto tenemos:

2.5 Transmisión del calor por radiación.

Los cuerpos de nuestro ambiente siempre están emitiendo energía térmica radiante, por lo tanto siempre están perdiendo o ganando simultáneamente dicho tipo de energía, el balance de este fenómeno es complejo y depende de sus áreas, de sus posiciones, de las distancias, de las emisividades y de las temperaturas, la comprensión de estos fenómenos de emisión y recepción de energía térmica radiante es suficiente para tener un criterio aplicable al uso racional de los materiales de construcción en el diseño y construcción de las

edificaciones, sin embargo conviene aclarar que en relación con esta forma de transferencia de energía térmica, que la cantidad de calor transmitido por radiación es proporcional a las dimensiones relativas de los cuerpos entre sí y la diferencia de temperaturas.

Partiendo de que tenemos el cuerpo A y el cuerpo B, cuyas temperaturas son $t_A > t_B$, que intercambian calor con todos los cuerpos que les rodean, si solo se considera la transferencia entre A y B, entonces tenemos:

$$q_r = h_r(t_A - t_B) \quad \text{ó} \quad q_r = 5.7E ((T_A/100)^4 - (T_B/100)^4) \quad (5)$$

Donde:

q_r = cantidad de calor que se transmite por radiación, en la unidad de tiempo y por unidad de área, lo cuál significa que, en el balance energético que tiene lugar por radiación, el cuerpo A pierde y el B gana esa cantidad de energía, unidades: W/m^2 .

h_r = Coeficiente que toma en cuenta las dimensiones relativas de los cuerpos entre sí y sus emisividades.

$$\text{Si } h_r = 5.7E (T/100)^4 ; \text{ unidades } W/m^2 \text{ } ^\circ C \quad (6)$$

Donde:

E = Es un coeficiente llamado poder emisivo o emisividad del cuerpo, depende de las formas, posiciones y emisividades de las superficies.

T = Es la temperatura en grados kelvin o temperatura absoluta o temperatura del cuerpo en $^\circ C$ mas 273.

2.6 Transmisión del calor por convección.

En este caso los dos cuerpos deben estar en contacto molecular de forma que el inicio del proceso se dé por conducción y donde uno de los cuerpos deberá ser un fluido.

Existen dos formas de transmisión por convección: la natural y la forzada, en la primera el movimiento del aire se genera por la diferencia de temperaturas entre sus partes y en el segundo caso el aire tiene una velocidad propia.

Tanto para convección natural como para la forzada se deduce una ecuación que nos permite calcular la cantidad de calor transmitido. Si $t(A) > t(B)$ tenemos:

$$q_c = h_c(t_A - t_B) \quad (7)$$

Donde:

$q(c)$ = Es la cantidad de calor transmitido por convección del cuerpo A al B, en la unidad de tiempo y por unidad de área, unidades: w/m^2 .

$h(c)$ = Es un coeficiente que depende fundamentalmente de la posición del plano y de la velocidad del aire, $w/ (m^2 \text{ } ^\circ C)$

$t(A)$ = Temperatura del cuerpo A, unidades: $^\circ C$

$t(B)$ = Temperatura del cuerpo B, unidades: $^\circ C$

2.7 Transmisión del calor por conducción: Ley de Fourier

La conducción de calor o transferencia de energía en forma de calor por conducción es un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, por el que el calor fluye desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que está en contacto con el primero. La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica. (Giacoli,2006)

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x} (T_1 - T_2) \quad (8)$$

Donde:

$\frac{Q}{\Delta t}$ es el calor transmitido por unidad de tiempo.

k (o λ) es la conductividad térmica.

A es el área de la superficie de contacto.

$(T_1 - T_2)$ es la diferencia de temperatura entre el foco caliente y el frío.

x es el espesor del material.

Esta forma de transmisión se da por contacto molecular entre dos sólidos que tengan temperaturas o solo de un sólido; puede darse de dos formas, la primera: es la llamada de régimen estacionario y que a su vez puede ser una transmisión de superficie a superficie, en donde las temperaturas superficiales son diferentes, el flujo de calor es estacionario y es perpendicular a las superficies, en este caso los materiales se consideran homogéneos.

Otra forma de transmisión dentro del régimen estacionario es de medio a medio, que en el espacio arquitectónico es lo más común, debido a que lo que se conoce son las temperaturas de los medios, es decir la temperatura del aire dentro del local y la del aire que está fuera.

Por otro lado, tenemos, la transmisión por conducción llamada de régimen variable, que como condición esencial considera que el flujo de calor es variable en el tiempo.

En particular dentro de este régimen variable se encuentra uno que nos interesa; y es el llamado régimen periódico, es decir aquel que se repite, por periodos de 24 horas y su variación corresponde al tipo sinusoidal.

Una propiedad térmica de los materiales muy importante dentro de la transmisión por conducción es el retraso térmico, el cual se refiere, al principio de que cualquier variación térmica que se produce en la superficie interior o exterior de un elemento o cuerpo no se percibe de manera instantánea en la otra cara o superficie.

Dicho retraso, depende de los parámetros de los materiales que intervienen en el proceso de transmisión por conducción en régimen variable, los cuales son: la conductividad térmica (k), el calor específico C, la densidad (d) y el espesor (L).

De esta manera, toda materia tiene por tanto la capacidad de amortiguación, que refiere a la propiedad que poseen los elementos constructivos (cerramientos), para disminuir la amplitud de las variaciones térmicas.

Otra variable que señalar en los materiales constructivos es la resistencia térmica R , la cual está dada por el cociente de la conductividad térmica (k) del material, entre su espesor (L), para cada material que conforma el sistema constructivo, es decir:

$$r = k / L \quad (9)$$

Por último debe señalarse, el fenómeno de la condensación interna y su importancia en el comportamiento de los materiales utilizados en la construcción de los edificios, ya que cuando este fenómeno se presenta, el primer problema es la degradación de los materiales por la humedad que concentra en ellos, así como la formación de hongos dañinos para la salud.

Otro problema relacionado a la condensación es que baja la resistencia térmica de los materiales y por tanto un material expuesto a la condensación permite el paso del calor aún cuando sea un material aislante.

Por último es importante mencionar la ecuación del calor, que consiste en una ecuación diferencial parcial cuya versión tridimensional es:

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \alpha \left(\frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 u}{\delta z^2} \right) \quad (10)$$

Donde $u(x,y,z,t)$ representa la temperatura en cada punto interior del sólido en cada instante de tiempo y α es una constante que depende del material. (Ibarra, 2012)

2.8 Confort térmico.

A lo largo de la historia del ser humano ha habido cierta inquietud por comprender los estados del confort térmico, como menciona el arquitecto Solís en sus estudios de confort comenzó con Marco Vitruvio Polión, Arquitecto Romano del

siglo I a.C., donde el tema de confort térmico en las edificaciones aparece, por primera vez, registrado en su magna obra el tratado “De Architectura” compuesta por 10 libros. Entre otras cosas, el tratado, reflexiona sobre la diferencia del clima alrededor del globo terráqueo y su afectación en los individuos, así como las razones técnicas por las cuales se han determinado disposiciones diversas en los edificios para que cumplan con sus tres valores fundamentales de la arquitectura; solidez, utilidad y belleza-firmitas, utilitas y venustas (Mayorga, 2012).

Uno de los estudios más referenciados son los diagramas bioclimáticos de Olgay donde reúne los resultados de varias disciplinas y desarrolla una zona de confort dentro de un esquema llamado “Diagrama Bioclimático”. En la Figura 1.2 se observa dicho diagrama en el cual delimita por la temperatura del aire entre los 21°C y 27°C, y la humedad relativa entre 20% y 75%, con una zona de exclusión para el aire demasiado cálido y húmedo en los extremos.

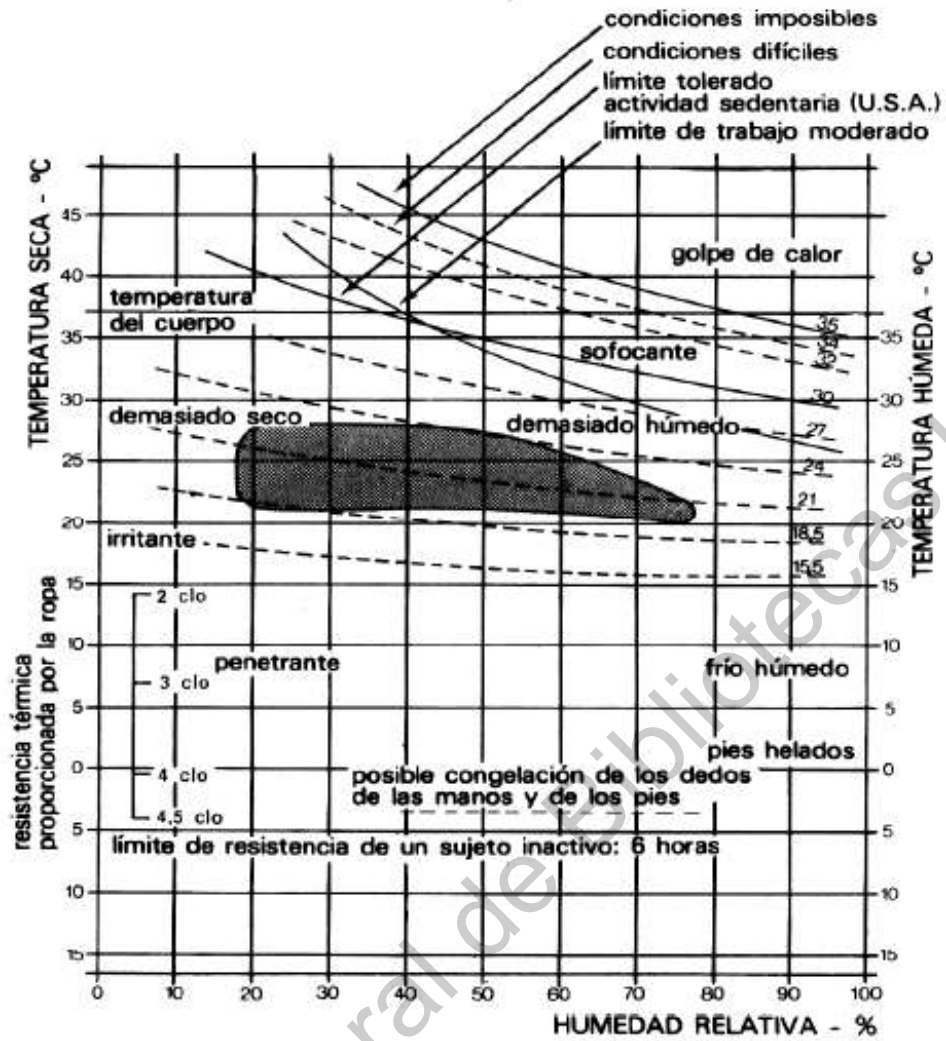


Figura 1 Carta bioclimática Olgay

El confort térmico del ser humano, es un fenómeno que se presenta, entre otras formas, a través de la sensación térmica (opinión cognoscitiva) y la preferencia térmica (opinión afectiva) que el sujeto tiene por los espacios arquitectónicos que habita y donde éstas no solo dependen de los aspectos personales del individuo, como son los biológicos, los psicológicos y los sociales; si no que se ven influenciados también por el contexto donde se desenvuelve éstos, es decir, su ambiente natural, su ambiente construido y su ambiente social. (Mayorga, 2005)

A continuación, se muestran los estudios realizados donde se señalan los intervalos de temperatura por diferentes autores que mencionan los rangos de confort.

Tabla 1 Diferencias de rangos de confort térmico por autor (Mayorga, 2005)

Autor	Límite inferior y superior (rango) de la zona de confort térmico	Amplitud de la zona de confort térmico	Temperatura neutra
Baruch Givoni	21°C a 26 °C	5 °C	23.5 °C
Victor Olgyay	23.9 °C a 29 °C	5.6 °C	26.7 °C
ASHRAE	20.55 °C a 24.44 °C (Invierno)	3.89 °C	22.5 °C
	23.33 °C a 27.22 °C (Verano)	3.89 °C	25.3 °C
Koenigsberger y Otro	22 °C a 27 °C	5 °C	24.5 °C
C.E. Brooks	23.3 °C a 29.4 °C	6.1 °C	26.35 °C
Maesterton J. M y Richardson F.A.	20 °C a 29 °C	9°C	24.5 °C
Para la Ciudad de México:			
	Mes más frío de 18.3 °C a 25.3 °C		
	Mes más cálido de 20.3 °C a 27.3 °C	7 °C	21.8 °C
Auliciems A. (1981 a, 1981 b, 1983, 1986, 1989, 1993), Auliciems A. y S. Szokolay (1997).		7 °C	23.8 °C
	Para la ciudad de Acapulco, México:		
	Mes más frío de 22.32 °C a 29.32 °C		
	Mes más cálido de 23.09 °C a 30.09 °C	7 °C	25.82 °C
		7 °C	26.59 °C
Par un rango de aceptación del 80% de los usuarios de los espacios.			
	Para la Ciudad de México: 19.48 °C a 22.96°C	3.5 °C	21.23 °C
P. Wakely (1979)	Para la ciudad de Acapulco, México: 22.9 °C a 25.4 °C	2.5 °C	24.15 °C
	Para la Ciudad de México: 21°C a 27°C	6 °C	24°C
Carl Mahoney	Para la ciudad de Acapulco, México: 22 °C a 27 °C	5 °C	24.5 °C
	Para la Ciudad de México: 18 °C a 28°C (para actividades sedentarias)		
	Para la ciudad de Acapulco, México:		
John Martin Evans (2000)	22.9 °C a 25.4 °C (para actividades sedentarias)	10°C	23 °C
	En ambos casos el intervalo de la zona de confort térmico aquí indicado solo es válido si la oscilación térmica es de 0°C a 8°C		

2.9 Vivienda y vivienda sustentable.

La vivienda es el espacio físico que forma parte de los satisfactores de las necesidades básicas que todo individuo debe tener. La Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos Humanos señala que toda persona tiene

derecho a un nivel de vida adecuado, que le asegure la salud y el bienestar, y esto incluye la vivienda. La vivienda es el área donde se puede descansar, dormir, comer, tener actividades recreativas y realizar las funciones sociales en familia. Es un espacio de recogimiento, privacidad y comodidad.

Otro concepto que es importante aclarar es el de vivienda sustentable, el cual está definida en nuestro país por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores como una vivienda o barrio con características de diseño y construcción orientados al ahorro de agua y energía, el confort, la accesibilidad, la seguridad y la creación de un desarrollo económico y social. El Infonavit fomenta la construcción de vivienda sustentable. Esto significa que certifica a las viviendas que cuentan con las características que le permitan conservar su valor en el tiempo y garantizar una mejor calidad para la familia.

Por otra parte, existen otros autores que definen el concepto de vivienda sustentable en tres principios como el economista Leopoldo Jarque: El ciclo de vida de los materiales; el uso racional de materias primas y energías renovables; y la reducción del material y energía utilizados en la obtención de recursos naturales, así como la destrucción o el reciclaje de los residuos (Jarque, 2013).

Jarque menciona que las viviendas sustentables deberán estar integradas a un entorno urbano que permita una vida comunitaria armoniosa y que eleve el nivel de la calidad de vida de los habitantes contando con la infraestructura y equipamiento urbano adecuados

Es necesario comprender la tipología habitacional en México que son, entre otras, las siguientes: contar de 42 a 76 metros cuadrados de superficie edificada; un programa arquitectónico que incluye cocina-comedor, 1 a 2 recamaras, 1 baño, 1 lugar de estacionamiento y todos los servicios básicos. En teoría estas características en conjunto darían como resultado que la familia mexicana dispusiera de una vivienda digna, con los ambientes mínimos para poder realizar sus actividades íntimas y privadas a un bajo costo. (Alderete, 2010)

Siendo importante y de interés dar solución al problema de vivienda en el país, ya que a partir de ella el ser humano logra su conciencia de ser y estar y constituye su patrimonio inicial en aras de un mejor desarrollo individual y social.

Las tendencias en el diseño y construcción de viviendas se encaminan a la implementación del concepto de sustentabilidad, pero también debemos tomar en cuenta los cambios venideros en la población. Las cifras del INEGI muestran que en México existían 24 millones de viviendas habitadas en el 2005 y por su parte, el Conafovi estima que para el 2030 se formarán 23.3 millones de nuevos hogares, lo que representa un crecimiento de 880 mil viviendas por año. Abatir costos y tiempos de construcción también están relacionados en los sistemas constructivos a utilizar, en donde es conveniente realizar un estudio profundo a las ventajas de los sistemas alternativos sobre los tradicionales; ya sea dejando atrás la utilización de losa monolítica y sustituyéndola por una losa a base de vigueta y bovedilla, que acorta tiempo de construcción; así también la losa de cimentación acortando tiempo y dando una mejor función estructural en la vivienda (INEGI, 2019)

En el Economista hace mención de la problemática de vivienda de interés social en Querétaro asciende a 1,300 casas disponibles, de acuerdo con registros del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los trabajadores (Infonavit); sin embargo, resulta insuficiente para abastecer la demanda potencial en la ciudad.

En el cual se expone que a nivel estatal se contabilizaba 100,000 trabajadores con un crédito autorizado, pero que no pueden ejercerlo ante el déficit de vivienda de interés social, ya que solo se puede abastecer el 1.3% de la demanda potencial de unidades habitacionales de este segmento, siendo uno de los principales problemas el encarecimiento de la tierra, influyendo al decaimiento de la construcción de vivienda de interés social.

La Organización mundial de la salud hace mención que, desde los tiempos más antiguos, el hogar ha sido para los seres humanos un refugio, un amparo contra los riesgos físicos y los animales peligrosos, contra los rigores del trabajo cotidiano y los factores de estrés resultante de la interacción social, un lugar de

privacidad e intimidad, por lo tanto, para la realización de una vivienda digna se deben considerar los siguientes puntos:

- Contar con suficiente espacio habitable, bien ventilado y alumbrado, decentemente amueblado y equipado, con un grado razonable de privacidad y comodidad.
- Dar sensación de seguridad personal y familiar, reforzada por las estructuras comunitarias;
- Proporcionar espacio para el juego, los deportes y las actividades recreativas de los niños, con el mínimo riesgo de traumatismo e infección;
- Estar ubicadas de manera que reduzca la exposición del ruido, haya vegetación en las proximidades y la gente tenga acceso a los servicios comunitarios: y
- Ser felices de mantener limpias y ordenadas.

Siendo así la salud mental un factor importante en la realización de una vivienda donde el confort térmico puede generar un hogar agradable y en buen estado, que permita la realización de actividades compartidas, especialmente en aquellas que sirvan para aminorar la sensación de impotencia que tan a menudo afecta a los pobres de las zonas urbanas y rurales y estén encaminadas a mejorar la situación en que viven.

2.10 Materiales comúnmente utilizados en México

Es importante mencionar los materiales con los que se va a realizar el estudio, ya que así podemos delimitar nuestro trabajo, así como comprender que es lo que realmente en México se está utilizando para construir una vivienda y como esto puede generar una cadena de problemas o beneficios. Por otra parte, también es importante considerar materiales que son considerados como sustentables y ecológicos, como es el caso del adobe, ya que así se puede generar una comparativa que permita hacia donde debemos encaminar nuestros materiales y como deberían comportarse.

A continuación, se muestran los sistemas constructivos y materiales en muros y en techos que comúnmente se utilizan en México, donde se puede apreciar que el uso principal en la elaboración de vivienda es el de materiales de desecho, sin embargo, en cuestiones de materiales de construcción podemos observar que el adobe predomina más que el tabique, ladrillo y block que se encuentra en el lugar 2 y 3 respectivamente. Respectivamente en losas el uso de materiales de desechos predomina en el país, donde el uso de concreto está en el lugar número 8.

Tabla 2 Sistemas constructivos comunes en techos en vivienda en México.
Fuente: INEGI. Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (INEGH, 2012).

Material en muros	Muros
Código	Descripción
01	Materiales de desecho
02	Lámina de cartón
03	Lámina metálica o de asbesto
04	Carrizo, bambú o palma
05	Barro o bahareque
06	Madera o tejamanil
07	Adobe
08	Múltipanel o panel
09	Tabique, ladrillo, tabicón, block
10	Piedra o cantera
11	Concreto
12	Otro material

Tabla 3 Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER de materiales de la construcción y su conductividad térmica respectivamente.

Material de techos	Techos
Código	Descripción
01	Material de desecho
02	Lámina de cartón
03	Lámina metálica o de asbesto
04	Carrizo, bambú o palma
05	Madera o tejamanil
06	Terrado con viguería
07	Teja
08	Losa de concreto con tabique, tabicón o unicel
09	Vigueta de acero con tabique, tabicón o unicel
10	Otro material

2.11 Análisis de la vivienda

En México se han realizado diferentes análisis térmicos de los sistemas constructivos en vivienda, en donde, estos análisis se realizan mediante cálculos de los valores de resistencia térmica (R), en el cual generan análisis comparativos de los valores de resistencia térmica de los sistemas de techos y paredes contra lo especificado en la normativa oficial, como el anteproyecto de la norma NOM-020-ENER (eficiencia energética en edificaciones envolventes de edificios residenciales), el anteproyecto de norma mexicana, APROY-NMX-C-XXX-ONNCCE-2008 industria de la construcción-aislamiento térmico-valor “r” para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana— especificaciones”, el Código de Edificación de Vivienda (Capítulo de Sustentabilidad), para cada bioclima del país, permitiendo identificar el cumplimiento de dichas normas, Como es el estudio realizado por el Ing. Cortés el cual al realizar este estudio bioclimático a los diferentes bioclimas del país pudo concluir que el rango de confort térmico en las viviendas debe considerarse al momento de diseñar y planificar una obra, ya que éste permite un ahorro a gasto energético que generan las viviendas en la mayor parte del país (Cortés, 2008).

En otros casos más particulares se han definido el comportamiento térmico de las viviendas con materiales típicos de la zona urbana de Querétaro por la Universidad Autónoma de Querétaro, a través de diversas fórmulas térmicas se determinaron los valores de propiedades térmicas como: la resistencia térmica, transmitancia térmica, el desfase en el paso de onda térmica etc. (Silva y Domínguez, 2007)

Entre los materiales típicos analizados en las 3 casas tipo, se buscó el más conveniente desde el punto de vista de su construcción y buscando además las orientaciones más convenientes para el confort térmico y para distintas épocas del año.

Tabla 4 Materiales seleccionados en la investigación.

Casa tipo	Materiales (paredes)	Techo
1	Ladrillo rojo (ladrillo cerámico macizo)	Mortero de cemento
2	Ladrillo hueco	Mortero de cemento
3	Tabicón	Mortero de cemento

En el cual se concluyó, que la mayor parte del calor que entra a la vivienda lo hace a través del techo. Para disminuir la temperatura interior se planteó una 4 vivienda, cuyo techo tuviera una inclinación tal que disminuyera el aporte de energía, aminorando el flujo energético al interior de la vivienda. Se concluyó que la forma de disminuir este flujo sería con un techo a 45° de inclinación y orientado hacia el sur para las condiciones geográficas de Querétaro (esto reduce la energía que incide en la casa en una proporción que es aproximadamente igual al doble de la radiación recibida por la pared norte y en el momento en el que el ángulo solar horario vale 0°.

De la misma manera se han generado diferentes estudios de caracterización de lo que se considera como una vivienda sustentable, donde diferentes autores presentan sus investigaciones de como atacaron la problemática desde un enfoque sustentable. A continuación, se presenta una recapitulación de las diferentes investigaciones realizadas de viviendas sustentables y su comportamiento térmico, en base al confort térmico y de las diferentes normativas que han surgido en el país en relación con la sustentabilidad.

Romero Moreno y Ramona Alicia (1998), presentan el trabajo de la vivienda en Mexicali, B.C, adecuación Ambiental y consumo eléctrico, donde se presenta un estudio para conocer en qué medida la vivienda en Mexicali, B.C, responde a las condiciones del medio ambiente desértico, a partir de la caracterización física, de los consumos de energía y del nivel de ingresos de los usuarios.

Morillón, et al., (1997) presentaron un análisis de la ganancia térmica que se presenta en las techumbres más utilizadas en la vivienda de interés social en México.

Morillón, et al., (2000) presentaron las normas oficiales mexicanas para la eficiencia

energética en edificaciones: Diseño térmico de la envolvente, relacionando el tema con el confort y comportamiento térmico de las edificaciones.

Morillón, (2001), presento evaluación y comparación del comportamiento térmico del concreto celular, donde además se compara con las características algunos materiales utilizados en la construcción, trabajo de investigación realizado en Instituto de Ingeniería de la UNAM, para CEMEX.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (2004), saca a consulta, dentro del grupo de trabajo, el anteproyecto de norma NOM-020-ENER, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios residenciales, en la cual sin dar especificaciones de resistencia térmica de los materiales o sistemas constructivos que se deben utilizar, da referencia para techos y muros, mediante el coeficiente global de transferencia de calor.

La Comisión Nacional de Vivienda (2007), emitió un Código de Edificación de Vivienda, en la parte VI, sustentabilidad, capítulo 27, se presentan los valores de resistencia térmica de referencia para de techos y muros para diversas ciudades de México.

Pérez Sánchez Maria y Pacheco Couoh Lilia (2006), presentan *Comportamiento Térmico de un sistema de techumbre ferrocemento*, donde se presenta el análisis teórico y experimental comparativo entre un sistema de techumbre propuesto y el de una losa tradicional de vigueta y bovedilla. En base a este análisis se estudian alternativas para mejorar la calidad térmica del sistema propuesto.

Ana C. Barbon Almada, Rafael E. Cabanillas López, Jesús B. Pérez Valenzuela (2007), presentan *variación de la resistencia térmica en bloque de concreto hueco para clima extremoso (caso invierno y verano)*, donde se muestra un estudio de transferencia de calor en muros elaborados de concreto hueco.

Adrián Valera N. y Salvador Herrera (1993), a través de El Programa de Ahorro de

Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), emiten *normas técnicas para construcción de vivienda en climas extremosos*, donde definen un valor de resistencia térmica mínimo "R", para el ahorro de energía en el sector doméstico con el fin de iniciar la normalización específica correspondiente a cada región de la República Mexicana.

Morillon Gálvez, David, (2007), presenta *habitabilidad térmica de una vivienda*, presenta la evaluación del comportamiento térmico de materiales de uso común en la construcción de viviendas, así como la simulación del comportamiento térmico de una vivienda tipo con dichos materiales, en cuatro bioclimas del país, además, de realizar el monitoreo térmico de una vivienda construida en Hermosillo, con dos tipos de materiales de mayor uso: Concreto normal y block hueco.

Por otra parte, en la Ciudad de México, en la máxima casa de estudios, se han generado diferentes estudios en cuanto a la construcción de casas sustentables, donde la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) construyó en el 2015 un modelo de vivienda, donde se destacó como prioridad el balance de energía generada y energía consumida como parte esencial del modelo sustentable.

2.12 Análisis térmicos de la vivienda.

El análisis térmico de una vivienda, conlleva la realización de modelos que den una aproximación del comportamiento térmico de la vivienda, siendo esencial para la visualización del sistema y como este reacciona a las diferentes condiciones que se puede enfrentar. Siendo importante el estudio de los materiales aplicados de la vivienda, la orientación, el dimensionamiento de los diferentes espacio dentro de la vivienda y el conocimiento de los diferentes factores que influyen en su entorno.

Es por eso que en este apartado se mostrará los diferentes modelos que se aplican para el estudio térmico de la vivienda y los diferentes resultados que proporciona cada uno de estos, donde, al último se expondrá la normativa actual de México y que variables consideran estas normativas para el diseño térmico de una vivienda.

2.13 Comportamiento térmico en la vivienda

Por lo general, la industria de la construcción tiende a sacrificar la calidad de las viviendas para minimizar los costos de obra, impactando en gran medida a los usuarios, que conllevan a bajos niveles de confort, principalmente en la cuestión térmica, generando una adaptabilidad forzosa en las condiciones que se encuentran sus inmuebles. (Espino et al., 2013)

Lo que ha generado la realización de inmuebles con dimensiones cada vez más pequeñas, denominadas como viviendas mínimas, dando como resultados construcciones que no responden a las necesidades más básicas del ser humano, como es el de desenvolverse adecuadamente. (Rodríguez y Díaz, 2018)

Siendo así que, uno de los estudios más realizados en la vivienda sea la cuestión térmica, en el cual, se busca comprender el comportamiento de toda la envolvente en un clima determinado, para el desarrollo de mejores estrategias. (Espino et al., 2013)

Es entonces, que se normalmente se busca diseñar una vivienda con los tres factores principales, que son, la radiación, la conducción y la convección. (Gálvez, 2008) Donde el factor de transferencia que más predomina es el de radiación, seguido por el de conducción. Siendo que en México existen climas extremos, con gran exposición de radiación solar y variaciones de temperatura muy extremas. (Borbón, Cabanillas y Pérez, 2010)

Por otra parte, estudios realizados a viviendas, demuestran que, la mayor parte de la transferencia de energía que sucede en una envolvente (Espinoza y Huaylla, 2009). Siendo los techos, paredes, ventanas y suelo, donde, la mayor pérdida de energía son efectuadas en los muros y ventanas. (Evans y Schiller, 2001)

Por lo tanto, la realización de estos estudios pretenden abarcar estas variables, en el cual, se busca que la vivienda pueda adaptarse a los diferentes intercambios que existen de energía, en los diferentes días del año, en el que la vivienda pueda ser lo más confortablemente posible con sistemas pasivos, sin impactar tanto al medio en el que se encuentre y reducir costos. (Di Bernardo, Filippín y Pipa, 2011)

2.14 Propagación del calor a través de los materiales

Por otra parte es importante mencionar los diferentes elementos que interfieren directamente a la transmisión del calor, como es el caso de los materiales de construcción en muros y losas, siendo estos factores importantes para el análisis térmico de la vivienda, los cuales, el investigador David Morillón menciona estos siete (Gálvez, 2008):

Propiedades físicas y químicas: La diferencia de la composición química y sus propiedades físicas, hacen que los materiales interactúen de manera distinta con el calor.

- Espesor: Siendo un factor que interfiere directamente con el tiempo transcurrido de la transmisión del calor.
- Densidad: De la misma manera que el espesor influye con la transmisión del calor, la densidad de las partículas son un factor importante al calcular este fenómeno.
- Textura: Dependiendo las texturas en las superficies de los elementos de la vivienda generan una diferencia con la interacción con el calor.
- Color: La absorción de energía por radiación influye con el color del elemento.
- Diferencia de temperaturas: Al existir una envolvente en un espacio determinado, la diferencia de temperaturas es evidente, generando cierta resistencia los materiales.
- Velocidad del aire circundante: el aire circulante es un factor con el movimiento del calor y el esparcimiento de este.

2.15 Desfase de onda térmica

El análisis de este modelo está basado en las propiedades físicas de ciertos materiales y su inercia térmica, la cual, esta es la capacidad que tienen los materiales para almacenar el calor, siendo importante dicho análisis también es importante considerar las propiedades, como la conductividad térmica, la densidad del material y su calor específico, para la interacción con el calor y cómo este se va a comportar en cierto medio. (Sarzosa, 2007)

El conocimiento de la inercia térmica en una vivienda es importante para generar un diseño pasivo para alcanzar los estándares de confort térmico, como la absorción del calor en el día y la liberación de este en la noche. (Sarzoza, 2007) Por lo tanto analizar la envolvente de la vivienda es importante, ya que este, recibe la mayor radiación, sin embargo hay que considerar que la energía no se acumula instantáneamente y ni mucho menos en cederla. Existiendo un lapso de tiempo en el que la radiación incide en un material, hasta atravesarlo, hacia la parte interna de la cubierta, llamando este fenómeno desfase de onda térmica. (Vivens et al., 2018)

La expresión con la que se calcula el desfase de la onda térmica en un muro homogéneo es la siguiente (Chapman, 1990):

$$\Phi = \frac{e}{2} \sqrt{\frac{pcT}{\lambda\pi}} \quad (11)$$

En la que:

Φ desfase de la onda térmica

T, duración periódica del fenómeno

ρ , densidad del material

c, calor específico a presión constante

λ conductividad térmica del material

e, espesor del muro

Pero la masa del muro no solo provoca el desfase de la onda térmica, sino que amortigua su intensidad, siendo definido como la relación entre la amplitud de la onda de temperatura en la superficie exterior θ_0 y la registrada en el interior θ_i , se expresa como (Vivens et al. 2018):

$$\mu = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \exp\left(-e \sqrt{\frac{\pi\rho c}{\lambda T}}\right) \quad (12)$$

Teniendo en cuenta que el fenómeno es la radiación solar, su período es de 24 horas. Sustituyendo este valor en las expresiones anteriores (Vera et al., 2018):

$$\phi = 1.382 \frac{e}{\lambda} \sqrt{\rho\lambda c} \quad (13)$$

$$\mu = \exp \left[\left(-0.326 \frac{e}{\lambda} \right) \sqrt{\rho\lambda c} \right] \quad (14)$$

Este modelo realiza un análisis de la transición del calor μ en una envolvente, considerando variables de entrada como la evolución libre, la infiltración, ventilación y el clima de zona, en el cual, considera las propiedades conductivas de los materiales de la envolvente, como son los muros y las losas, el cual está expuesta a cierta energía, ya sea por radiación y conducción, en el cual uno de los factores importantes a considerar para un mejor control de la temperatura es la variable de ventilación.

En el cual, se puede procesar los datos de temperatura diaria por hora, en cada uno de los meses de las estaciones, para una mejor visualización de las diferentes variaciones que existen en el año.

2.16 Modelo térmico simplificado unidimensional

Este modelo involucra diferentes variantes en el flujo de calor que se pueden agrupar en 3 tipos: el coeficiente de transferencia de calor, la velocidad del aire y la excitación a las que se encuentran sometidos. (Ruiz-Pardo, 2019)

Este modelo involucra un circuito con diferentes resistencias, el cual, se divide en dos secciones: A y B; la sección A representa la parte sólida donde se presenta transferencia de calor por conducción q_A , y la sección B, considera conducción en la parte sólida, y convección y radiación en la cavidad, representado por q_B , considerando una resistencia R_1 conductiva en paralelo,

con una serie de resistencias R_2 conductiva, R_3 convectiva y radiativa (R_3' y R_3'') y por último, R_4 conductiva. (Vivens et al. 2018)

La Tabla 1 muestra los modelos matemáticos de transferencia de calor por conducción, radiación y convección, utilizados para resolver el sistema. De acuerdo a los modelos de transferencia de calor y al esquema a resolver, se plantea un sistema de ecuaciones lineales para calcular T_2 , T_3 , q y R .

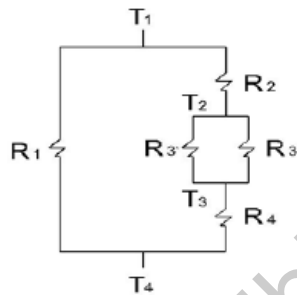


Figura 2 Esquema de resistencias equivalentes por Borbón, A. C., Cabanillas, R. E., & Pérez, J. B. (2010).

Tabla 5 Modelos físicos de transferencia de calor y resistencia térmica

	Conducción	Convección	Radiación
Flujo de calor (q)	$q = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$	$q = hA(T_1 - T_2)$	$q = \varepsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4)$
Resistencia térmica (R)	$R = \frac{L}{kA}$	$R = \frac{1}{hA}$	$R = \frac{1}{hA}$

Donde,

K, conductividad térmica

A, Relación de aspecto, altura entre ancho

T, Temperatura de superficie

L, longitud característica

h, Coeficiente de transferencia de calor

ε , Emisividad de la superficie

σ , Constante de Stefan Boltzmann

Este modelo calcula la resistencia térmica usando un modelo simplificado unidimensional, que incluye los tres mecanismos de transferencia de calor, en un arreglo de resistencias en serie y paralelo. La simulación efectuada en forma horaria para dos días que representan condiciones extremas de temperatura durante un año, cubren cualquier otra situación climática comprendida entre estos límites.

2.17 Modelo térmico estacionario y dinámico (SIMEDIF)

En este apartado mencionaremos un programa de diseño y simulación llamado SIMEDIF, el cual, analiza el comportamiento térmico de los edificios, evaluando el inmueble con determinadas variaciones climáticas para detectar problemas de confort térmico, en donde, se puede introducir ciertas estrategias de sistemas pasivos (Mercado, Esteves y Filippín, 2010).

El programa SIMEDIF utiliza un modelo térmico estacionario y dinámico, el cual está desarrollado bajo las siguientes premisas (Larsen y Lesino, 2001):

- Los flujos de calor a través de las paredes se consideran unidireccionales.
- La transferencia de calor entre el aire interior y las superficies internas de paredes masivas, muros de agua y tabiques livianos es de naturaleza convectivo-radiativa, descrita a través de un coeficiente global h .
- Los coeficientes de transferencia de calor convectivo-radiativo de las superficies representan la convección y la radiación. Por lo tanto, la radiación está linealizada.
- No se tienen en cuenta factores de vista en el cálculo del intercambio de energía radiante entre superficies.
- Se conoce la temperatura inicial del edificio. El software considera que el aire de las zonas térmicas y los nodos internos de las paredes

masivas y muros de agua están a la temperatura media diaria del aire exterior del primer día de cálculo.

- La radiación solar incidente en una superficie se distribuye uniformemente sobre toda la superficie.
- No se realizan balances de masa (no se calcula la humedad).

Para el balance energético en muros se utiliza el método explícito de diferencias finitas para remplazar las derivadas temporales y espaciales por diferencias finitas (Filippín y Larsen, 2006). El resultado es un conjunto de ecuaciones para m nodos masivos. La temperatura en el tiempo $t + \Delta t$ se puede evaluar a partir de las temperaturas en el tiempo anterior t . Este conjunto de ecuaciones constituye un problema de valor inicial. Para resolver el sistema de ecuaciones, se requiere conocer las condiciones iniciales, que consisten en las temperaturas de la masa acumulada y las temperaturas del aire al inicio del cálculo, el balance energético se obtiene de:

$$\rho_{wall} c_{pwall} \frac{\delta T_{mw,i}}{\delta t} = k_{wall} \frac{\delta^2 T_{mw,i}}{\delta x^2} \quad (15)$$

Por otra parte la transferencia de calor por aberturas es visto como un intercambio de aire bidireccional, siendo el caso de una puerta, vanos y ventanas abiertas (Mazzocco et al., 2018). El vano tiene una altura y un ancho determinados y una geometría de bordes caracterizado por un coeficiente de descarga C . En la mitad superior del de la puerta, el movimiento de aire es desde la Zona 1 a la Zona 2. En la mitad inferior del vano de la puerta, el movimiento del aire es inverso, desde la Zona 2 a la Zona 1. Por esta razón, se dice que el movimiento de aire es bidireccional.

En estos casos, la transferencia de calor (bidireccional) $Q_{abertura}$ entre ambas zonas puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$Q_{abertura} = C_{abertura} \sqrt{(T_{zona 1} - T_{zona 2})^3} \quad (16)$$

En donde,

$$C_{abertura} = 62.66 Ancho_{abert} \frac{C_D}{\sqrt{\theta_{abert}}} (Alto_{abert})^{\frac{3}{2}} \quad (17)$$

Y

$$\theta_{abertura} = 0.5(T_{zona\ 1} + T_{zona\ 2}) \quad (18)$$

Como se observa, la relación entre la transferencia de calor y la diferencia de temperatura de las zonas no es lineal, sino que varía con el exponente a la 3/2. Las temperaturas en este caso están expresadas en grados Kelvin.

2.18 Eficiencia energética en México

La normalización para la eficiencia energética en edificios para uso habitacional representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. (Ruiz, 2009)

Actualmente existe la norma oficial mexicana NOM-020-ENER-2011, la cual, tiene como objetivo caracterizar y establecer métodos referentes al aislamiento térmico, siendo de principal ayuda para la disminución del uso de energía en las viviendas, estableciendo valores de resistencia, llamada valor R para toda la cubierta de la vivienda, siendo ésta para los techos, muros y entrepisos.

Este modelo básicamente está basado en la combinación de varios materiales para el aislamiento térmico de una vivienda, formando una envolvente, en el cual, estas se dividen en capas para un cálculo de resistencia térmica de forma simplificada, donde es la suma de las diferentes resistencias de cada material.

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_e = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{h_e} \quad (19)$$

En el cual R es la suma de las resistencias superficiales, interna y externa, y de las resistencias térmicas de las varias capas de los diversos materiales que componen al elemento de la envolvente.

Entonces el coeficiente de transmisión térmica K es:

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{h_e}} \quad (20)$$

Donde K es el inverso del coeficiente total de transmisión de calor, que es el flujo de calor o frío que pasa a través de 1.00 m² de un cuerpo de caras plano-paralelas con espesor de 1.00 m durante una hora, cuando entre las dos caras hay una diferencia de 1°C, sus unidades son W/m²K.

L, es el espesor de la capa del material en el componente en metros.

λ , es la conductividad térmica del material obtenida de valores tabulados.

h_i , es la conductancia superficial interior.

h_e , es la conductancia superficial exterior.

2.19 Resistencia Térmica Total y Coeficiente de Transmisión de Calor de una Pared Compuesta o de varias capas homogéneas y no homogéneas.

La resistencia térmica parcial (M) es la formada por las capas térmicamente homogéneas, y es determinada por la ecuación 1.1, donde $M = R_T$ para este caso. Entonces la resistencia total es la formada por la suma de las fracciones ocupadas por las capas homogéneas y las no homogéneas:

$$R_T = M = \frac{1}{\frac{X_1}{R_1 + \frac{g}{\lambda_1}} + \frac{X_2}{R_2 + \frac{g}{\lambda_2}} + \dots + \frac{X_m}{R_m + \frac{g}{\lambda_m}}} \quad (21)$$

Donde:

G es el grueso de la capa no homogénea, en m

λ es la conductividad térmica de diseño del material, calculada u obtenida de valores tabulados, en $W/(m^2 K)$, véase Tabla 1.

m es el número de materiales que forman la capa no homogénea de la porción de la envolvente del edificio

RT es la resistencia térmica total (Valor "R") de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, $m^2 K/W$

Rm es la resistencia térmica total de una porción homogénea de la envolvente del edificio, calculada de acuerdo con la ecuación 1, $m^2 K/W$

Xn es la fracción del área total de la porción de la envolvente del edificio, ocupada por cada material en la capa no homogénea.

2.20 Enfoque cuantitativo del confort térmico

El enfoque cuantitativo trata de definir la sensación de confort térmico como un balance de energía entre el individuo y el entorno. Se caracteriza por mantener controlados los parámetros físicos que afectan la preferencia térmica de las personas, y de cierta forma generaliza los resultados obtenidos, considerando que todas las personas en diferentes latitudes prefieren las mismas temperaturas.

La mayor parte de los trabajos experimentales cuantitativos se han desarrollado en una cámara de ambiente controlado. Estas cámaras son laboratorios donde puede ajustar las condiciones ambientales de temperatura del aire, radiación, humedad y velocidad del aire, con la finalidad de investigar el efecto de los parámetros físicos de confort. Este tipo de estudios trata cada componente por separado, y por tanto no caracteriza la interacción del individuo con su entorno natural.

Generalmente sus estudios están basados en los cambios térmicos que se producen en el ser humano y los siguientes fenómenos físicos: convección, radiación, conducción, evaporación. La convección se refiere a la propagación de calor en la superficie de un cuerpo; la radiación, es la emisión del calor de un cuerpo frente a otro cuerpo; la conducción se refiere al calor que pasa de un

plano a otro a través del material; la evaporación, se da cuando se transforma un líquido en vapor o gas.

Para este enfoque, el confort térmico sucede cuando existe un equilibrio entre las personas y el ambiente térmico, esto es cuando el cuerpo humano no gana ni cede calor. Esto se expresa mediante la ecuación del balance térmico:

$$M \pm W - E - Ed \pm C_{res} + E_{res} = C_{cond.clo} = \pm R \pm C \quad (22)$$

Donde:

M = energía metabólica producida por el organismo

W = trabajo mecánico desarrollado

E = pérdida de calor por evaporación de sudor

Ed = pérdida de calor por difusión del vapor

C res = intercambio de calor por convección respiratoria

E res = intercambio de calor por evaporación respiratoria

C cond.clo = conducción a través del vestido

R = intercambio de calor por radiación

C = intercambio de calor por convección

Si el resultado de la ecuación anterior es diferente de cero, existe incomodidad de la persona, ya que gana o cede calor al ambiente térmico en el que se encuentra. Si el valor resultante es igual a cero, se dice que la persona se encuentra en equilibrio con su entorno, y, por tanto, experimenta una sensación de confort.

En síntesis, dicho enfoque, establece la sensación mental de incomodidad térmica como la fase final de termorregulación del cuerpo humano, que inicia con la percepción del ambiente térmico a través de los poros de la piel y concluye con la determinación del cerebro de si el ambiente es confortable. De no ser así,

el cuerpo humano desencadena los procesos de termorregulación como la sudoración o la vasoconstricción.

Es importante mencionar que los modelos desarrollados bajo este enfoque representaron una gran aportación para la comprensión y evaluación del ambiente térmico, mas no entienden la individualidad de las personas, por lo que ha recibido el nombre de modelos de predicción o de aproximación racional.

Podemos mencionar que el estudio del comportamiento térmico de la vivienda es fundamental para la resolución de los diferentes problemas que se enfrentan ciertas viviendas en sus entornos, las cuales, son afectadas por la baja resistencia térmica en su medio, perjudicando directamente al confort.

Por lo tanto, es importante presentar los diferentes modelos que se conocen en la actualidad y los diferentes resultados que pueden proporcionarnos para la comprensión de la vivienda y su interacción con el calor, para futuros estudios, como es el caso del diseño de los espacios en la vivienda y su dimensionamiento de estos, aprovechando las características ya presentes en los materiales de la construcción, así como la distribución de dichos espacios, favoreciendo la calidad de vida de los usuarios.

En el cual se pueden considerar las diferentes variaciones que presenta la vivienda, en cuanto, a la recepción de energía, por medio de radiación, conducción y convección, en toda la envolvente, en el cual se puedan considerar estrategia con sistemas pasivos para el desarrollo de viviendas mínimas.

Reconsiderando la definición de viviendas mínimas para futuras normativas, en cuanto a su construcción, dependiendo el clima en el que se encuentren y el lugar de referencia. Por lo tanto, es pertinente una nueva reevaluación de los diferentes materiales que se utilizan en la zona para conocer su resistencia térmica y de la misma manera es pertinente la obtención de datos de los diferentes centros meteorológicos para la realización de un estudio más preciso.

Es por ello, que esta investigación está encaminada a la evaluación climática de la Ciudad de Querétaro, México, para el diseño de los diferentes espacios de la

vivienda, en cuanto a su dimensionamiento mínimo, con un modelo térmico dinámico, en el puedan dar respuesta a la mayor parte del año en cuanto al confort térmico de los usuarios, dependiendo de los diferentes materiales constructivos a utilizar.

2.21 Reglamento de construcción de Querétaro y dimensiones mínimas

En la Sección 3 con el título de Requerimientos de Habitabilidad y Funcionamiento, se menciona los espacios requeridos dentro de la vivienda de interés social, los cuales son: recamara principal, recamara adicional, estancia, comedor, cocina y el baño. Esta tabla menciona los diferentes tipos de acomodo para los espacios: estancia, comedor y cocina, en el que pueden combinarse dichos espacios en uno solo o solo juntar la estancia con el comedor. Para el caso de este diseño se propone unir la estancia y el comedor, ya que normalmente es común visualizar este tipo de distribución en la región.

En la Tabla 1 se muestra los lineamientos que pide el reglamento, que son área, lado y altura. Estos a su vez determina cual es el mínimo de cada elemento para cada uno de los espacios que integran la vivienda; estas dimensiones son libres, es decir, no se debe contar el área que se le atribuye a los muros.

Tabla 6 Requerimientos mínimos de habitabilidad y funcionamiento.
Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).

SECCIÓN 3			
REQUERIMIENTOS DE HABITABILIDAD Y			
FUNCIONAMIENTO			
Dimensiones mínimas			
Espacios	Área (m ²)	Lado (m)	Altura (m)
Recamara Principal	7.29	2.4	2.3
Recamara adicional	6	2	2.3
Estancia-Comedor	13.6	2.6	2.3

Cocina	3	1.5	2.3
Baño	3.3	1.25	2.3

Por otra parte en la Tabla 2 se presenta la Sección 6 que describe la Ventilación Mínima, es decir, las dimensiones que se deben contar con las ventanas. En este apartado se menciona que el área total del vano debe ser como mínimo el 5% del área total del espacio, es por ello que en esta tabla se presenta las dimensiones propuestas, según lo requerido por el reglamento, en el cual se puede visualizar el área total de cada espacio con su respectivo 5% que se pide, después se propone un alto y un ancho para dicha ventana que cumpla ese 5%.

Tabla 7 Ventilación mínima. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).

SECCIÓN 6					
VENTILACIÓN MÍNIMA (M2)					
Espacios	Área/Espacio	5%	Alto	Ancho	Área/Ventana
Recamara Principal	7.29	0.36	0.73	0.5	0.36
Recamara adicional	6	0.3	0.6	0.5	0.3
Estancia-Comedor	13.6	0.68	0.85	0.8	0.68
Cocina	3	0.15	0.5	0.3	0.15
Baño	3.3	0.16	0.55	0.3	0.16

Por último, en la Tabla 3 y 4 se presenta la Sección 7 y 10, que muestran las Dimensiones Mínimas de Puertas y Circulaciones respectivamente. En estos apartados sólo se menciona el ancho mínimo requerido por el reglamento para cada uno de los espacios de la vivienda y el lado mínimo para generar circulaciones dentro de los espacios, sin restricción alguna con las alturas de dichos elementos. En la Tabla 3 se entiende por espacios complementarios al baño, la cocina y algún otro elementos que se requiera para generar una separación en alguno de estos.

Tabla 8 Dimensiones mínimas de puertas. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).

SECCIÓN 7	
DIMENSIONES MÍNIMAS DE	
PUERTAS (m)	
Acceso Principal	0.9
Habitación	0.75
Complementarios	0.6

Tabla 9 Circulaciones. Reglamento de construcción del municipio de Querétaro (1991-05-31).

SECCIÓN 10	
Circulaciones (m)	
Pasillos	0.9

2.22 Temperatura horaria

Para calcular la temperatura horaria se propone utilizar un modelo exponencial, la cual permite simular la marcha horaria media mensual del ambiente, ya que se ha demostrado que es un modelo eficaz para la comprensión de dicho fenómeno. (Martínez, 2009)

$$y = at^b \exp(ct) \quad (23)$$

Esta es una función exponencial que es capaz de modelar un rápido decrecimiento, así como un bajo decrecimiento de la temperatura, donde T_H es la temperatura horaria mensual, T_{max} y T_{min} son las temperaturas máximas y mínimas mensuales respectivamente y t es una función lineal del tiempo. (Martínez, 2009)

$$T_H = T_{min} + y(T_{max} - T_{min}) \quad (24)$$

Donde y debe tener las siguientes características:

$$y = 0, T_H = T_{min} \quad (25)$$

$$y = 1, T_H = T_{max} \quad (26)$$

$$y = \frac{1}{2}, T_H = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (27)$$

$$y = \frac{1}{2}, T_H = \text{la temperatura promedio en el tarde} \quad (26)$$

En el que t no puede ser negativa, por lo cual está definida como una función del tiempo local y la hora del amanecer (H_0), por lo tanto está determinada por los siguientes parámetros:

$$T = H - H_0, \text{ Si } H \geq H_0 \quad (28)$$

$$T = H + 24 - H_0, \text{ Si } H < H_0 \quad (29)$$

Donde los valores de a, b y c están en función a la latitud y los meses del año en México para la ecuación (1), dichos valores se presentan en la Tabla 5 con los diferentes valores para cada caso según el autor. Por lo cual, para fines de este caso de estudio se tomarán los valores para una latitud < 23.5 °N en los meses de Enero a Diciembre. (Martínez, 2009)

Tabla 10 Valores a, b y c, según la latitud y mes del año en México.

Meses	Latitud	Valores		
		a	b	c
Marzo-Octubre	≥ 23.5 °N	0.026	3.19	-0.375
Noviembre- Febrero	≥ 23.5 °N	0.023	3.436	-0.421
Enero- Diciembre	< 23.5 °N	0.096	2.422	-0.339

2.23 Radiación

La radiación solar está comprendida por tres factores: radiación directa, la cual proviene del sol, la radiación difusa, dispersa por la bóveda celeste y la radiación reflejada desde los alrededores del elemento. Es por ello que es pertinente realizar dicho cálculo para comprender la incidencia solar en la vivienda.

Por lo tanto primero se calculará la radiación directa, la cual depende directamente con el ángulo de incidencia de los rayos solares (θ) a la vivienda . Donde el factor de conversión de la radiación solar directa (R_b), es la relación entre la irradiación solar directa sobre la superficie inclinada ($I_{b,T}$), para una superficie horizontal (I_b). (Ramos y Tinaut, 1980)

$$R_b = \frac{I_{b,T}}{I_b} = \frac{I_{b,n} \cos \theta}{I_{b,n} \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (30)$$

Por lo tanto, la radiación difusa no depende directamente de la orientación de dicho elemento, por el contrario se basa en el supuesto de la difusión isotrópica. Entonces podemos decir que, el factor de conversión de radiación difusa (R_d) es la proporción de incidencia sobre superficie inclinada ($I_{d,T}$) para que en el plano horizontal (I_d), en el que procede de la bóveda celeste, donde está relacionada con el porcentaje que llega a la superficie inclinada. Este modelo hace una relación isotrópico de una superficie con cierta inclinación (β), el cual es el factor de conversión que está representada por (Ramos y Tinaut, 1980):

$$R_d = \frac{I_{dT}}{I_d} = \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (31)$$

Por último se debe estimar el factor de conversión de la radiación reflejada (R_r) que es la proporción de incidencia sobre la superficie inclinada (I_r, T) para que en la horizontal (I_r). En el cual se supone que es isotrópica, por lo tanto una superficie inclinada en pendiente (β) respecto a la horizontal su factor de conversión está dada por (Ramos y Tinaut, 1980):

$$R_r = \frac{I_{r,T}}{I_\rho} = \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (32)$$

Una vez determinado los tres tipos de radiación que inciden en la vivienda, se calcula la radiación total en una superficie la cual comprende la suma de las tres como se muestra en la ecuación. (Valverde, 1981)

$$IT = I_b R_b + I_d R_d + I_\rho R_r \quad (33)$$

Por consiguiente, se puede calcular la radiación que incide en una superficie conociendo los ángulos de inclinación de la trayectoria solar por hora en una determinante región, que es el caso del municipio de Querétaro (Vivens et al., 2018). Como se puede observar en la Tabla 8 se puede conocer la radiación horaria conforme la registrada mensualmente por los datos registrados por la estación meteorológica de Geociencias de la UNAM, modificando solo la variable del ángulo de inclinación de la trayectoria solar. (Levresse et al. 2010)

2.24 Temperatura sol-aire

La temperatura sol-aire (T_{sa}) se entiende como una temperatura hipotética que define el calor ganado en una superficie, la cual se obtiene del balance de energía térmica externa del elemento que se encuentra en contacto directo con el ambiente, que recibe radiación solar, por lo tanto, se puede definir como la siguiente expresión (Borbón, Cabanillas y Pérez, 2010):

$$T_{sa} = T_{amb} + \frac{I\alpha}{f_e} \quad (34)$$

Donde,

T_{sa} = Temperatura sol-aire

T_{amb} = Temperatura ambiente

I = Radiación solar total

α = Absortancia

f_e = Coeficiente de conductancia superficial

Para realizar dicho cálculo es pertinente conocer el Coeficiente de conductancia superficial (f_e), definida por la suma de los coeficientes convectivo (h'_c) y radiativo (h'_r). En el que el coeficiente convectivo está definido por la velocidad del viento (v) y el coeficiente radiativo por la constante de Stefan Boltzmann (σ), la emisividad del material (ε) y la temperatura del ambiente (T_{amb}). (Borbón, Cabanillas y Pérez, 2010)

$$f_e = h'_c + h'_r \quad (35)$$

$$h'_c = 5.8 + 4.1 v \quad (36)$$

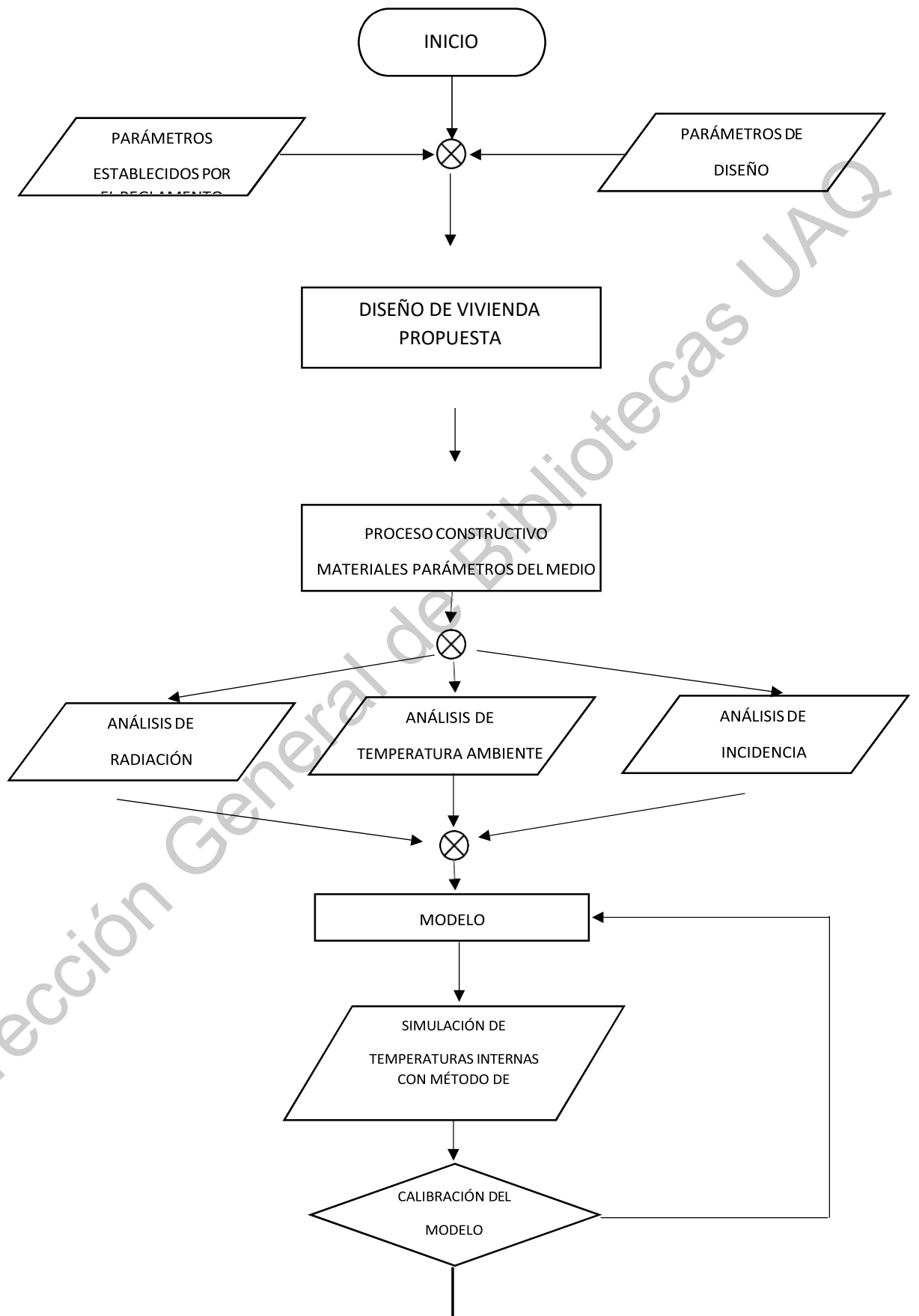
$$h'_r = 4\sigma\varepsilon T_{amb}^3 \quad (37)$$

METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo se realizó en dos partes, donde la primera partes se enfoca en el desarrollo del diseño de la vivienda con los mínimos requerimientos establecidos por el Reglamento de Construcción del Municipio de Querétaro. En esta normativa se establece lineamientos tales como áreas libres mínimas, funcionalidad, ventilación, puertas y circulaciones. Parte del diseño es generar un acomodo de espacios que refleje la situación actual, por lo tanto es pertinente generar un estudio de distribución de espacios en el mercado.

El segundo apartado de la metodología es la realización del análisis bioclimático, este a su vez se subdividirá en tres estudios, que son: análisis de temperatura horaria, radiación solar y cálculo de la temperatura sol-aire. Estos tres casos permitirá tener una mejor comprensión del comportamiento térmico en la vivienda, ya que se calculará la incidencia térmica de los muros y la losa. Después se pretende realizar una simulación con los datos calculados para una mejor comprensión del comportamiento de la vivienda y su estado actual en relación al confort térmico, en el cual se buscará por medio de datos experimentales si la simulación realizada es confiable.

Por último se realizará la simulación de las diferentes dimensiones de los espacios, para comprobar si es posible generar estrategias de diseño que permitan realizar espacios con temperaturas relacionadas con el confort térmico y que estos estén relacionados con sus horas de actividad.



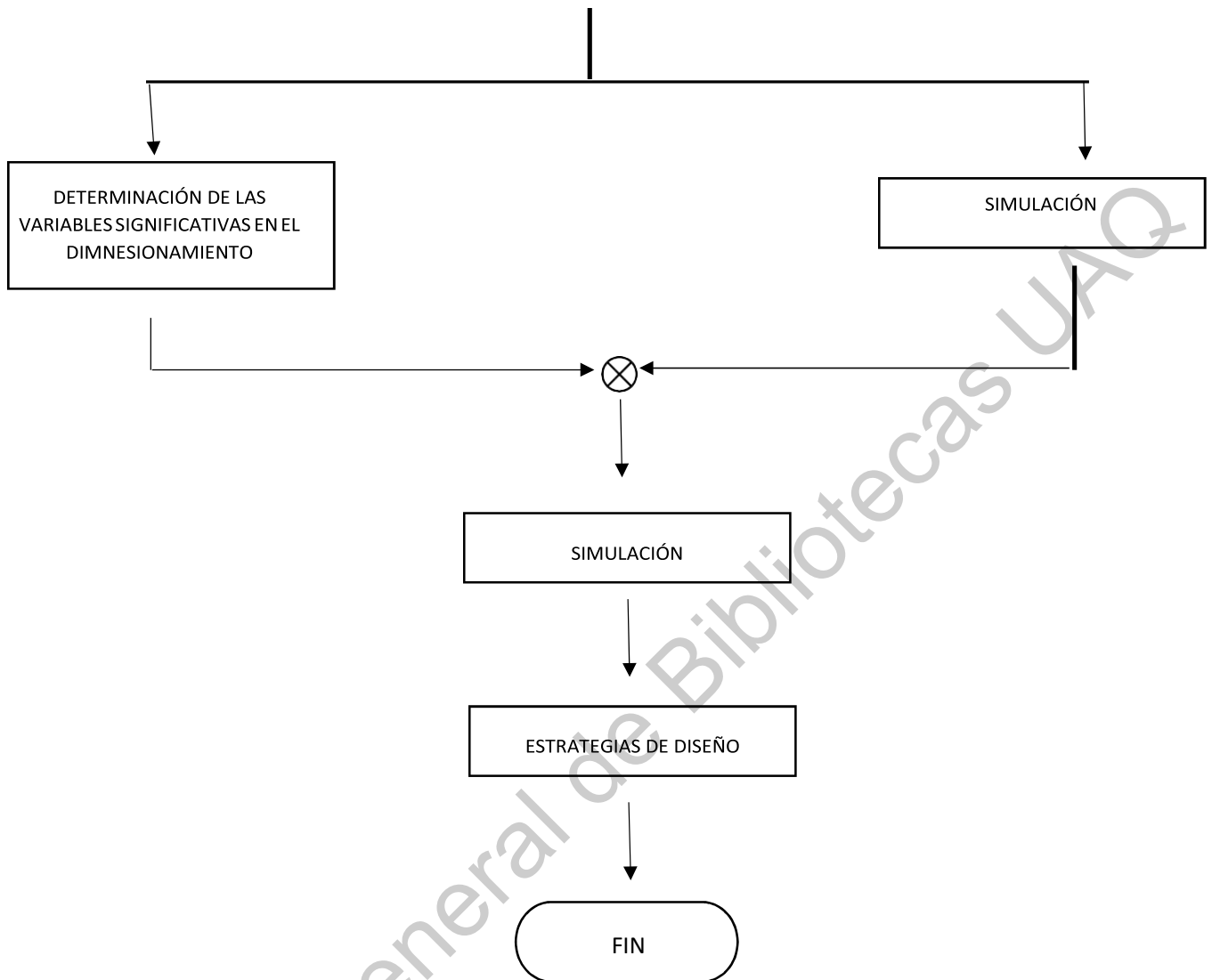


Figura 3 Diagrama de flujo de la metodología a realizar.

3.1 Diseño de la vivienda de interés social

El diseño de la vivienda de interés social se basará en las medidas mínimas requeridas y establecidas por el Reglamento de Construcción del Municipio de Querétaro con fecha de Vigencia 1991-05-31, ya que se pretende generar un diagnóstico de la situación actual de estas viviendas en cuanto a su comportamiento térmico. Es importante mencionar que estos dimensionamientos

se encuentran en el apartado de Requerimientos mínimos de habitabilidad y funcionalidad divididas en las secciones 3, 6, 7 y 10, en donde sólo se estudiará los requisitos de la vivienda tipo interés social.

En la Figura 2 se puede visualizar mejor los requerimientos establecidos anteriormente por cada espacio, en el que se establece la dimensión mínima por lado y el largo propuesto para que cumpla con el área mínima libre establecida. De tal manera las medidas de dichos elementos son los siguientes: la habitación principal tiene una dimensión de 2.4 x 3.04 metros, la recamara adicional de 2 x 3 metros, la sala-comedor de 2 x 8.3 metros y el baño de 1.25 x 2.64 metros.

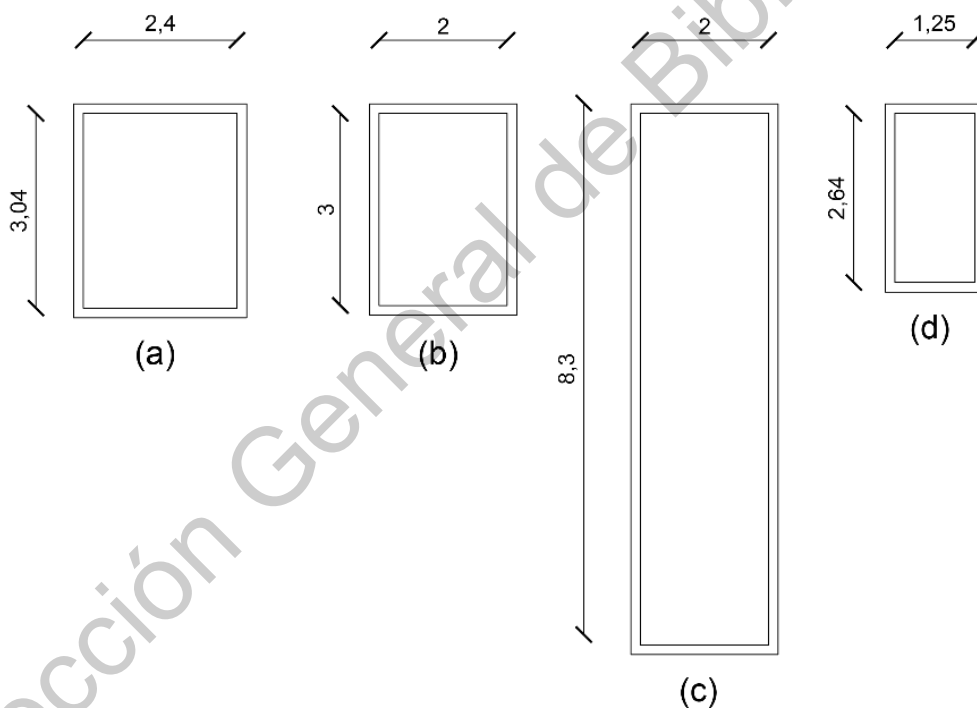


Figura 4 Dimensiones mínimas propuestas, según el reglamento de construcción del municipio de Querétaro. (a) Recamara principal, (b) recamara, (c) estancia, (d) baño.

Sin embargo por cuestiones de distribución es pertinente modificar dichas dimensiones para generar un prototipo de vivienda más realista, por lo tanto, sólo se respetará las áreas mínimas requeridas para cada uno de las habitaciones, para poder generar una vivienda más acorde. En la Figura 3 y 4 se muestra la vivienda propuesta para generar el análisis bioclimático; donde la distribución de dicho diseño pretende representar las condiciones de estas viviendas en el municipio de Querétaro.

En dicha distribución se propone unir la estancia y el comedor en un solo espacio, los cuales son los primeros elementos que interactúan con la entrada principal, después se separó la cocina, ya que es más fácil ajustar sus dimensiones para que concuerden con el baño. La recámara principal y la adicional están alineadas, solo modificando el ancho de cada una de ellas, para permitir esa diferencia de dimensiones que propone el Reglamento de Construcción, por último para un mejor acomodo, se propuso un pequeño pasillo de 0.9x 0.9 m para darle continuidad a toda la vivienda.

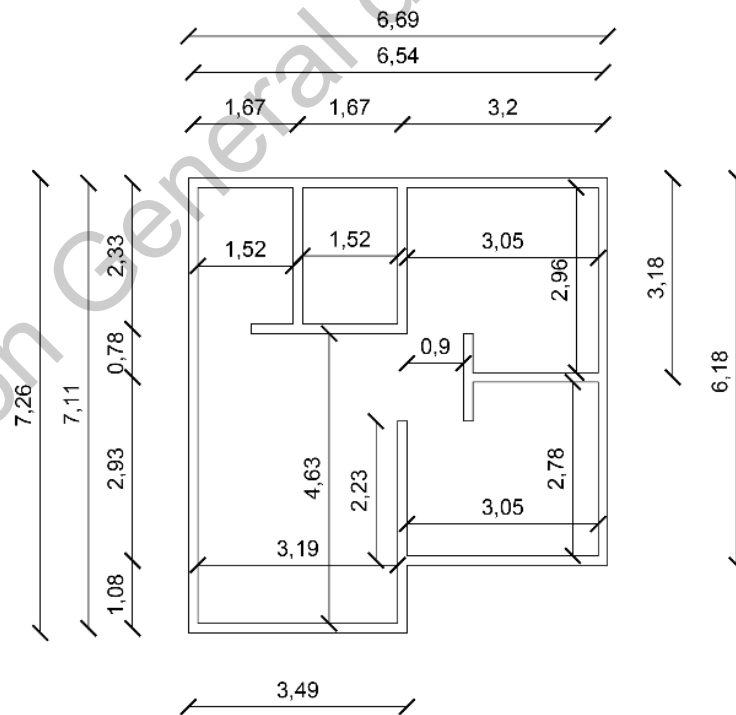


Figura 5 Distribución de la vivienda mínima a partir del reglamento de construcción del municipio de Querétaro.

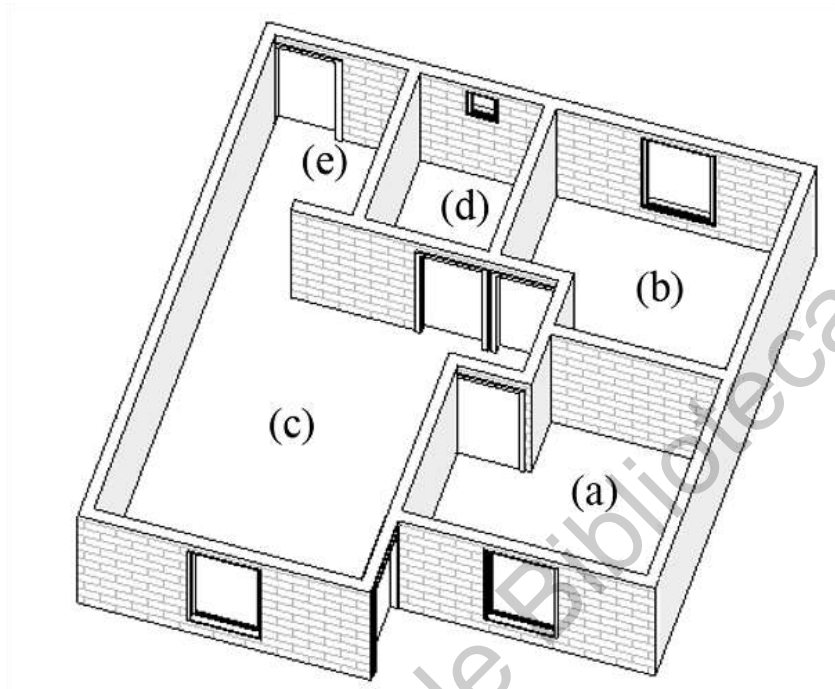


Figura 6 Distribución de la vivienda mínima en 3D a partir del reglamento de construcción del municipio de Querétaro. (a) Recamara principal, (b) recamara, (c) estancia, (d) baño, (e) cocina.

3.2 Análisis bioclimático

En este apartado se analizará los diferentes factores de temperatura que involucran a la vivienda, como son: la temperatura ambiente, la radiación solar y la temperatura sol-aire. Estas variables se comportan de distinta manera e interactúan directamente con los muros de las fachadas y la losa, en donde dependiendo la hora y el mes se comportan de distinta manera, en el que principalmente se debe a la trayectoria solar en el que se encuentre ubicada la edificación. (Borbón, Cabanillas y Pérez, 2010)

En primera instancia se analizará la temperatura horaria, ya que es importante poder prever el comportamiento de la temperatura ambiente en un día determinado y como estas temperaturas fluctúan en el transcurso del día. Después se calculará la radiación total la cual involucra a tres componentes, que son la radiación directa, la radiación difusa y proyectada. Por último se estimará la incidencia total en cada uno de los elementos, que involucra a la temperatura ambiente y la radiación total. (Solís, 2015)

3.3 Temperatura horaria

Una vez determinado los parámetros a estudiar, es pertinente conocer las temperaturas registradas medias mensuales para realizar el cálculo de las temperaturas horarias mensuales, donde en este caso se tomarán los datos registrados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de los años 1980 al 2010 en el municipio de Querétaro. La CONAGUA presenta una estimación de dichas temperaturas con las medias extremas, las cuales se utilizarán para el estudio, presentada en la Tabla 6.

Tabla 11 Estimación de temperaturas horarias medias mensuales, a partir de medias extremas.

Localidad	ESTIMACION DE TEMPERATURAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.											
	QUERETARO	LATITUD	20.57	LONGITUD	100.36	ALTITUD	1871					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TEMP MAX	25.4	26.8	30.2	31.6	32.8	32	30.2	30	27.6	28.5	26.3	26
TEMP MIN	5.3	5.6	8.2	10.1	11.9	13.4	13.1	12.5	12.3	9.1	6.7	4.5
TEMP MED	15.35	16.2	19.2	20.85	22.35	22.7	21.65	21.25	19.95	18.8	16.5	15.25

Después de conocer las temperaturas mensuales media máxima, media mínima y media, se simularán según el modelo exponencial propuesto, para determinar el comportamiento térmico del ambiente como se muestra en la Tabla 7. En dicha tabla se puede observar las diferentes temperaturas por hora en cada mes, en el que se

diferencio cada una de las temperaturas según la percepción de confort térmico, según la investigación realizada en los meses fríos se encuentra en los rango de 18.3 °C a 25.3 °C y para los meses más calidos entre los 20.3 °C a 27.3 °C para la Ciudad de México, mostradas en la tabla con el color verde, en el cual se determinó que los meses frios son de Octubre a Enero y para los meses cálidos de Marzo a Septiembre, donde al encontrarse de bajo de estos rango se considera una percepción fría, siendo determinadas con el color azul y para las temperaturas arriba de los rangos de confort se ilustraron con el color naranja. (Freixanet, 2010)

Tabla 12 Temperaturas horarias mensuales, calculadas a partir del modelo exponencial.

HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	11.09	11.71	13.39	15.17	16.83	17.79	17.13	16.63	15.91	14.69	12.35	10.69
01:00	10.04	10.60	12.41	14.22	15.90	16.96	16.37	15.85	15.23	13.67	11.32	9.57
02:00	9.15	9.66	11.60	13.42	15.13	16.27	15.74	15.20	14.66	12.81	10.45	8.62
03:00	8.40	8.87	10.93	12.76	14.49	15.70	15.22	14.67	14.20	12.10	9.73	7.82
04:00	7.79	8.23	10.37	12.22	13.96	15.24	14.79	14.23	13.81	11.50	9.13	7.16
05:00	7.29	7.69	9.92	11.79	13.54	14.86	14.44	13.87	13.50	11.02	8.64	6.62
06:00	6.88	7.26	8.20	10.10	11.90	13.40	13.10	12.50	12.30	10.62	8.24	6.19
07:00	5.30	5.60	9.70	11.57	13.33	14.67	14.27	13.70	13.35	9.10	6.70	4.50
08:00	6.67	7.05	13.95	15.72	17.36	18.26	17.57	17.07	16.30	10.43	8.04	5.97
09:00	10.55	11.14	19.13	20.78	22.28	22.64	21.60	21.19	19.90	14.17	11.82	10.12
10:00	15.29	16.13	23.83	25.38	26.75	26.62	25.25	24.93	23.17	18.74	16.44	15.18
11:00	19.58	20.66	27.32	28.78	30.06	29.56	27.96	27.71	25.60	22.88	20.63	19.78
12:00	22.77	24.02	29.38	30.80	32.03	31.31	29.57	29.35	27.03	25.96	23.73	23.18
13:00	24.66	26.01	30.13	31.53	32.73	31.94	30.14	29.94	27.55	27.78	25.57	25.20
14:00	25.33	26.73	29.79	31.20	32.41	31.65	29.88	29.67	27.31	28.43	26.23	25.93
15:00	25.02	26.40	28.66	30.09	31.33	30.70	29.00	28.77	26.53	28.13	25.93	25.60
16:00	23.99	25.31	27.01	28.48	29.77	29.30	27.72	27.46	25.38	27.14	24.93	24.49
17:00	22.49	23.73	25.08	26.60	27.94	27.67	26.22	25.93	24.04	25.69	23.46	22.88
18:00	20.73	21.87	23.05	24.61	26.01	25.96	24.64	24.31	22.63	23.99	21.74	21.00
19:00	18.87	19.91	21.04	22.65	24.10	24.26	23.08	22.72	21.23	22.20	19.93	19.01
20:00	17.04	17.98	19.15	20.80	22.30	22.66	21.61	21.21	19.92	20.43	18.14	17.05
21:00	15.31	16.15	17.42	19.11	20.66	21.20	20.27	19.84	18.71	18.76	16.46	15.20
22:00	13.73	14.49	15.88	17.61	19.20	19.89	19.07	18.61	17.64	17.23	14.92	13.51
23:00	12.32	13.00	14.54	16.29	17.92	18.76	18.03	17.54	16.71	15.87	13.54	12.01

Tabla 13 Temperaturas horarias mensuales de los meses de otoño-invierno.

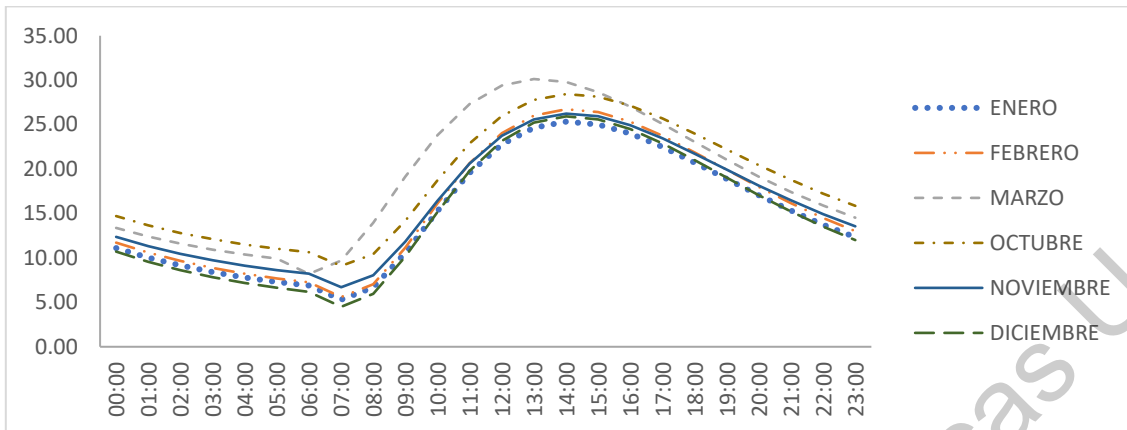
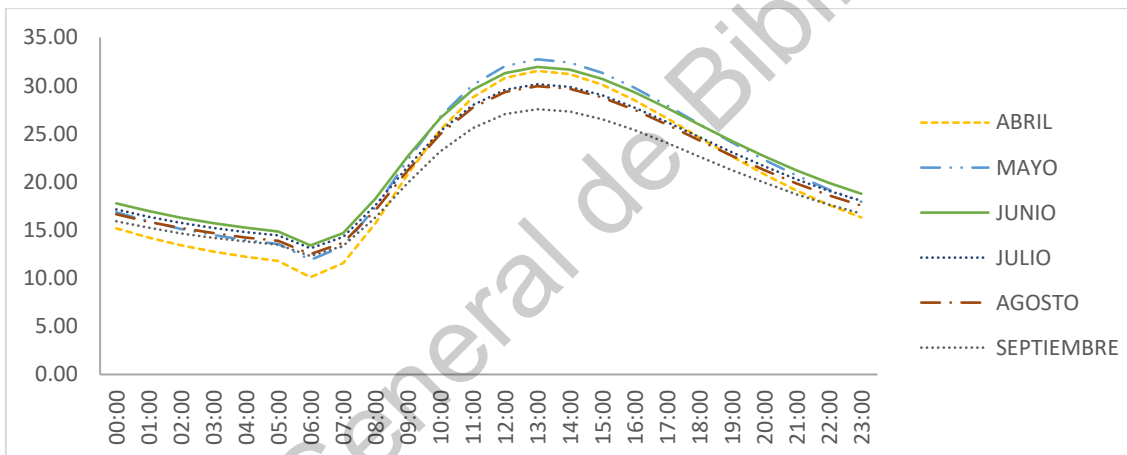


Tabla 14 Temperaturas horarias mensuales de los meses de primavera-verano.



A partir de la tabla anterior se puede determinar las horas de confort, frías y calor, según a los rangos establecidos de percepción como se muestra en la Tabla 7. En esta tabla se puede observar los diferentes comportamientos mensuales de la temperatura ambiente, así como los meses con menos horas confortables, que son Febrero y Marzo. También se puede observar que en el municipio de Querétaro predomina las horas con percepción de frío que las de calor, donde Enero y Diciembre son los meses con menor horas de percepción de calor.

Tabla 15 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío.

MES	HORAS TOTALES		
	CONFORT	CALOR	FRÍO
ENERO	8	1	15
FEBRERO	5	4	15
MARZO	5	6	13
ABRIL	6	6	12
MAYO	6	7	11
JUNIO	6	7	11
JULIO	6	6	12
AGOSTO	6	6	12
SEPTIEMBRE	8	3	13
OCTUBRE	6	3	15
NOVIEMBRE	6	6	12
DICIEMBRE	7	2	15

3.4 Radiación

Para conocer los ángulos de inclinación de la trayectoria solar es importante realizar un análisis de la gráfica solar de la zona. Existen varias formas de obtener estos datos, como es el uso directo de gráficas solar de algún autor, el cálculo directo según su latitud y posición de la zona a estudiar o como es el caso de este trabajo, se puede buscar el uso de herramientas de ciertos softwares que te permiten saber su ángulo de inclinación según el día y el año, como se muestra en la Figura 5. De tal manera que se utilizó el programa de arquitectura llamado Revit 2019 versión para estudiante para la obtención de estos datos.

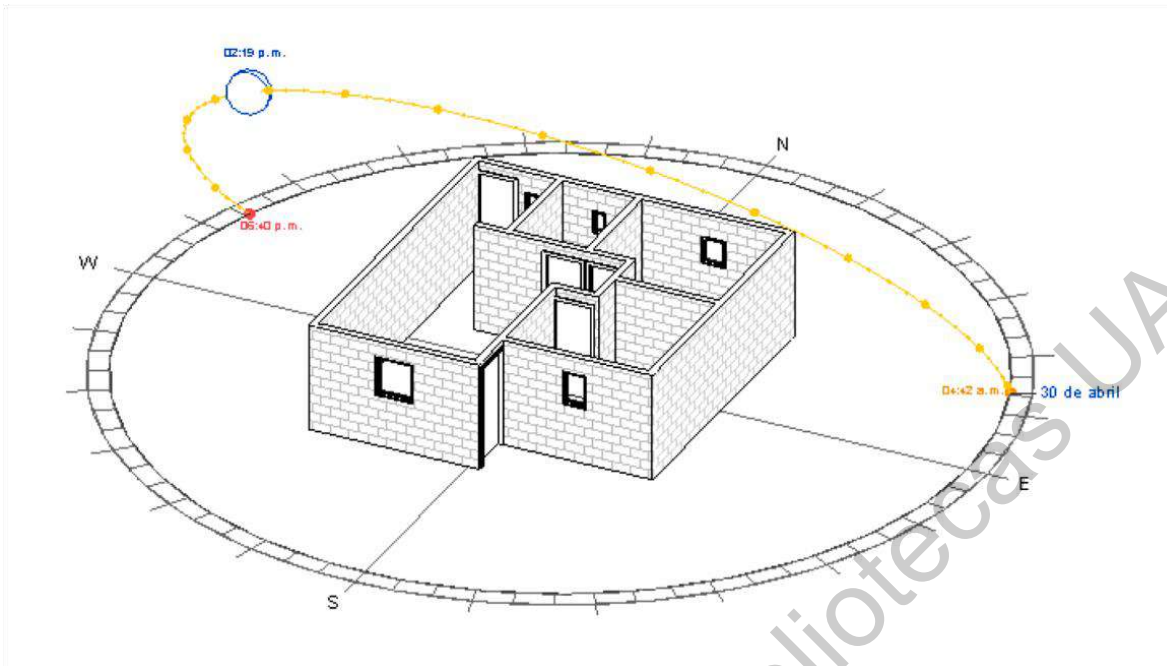


Figura 7 Simulación de trayectoria solar utilizando el programa Revit 2019 versión estudiante. (Imagen propia).

Por lo tanto en Revit 2019 se generó una simulación de la vivienda, donde la fachada principal se orientó hacia el sur, en el cual se realizó una gráfica solar para cada uno de los meses. Por lo cual se propone seis trayectorias solares para todo el año, conociendo de antemano que existen meses que es muy parecido su trayecto solar durante el año como son los casos de enero-diciembre, febrero-noviembre, marzo-octubre, abril-septiembre, mayo-agosto y junio-julio, como se muestra en las Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12, según la hora del día.

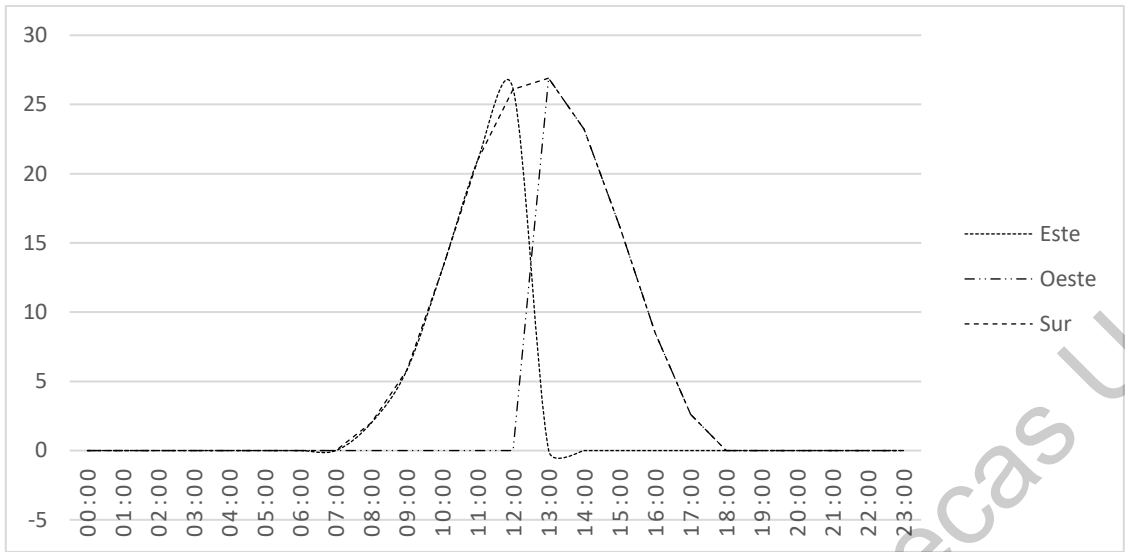


Figura 8 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Enero y Diciembre.

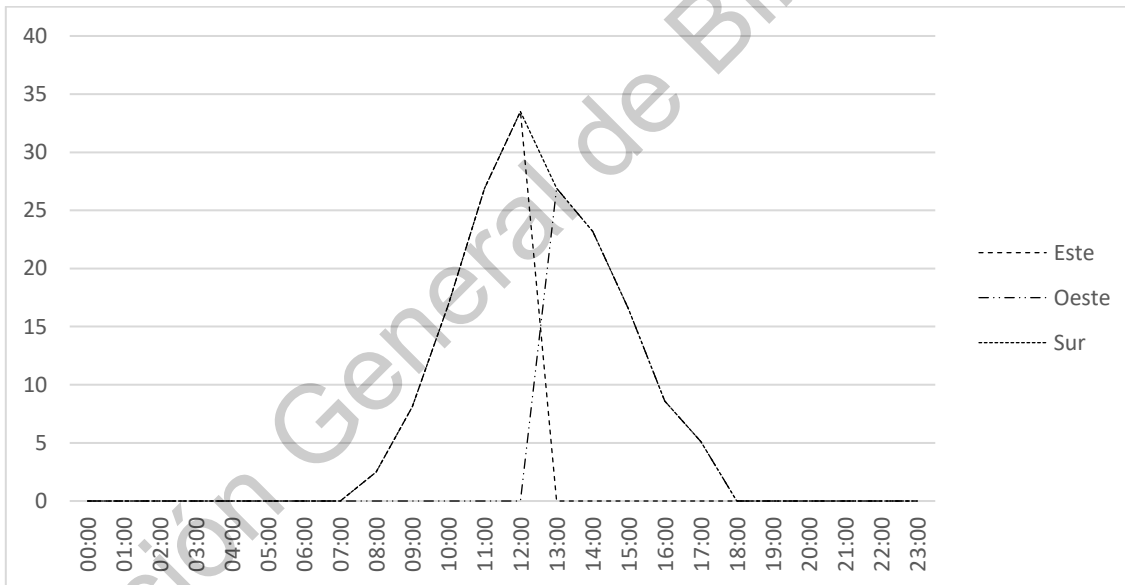


Figura 9 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Febrero y Noviembre.

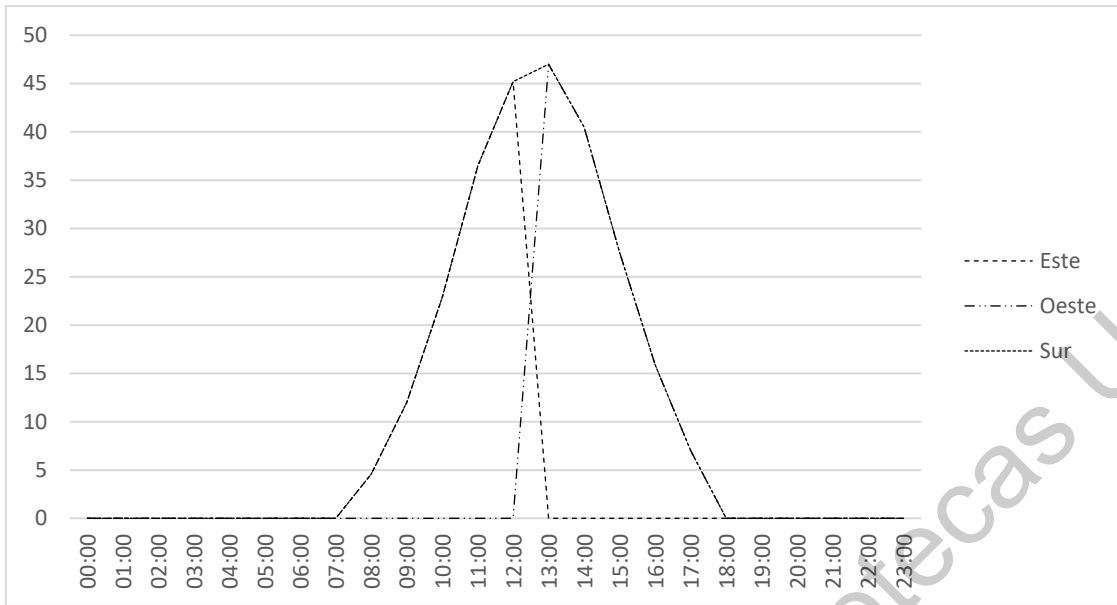


Figura 10 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Marzo y Octubre.

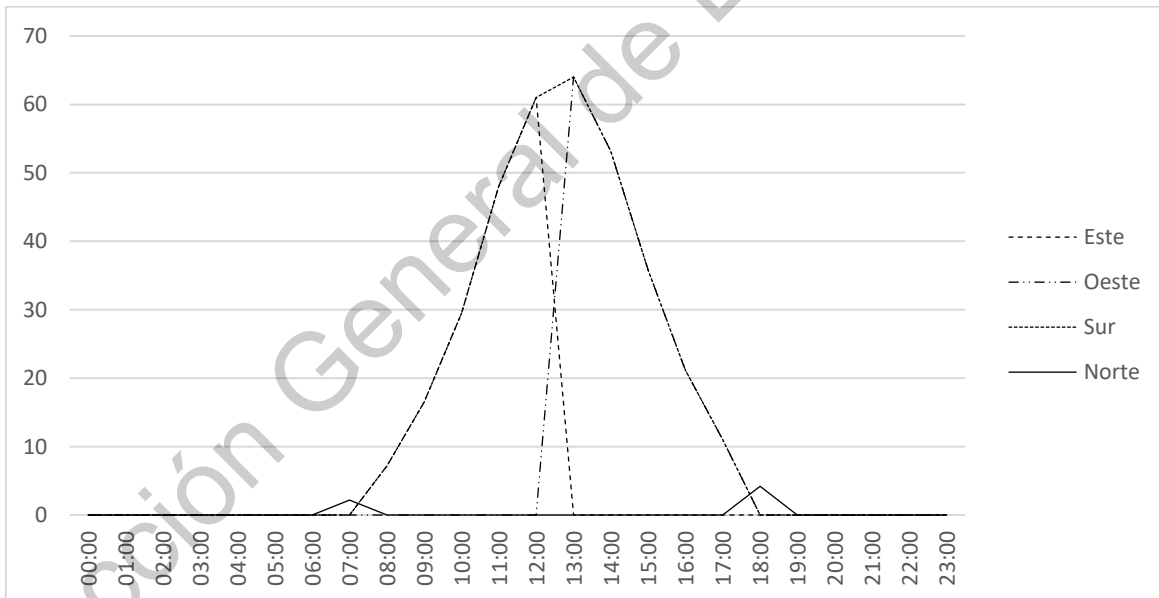


Figura 11 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Abril y Septiembre.

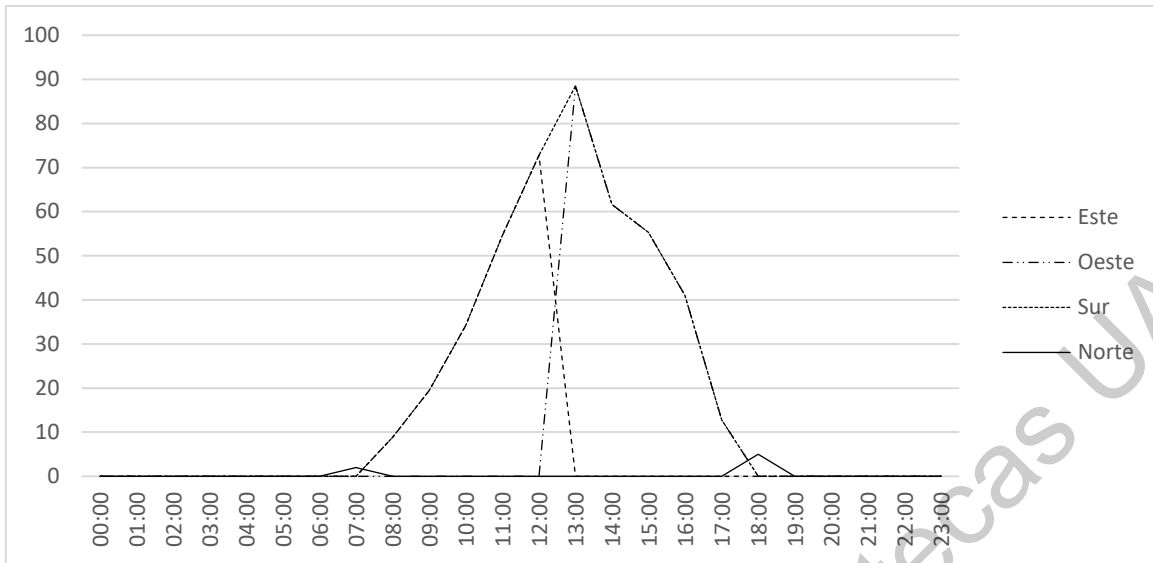


Figura 12 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Mayo y Agosto.

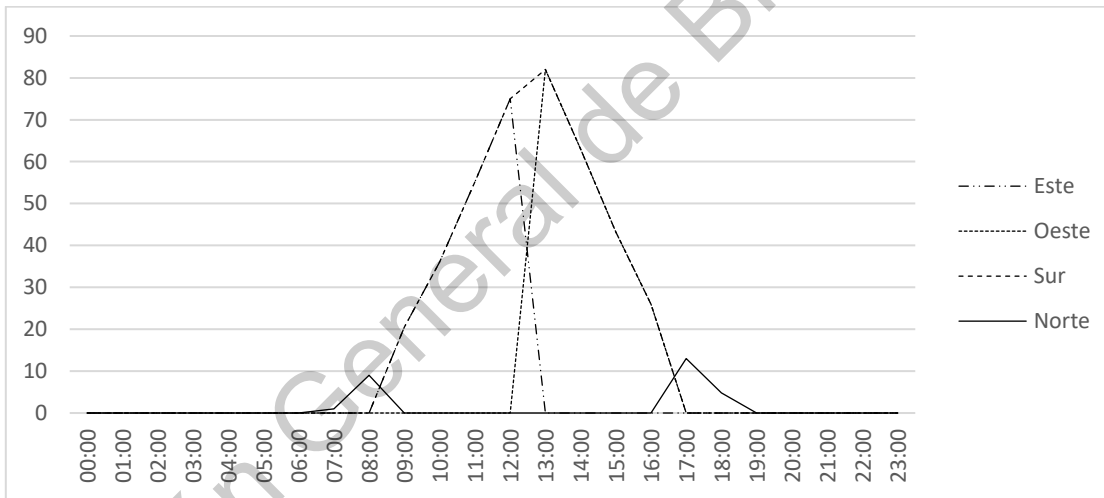


Figura 13 Ángulo de inclinación solar por hora en los meses de Junio y Julio.

Al conocer los diferentes ángulos de inclinación se realiza posteriormente el cálculo de la radiación directa, difusa, proyectada y total, por lo cual se puede conocer la trayectoria en cada una de las horas del día mensualmente, calculando anteriormente la radiación total mensual. Como se muestra en la Tabla 8 se obtuvo la siguiente información de la radiación hipotética de cada uno de los meses, donde en la parte superior de la tabla se observa la radiación máxima del día mensual

obtenida por la estación meteorológica de Geociencias de la UNAM y esta a su vez se desglosa en cada una de las horas del día.

Tabla 16 Radiación total calculada para cada mes del año a diferentes horas.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	unidad
	5	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5	4.4	
07:00	0.00	0.00	0.00	4.00	2.87	3.46	3.46	2.66	3.71	0.00	0.00	0.00	KWh/m2
08:00	2.08	4.57	0.72	4.14	5.97	5.83	5.83	5.54	3.83	0.61	4.01	1.83	KWh/m2
09:00	4.43	1.39	5.40	4.78	5.49	0.51	0.51	5.09	4.43	4.56	1.22	3.90	KWh/m2
10:00	4.30	2.11	3.93	2.30	6.46	0.82	0.82	6.00	2.13	3.32	1.85	3.79	KWh/m2
11:00	2.74	1.11	2.32	4.35	3.17	1.41	1.41	2.94	4.03	1.96	0.98	2.41	KWh/m2
12:00	2.84	2.80	2.21	1.76	5.91	5.90	5.90	5.48	1.63	1.87	2.46	2.50	KWh/m2
13:00	0.98	1.11	6.35	2.66	5.93	6.08	6.08	5.50	2.47	5.36	0.98	0.86	KWh/m2
14:00	1.77	2.02	6.03	6.65	2.29	6.31	6.31	2.13	6.17	5.09	1.77	1.56	KWh/m2
15:00	4.41	4.00	4.58	2.19	2.18	4.54	4.54	2.03	2.03	3.86	3.51	3.88	KWh/m2
16:00	3.01	3.87	6.28	4.78	6.81	4.14	4.14	6.32	4.43	5.30	3.39	2.65	KWh/m2
17:00	4.28	2.15	4.82	2.04	6.71	5.81	5.81	6.23	1.89	4.07	1.89	3.77	KWh/m2
18:00	0.00	0.00	0.00	3.33	1.96	0.56	0.56	1.82	3.09	0.00	0.00	0.00	KWh/m2

3.5 Temperatura sol-aire

Para este caso de estudio se determinó una velocidad del viento de 4.08 m/s, la absorptancia del concreto de 0.85 y la emisividad del concreto de 0.93. Donde en la Tabla 9 se pueden observar los resultados obtenidos para las horas con radiación solar para cada mes del año.

Tabla 17 Temperatura sol-aire calculada para cada mes del año a diferentes horas.

HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	11.09	11.71	13.39	15.17	16.83	17.79	17.13	16.63	15.91	14.69	12.35	10.69
01:00	10.04	10.60	12.41	14.22	15.90	16.96	16.37	15.85	15.23	13.67	11.32	9.57
02:00	9.15	9.66	11.60	13.42	15.13	16.27	15.74	15.20	14.66	12.81	10.45	8.62
03:00	8.40	8.87	10.93	12.76	14.49	15.70	15.22	14.67	14.20	12.10	9.73	7.82
04:00	7.79	8.23	10.37	12.22	13.96	15.24	14.79	14.23	13.81	11.50	9.13	7.16
05:00	7.29	7.69	9.92	11.79	13.54	14.86	14.44	13.87	13.50	11.02	8.64	6.62
06:00	6.88	7.26	8.20	10.10	11.90	13.40	13.10	12.50	12.30	10.62	8.24	6.19
07:00	5.30	5.60	9.70	11.72	13.44	14.80	14.40	13.80	13.49	9.10	6.70	4.50
08:00	6.75	7.22	13.97	15.87	17.58	18.48	17.79	17.28	16.44	10.45	8.19	6.04
09:00	10.72	11.19	19.33	20.96	22.49	22.66	21.61	21.39	20.07	14.34	11.86	10.26
10:00	15.45	16.21	23.98	25.46	26.99	26.65	25.28	25.16	23.25	18.86	16.51	15.32
11:00	19.68	20.70	27.41	28.95	30.18	29.62	28.01	27.82	25.75	22.96	20.66	19.87
12:00	22.88	24.13	29.47	30.87	32.25	31.53	29.79	29.56	27.09	26.03	23.83	23.28
13:00	24.69	26.06	30.36	31.63	32.95	32.17	30.37	30.15	27.64	27.98	25.61	25.24
14:00	25.40	26.80	30.01	31.45	32.49	31.89	30.12	29.75	27.54	28.63	26.30	25.99
15:00	25.19	26.55	28.83	30.17	31.42	30.87	29.17	28.85	26.60	28.28	26.06	25.74
16:00	24.10	25.46	27.25	28.66	30.03	29.46	27.88	27.70	25.55	27.34	25.05	24.59
17:00	22.65	23.81	25.27	26.68	28.19	27.89	26.44	26.16	24.11	25.84	23.53	23.03
18:00	20.73	21.87	23.05	24.74	26.08	25.98	24.66	24.38	22.74	23.99	21.74	21.00
19:00	18.87	19.91	21.04	22.65	24.10	24.26	23.08	22.72	21.23	22.20	19.93	19.01
20:00	17.04	17.98	19.15	20.80	22.30	22.66	21.61	21.21	19.92	20.43	18.14	17.05
21:00	15.31	16.15	17.42	19.11	20.66	21.20	20.27	19.84	18.71	18.76	16.46	15.20
22:00	13.73	14.49	15.88	17.61	19.20	19.89	19.07	18.61	17.64	17.23	14.92	13.51
23:00	12.32	13.00	14.54	16.29	17.92	18.76	18.03	17.54	16.71	15.87	13.54	12.01

3.6 Simulación

Una vez determinada las condiciones para generar la simulación en cada uno de los elementos de la vivienda y con los datos previamente calculados, se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 11. En donde, como se muestra en la Tabla 10, se utilizaron los siguientes datos con sus respectivas conductividades térmicas para poder realizar el análisis con materiales hipotéticos que son utilizados normalmente en la región. Estos materiales fueron implementados en cada uno de los elementos (Figura 4). (Cortés, 2010)

Tabla 18 Conductividad térmica de los materiales utilizados para la simulación.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	UNIDAD
Aire	0.0242	W/mK
Concreto	0.72	W/mK
Madera	0.173	W/mK
Vidrio	1.4	W/mK

Para la realización de la simulación de la vivienda de interés social se propuso una orientación definida, la cual es la fachada principal hacia al sur, sin ningún tipo de aberturas, es decir no existe una variación en la ventilación, ya que se pretende analizar el comportamiento de la vivienda por si sola, sin ningún agente externo que lo regule para su confort térmico, donde solo se busca estudiar el comportamiento de los materiales con la temperatura del ambiente, radiación y la incidencia en los muros externos. Por lo tanto, al realizar la simulación se propuso que existieran distintas temperaturas en cada uno de los muros exteriores de incidencia, en el cual dependiendo la hora y la inclinación solar era la temperatura calculada de sol-aire que incide solo en ciertas fachadas, donde el resto de las fachadas sólo se contemplaba la temperatura del ambiente. En el caso de la losa siempre se calculó con la temperatura hipotética que incide en una superficie, la cual contempla la radiación total y la temperatura ambiente.

Dicha simulación se realizó con cada una de las horas del mes, en el cual en este modelo se busca que la temperatura interna se estabilizara con la temperatura externa, tomando en cuenta la temperatura interna calculada en cada una de las horas anteriores; dando como resultado una diferencia de temperaturas conforme a una altura, sin embargo por efectos de este estudio sólo se consideró la temperatura interna media de toda la vivienda, para una comprensión general de los espacios y como este interactúa con el ambiente. Por consiguiente se obtuvo la siguiente tabla, la cual nos muestra la temperatura interna media de vivienda en cada uno de los meses.

Tabla 19 Temperatura media interna de la vivienda en el municipio de Querétaro

HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	11.765	12.42	14.02	15.785	17.43	18.32	17.7	17.125	16.345	15.335	13	11.415
01:00	10.615	11.205	12.945	14.74	16.41	17.41	16.87	16.28	15.6	14.225	11.885	10.185
02:00	9.64	10.17	12.045	13.855	15.55	16.645	16.08	15.555	14.97	13.285	10.925	9.14
03:00	8.805	9.3	11.295	13.12	14.84	16.01	15.5	14.96	14.45	12.485	10.12	8.255
04:00	8.12	8.58	10.675	12.515	14.25	15.49	15.025	14.465	14.025	11.825	9.455	7.52
05:00	7.565	7.985	10.165	12.025	13.77	15.065	14.63	14.065	13.67	11.28	8.905	6.915
06:00	7.1	7.49	9.145	11.025	12.805	14.2	13.835	13.25	12.96	10.835	8.455	6.42
07:00	6.165	6.51	8.87	10.82	12.585	14.02	13.68	13.08	12.83	9.935	7.545	5.425
08:00	5.925	6.325	11.6	13.51	15.155	16.37	15.845	15.245	14.665	9.695	7.365	5.155
09:00	8.405	8.875	16.265	17.98	19.555	20.22	19.375	18.915	17.91	12.1	9.73	7.825
10:00	12.67	13.37	21.345	22.835	24.3	24.415	23.23	22.9	21.36	16.215	13.885	12.38
11:00	17.205	18.155	25.47	26.955	28.225	27.935	26.46	26.17	24.285	20.595	18.315	17.235
12:00	21.005	22.165	28.29	29.68	31.035	30.445	28.79	28.545	26.235	24.255	22.015	21.3
13:00	23.615	24.905	29.825	31.175	32.45	31.7	29.93	29.71	27.3	26.86	24.55	24.08
14:00	25.005	26.355	30.1	31.375	32.58	31.805	30.02	29.815	27.435	28.165	25.89	25.54
15:00	25.225	26.615	29.4	30.695	31.92	31.22	29.48	29.265	26.96	28.195	26.095	25.775
16:00	24.65	25.99	28.015	29.36	30.63	30.07	28.425	28.18	26.01	27.68	25.48	25.095
17:00	23.315	24.595	26.275	27.63	28.945	28.55	27.03	26.77	24.775	26.485	24.265	23.76
18:00	21.7	22.89	24.17	25.775	27.1	27.03	25.52	25.23	23.415	24.925	22.685	22.03
19:00	19.89	20.985	22.145	23.725	25.15	25.205	23.94	23.595	22	23.185	20.925	20.105
20:00	18.045	19.04	20.19	21.815	23.285	23.54	22.415	22.04	20.64	21.4	19.125	18.125
21:00	16.26	17.155	18.37	20.035	21.565	22	21.005	20.59	19.375	19.68	17.61	16.215
22:00	14.595	15.4	16.725	18.435	20	20.61	19.73	19.285	18.225	18.07	15.765	14.435
23:00	13.09	13.815	15.275	17.015	18.625	19.38	18.6	18.125	17.22	16.615	14.295	12.835

En la Tabla 11 se puede observar que el calor transferido a los muros se propagó a las horas siguientes del medio día, en donde se registra un desfase de temperatura con la del ambiente. Este calor pasó a las de la noche en cada uno de los meses, siendo confortable para los meses de Marzo a Septiembre y disminuyendo las horas de confort en los meses de Octubre a Febrero, por lo cual se puede analizar que aumenta las horas frías en estos meses. Aproximadamente hubo un aumento de la temperatura en todo el año de 2 °C en primavera-verano y -2°C en otoño-invierno. Esto indica que la vivienda solo retrasa por unas cuantas horas la temperatura externa registrada en el ambiente y aumenta la percepción de temperatura cálida para las tardes y frías en las madrugadas.

Como se puede observar en las Tablas 11 y 12, las horas de confort aumentaron en los meses de agosto y septiembre y se mantuvieron sus horas de frío. En los meses de mayo, junio y julio aumentaron sus horas de calor, disminuyeron sus horas de confort y permanecieron sus horas de frío. En el caso de los meses noviembre a febrero aumentaron las horas de frío y calor, en las cuales

disminuyeron sus horas de confort. Por último se puede apreciar que los meses de marzo y abril sus horas de calor, frío y confort se mantuvieron.

Tabla 20 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío en el ambiente.

MES	HORAS TOTALES		
	CONFORT	CALOR	FRÍO
ENERO	8	1	15
FEBRERO	5	4	15
MARZO	5	6	13
ABRIL	6	6	12
MAYO	6	7	11
JUNIO	6	7	11
JULIO	6	6	12
AGOSTO	6	6	12
SEPTIEMBRE	8	3	13
OCTUBRE	6	3	15
NOVIEMBRE	6	6	12
DICIEMBRE	7	2	15

Tabla 21 Horas totales de percepción de Confort, Calor y Frío en la vivienda simulada.

MES	HORAS TOTALES		
	CONFORT	CALOR	FRÍO
ENERO	6	3	15
FEBRERO	6	3	15
MARZO	5	5	12
ABRIL	5	6	13
MAYO	5	7	12
JUNIO	5	7	12
JULIO	6	6	12

AGOSTO	7	5	12
SEPTIEMBRE	10	1	13
OCTUBRE	6	5	13
NOVIEMBRE	7	3	14
DICIEMBRE	6	2	16

Se puede plantear que el calor absorbido en el día se libera para la tarde-noche en todos los meses y este a su vez se genera que las noches en verano se vuelvan más calientes por toda la energía acumulada y que en las noches de invierno sean más frías ya que no almacena el suficiente calor para transmitirlos en esas horas, aumentando sus horas de frío durante el día, como se muestra en la Figura 12 y 13. Esto es resultado de los materiales y su capacidad de conducir el calor, ya que así como gana el calor de manera acelerada, también está liberando dicho calor por la noche.

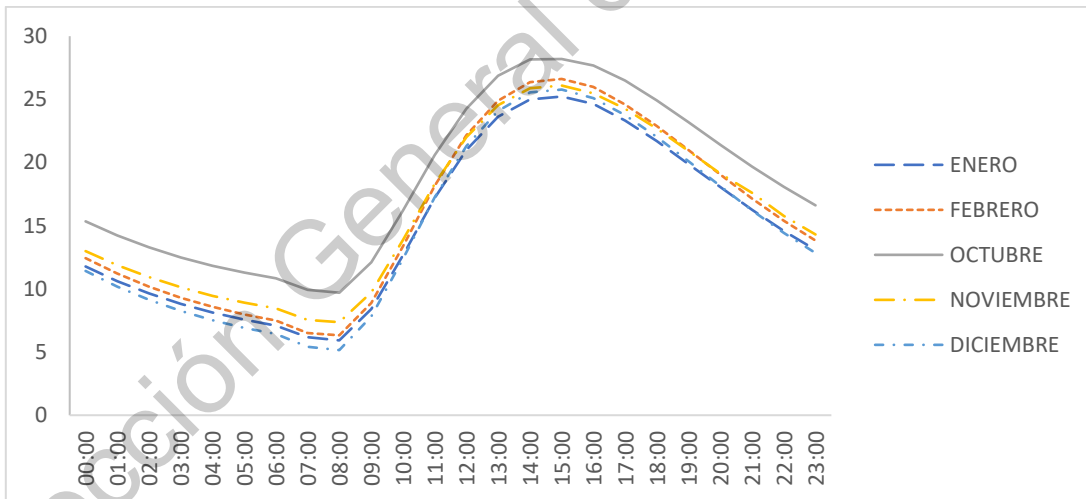


Figura 14 Temperaturas horarias mensuales de los meses de otoño-invierno.

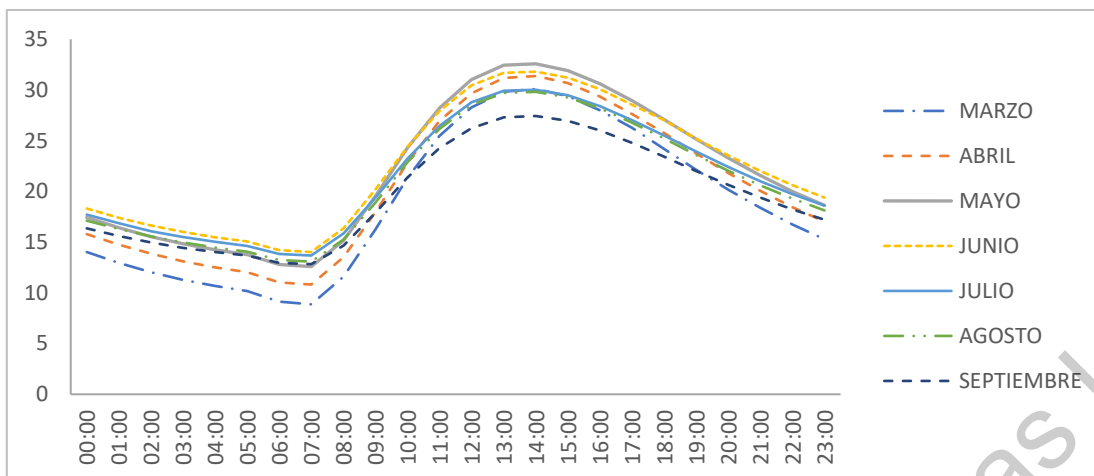


Figura 15 Temperaturas horarias mensuales de los meses de primavera-verano.

3.7 Comprobación de la simulación

Para la validación de nuestros datos fue importante realizar una comprobación con datos obtenidos por medio de experimentación, en el cual estos datos se obtuvieron por parte de una tesis realizada en el 2015, titulada Aislamiento térmico de una vivienda y diseño de elementos estructurados para las envolventes con base en un estudio térmico volumétrico, realizada por Juan Martín González Castañeda de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Esta investigación realizó mediciones de temperatura interna y externa de una vivienda situada en el municipio de Querétaro, permitiéndonos realizar la simulación con nuestros parámetros establecidos y así poder verificar la correlación de las temperaturas obtenidas con las simuladas, sin embargo dicha experimentación solo se realizó en los meses de abril y mayo. A continuación se presenta las dimensiones de la vivienda y la ubicación de los sensores.

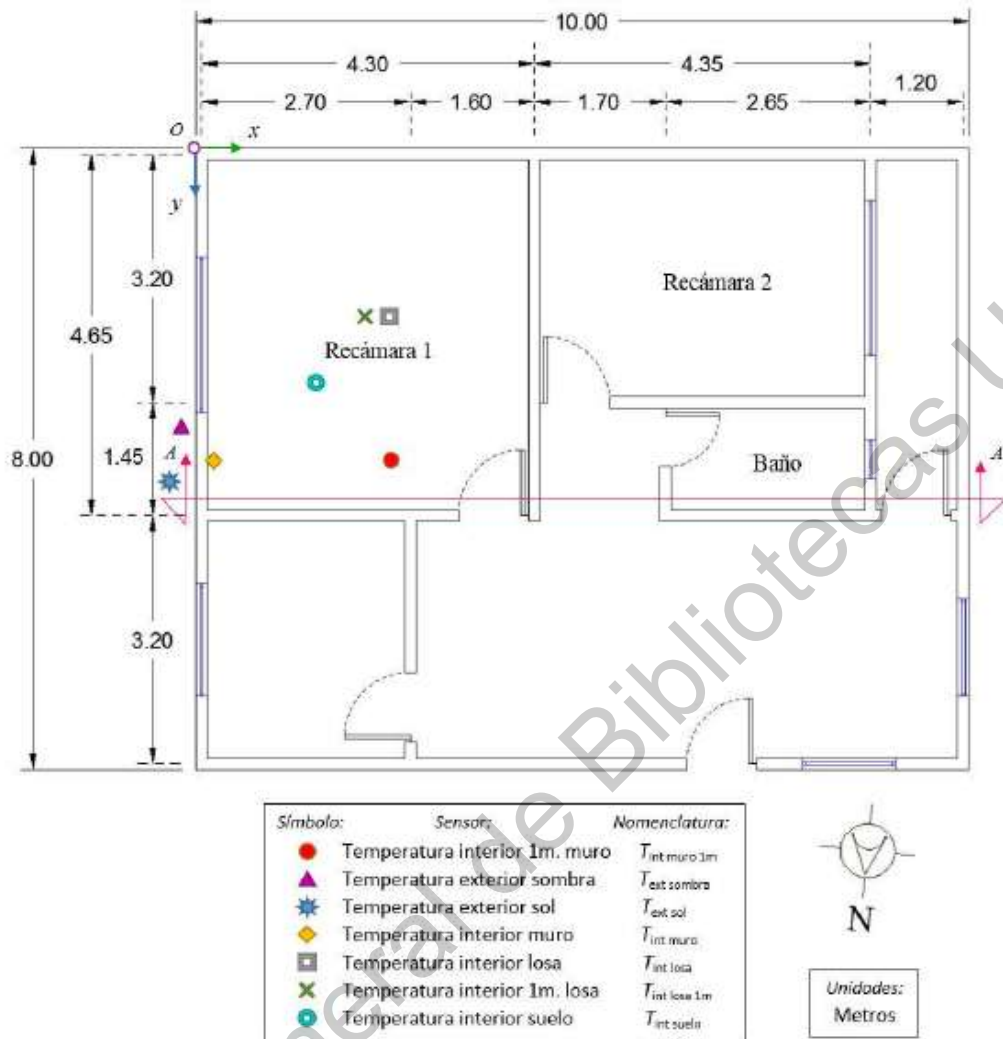


Figura 16 Ubicación de sensores en la casa habitación.

Para esta investigación se utilizó el sensor que se encontraba en la recámara 1 con una altura de 1 metro del nivel del piso. Cabe destacar que dicha vivienda cuenta con una altura de 2.6 metros. A continuación se presentan los temperaturas registradas en la simulación en los meses de abril y mayo.

Tabla 22 Simulación a 1m de altura de la vivienda en el mes de abril.

Simulación	
ABRIL	
12:00	25.52
03:00	24.61
06:00	23.78
09:00	24.19
12:00	24.53
03:00	25.62
06:00	26.5
09:00	26.35

Tabla 23 Simulación a 1m de altura de la vivienda en el mes de mayo.

SIMULACION	
12:00	25.66
03:00	25.11
06:00	24.45
09:00	24.12
12:00	24.19
03:00	24.79
06:00	25.74
09:00	26.09

Estos datos obtenidos se compararon con los datos registrados en las mediciones de esos meses, dándonos como resultado una correlación 0.68 como se muestra en la siguiente gráfica:

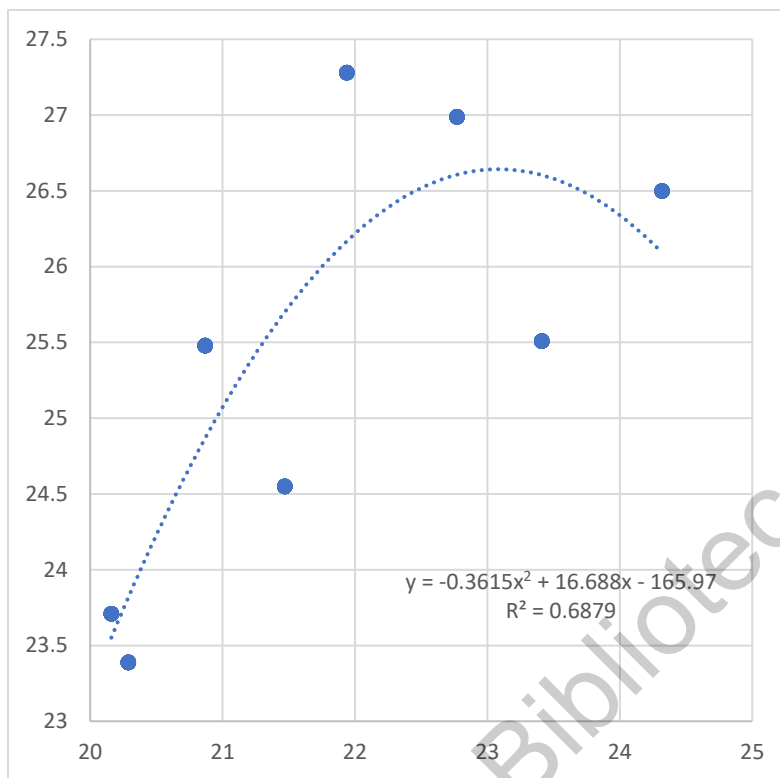


Figura 17 Gráfica de correlación de los datos medidos y la simulación

Por lo tanto se pudo percatar que faltaba registrar la variación de la temperatura del suelo que existe en la vivienda para así poder precisar nuestros resultados. Siendo este el caso se tomaron los datos obtenidos por la medición la temperatura del suelo mensual y se generó una media, volviendo a simular dichas temperaturas, dando como resultado una correlación de 0.78, siendo este aún más confiable en la simulación, como se muestra en la siguiente gráfica:

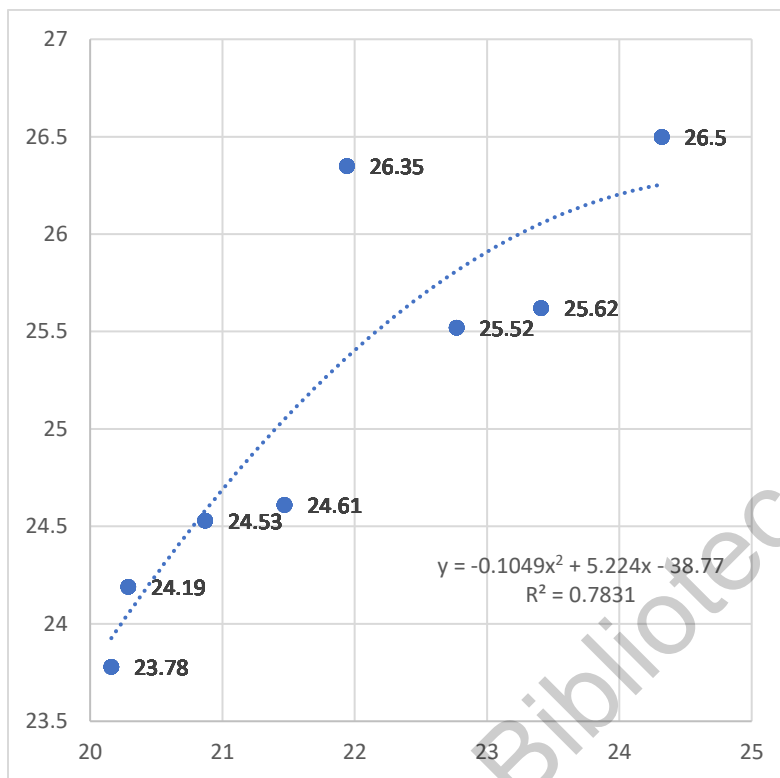


Figura 18 Gráfica de correlación de los datos medidos y la simulación corregida

Por consiguiente se comprobó que es pertinente obtener los datos de la temperatura del suelo de la vivienda para poder realizar una simulación con mayor precisión, en el cual se pueda realizar una mejor evaluación para los fines de esta investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensionamiento de los espacios

Una vez que se pudo verificar la correlación de la simulación se continuo a realizar con el estudio de la vivienda y el comportamiento térmico de cada uno de los espacios. Se retomó la vivienda de interés social propuesta, sin embargo sólo habría variación en la altura de dicha vivienda en el cual, el mínimo sería de 2.3 metros, la altura media de 2.7 metros y la máxima de 3.0 metros, para así poder observar la variación de las temperaturas de los meses en ciertas horas.

A continuación se muestra las tablas de los meses simulados con diferentes alturas. Cabe mencionar que la temperatura que se tomó en cuenta es de una altura de 1.67 metros al centro de cada uno de los espacios, en el cual solo se esta analizando la recamara principal, la secundaria y la sala-comedor, por el tiempo de uso de dichos espacios. Es importante mencionar que para Verano se consideró temperaturas confortables de 20.3 °C a 27.3 °C (color verde) y 18 °C a 25 °C para Invierno.}

En todas estas tablas se puede observar los siguiente:

- a. Conforme se incrementa la altura la temperatura interna tiende a disminuir, lo que conlleva a que las horas de confort disminuyan (Como se aprecia en las figuras 29 y 30).
- b. A una altura de 2.7 m la temperatura interna tiende a estabilizarse a una temperatura próxima de la deseada (Como se observar en las figuras 23 y 24).

- c. A menor altura tiende a comportarse de la misma manera que la variación que la temperatura exterior ((Como se puede ver en las figuras 18 y 19).
- d. Conforme crece la altura de los espacios las distancias entre las crestas y los valles tiende a aumentar, caso contrario cuando la altura disminuye sigue la misma trayectoria que la variación de la amplitud de la curva exterior. (Como se puede apreciar claramente en las gráficas 18, 23 y 29)

Tabla 24 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (RECAMARA PRINCIPAL)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	14.02	14.68	16.02	17.37	18.71	19.4	18.9	18.52	17.95	17.16	15.3	14.04
01:00	13.5	14.02	15.32	16.55	18	18.76	18.3	17.94	17.42	16.31	14.7	13.72
02:00	12.76	13.36	14.61	15.85	17.26	18.22	17.97	17.43	17	15.62	13.81	12.37
03:00	13.01	12.78	14.11	15.29	16.76	17.9	17.61	17	16.62	15.05	13.18	11.82
04:00	12	12.68	13.66	14.69	16.31	17.41	17.2	16.85	16.38	14.67	12.73	11.16
05:00	11.27	11.68	13.44	14.36	15.9	17.25	16.9	16.61	16.08	14.23	12.62	10.91
06:00	11.09	11.39	12.29	13	14.61	16.3	15.8	15.33	15.13	14.2	12.24	10.86
07:00	9.71	10.63	13.11	14.27	15.86	17.1	16.83	16.3	16.09	12.93	10.79	9.41
08:00	10.5	11.43	16.57	17.57	19	20	19.79	19.07	18.39	13.74	12.08	10.24
09:00	13.97	15.23	20.7	21.61	22.8	23.32	22.58	22.22	21.19	16.76	14.83	13.54
10:00	17.61	18.34	24.19	25.23	26.55	26.17	25.21	25.09	23.64	20.23	18.4	17.5
11:00	20.87	21.67	26.86	28.31	29.31	28.53	27.14	27.18	25.56	23.46	21.67	21.06
12:00	23.38	24.32	28.33	29.46	31.12	29.86	28.71	28.53	26.61	25.77	24.07	23.66
13:00	24.75	25.81	29.14	30.69	31.73	30.08	29	28.98	27.03	27.28	25.47	25
14:00	25.29	26.35	28.81	30.56	31.42	30.27	29	28.54	26.92	27.8	25.92	25.75
15:00	25.13	26.16	27.92	29.55	30.5	29.51	28.06	27.93	26.23	27.52	25.8	25.55
16:00	24.25	25.3	26.71	28.24	29.3	28.43	27.1	27.05	25.38	26.78	25	24.65
17:00	23.6	24.07	25.15	26.59	27.76	27.14	26.04	25.85	24.36	25.6	23.85	23.45
18:00	21.68	22.61	23.5	25.11	26.01	25.75	24.73	24.51	23.24	24.22	21.51	21.9
19:00	20.27	20.6	22.2	23.47	24.47	24.42	23.55	23.27	22.09	22.9	21.16	20.36
20:00	18.91	19.62	20.46	22	23.09	23.21	22.43	22.46	21.08	21.52	19.85	18.95
21:00	17.5	18.2	19.17	20.6	21.83	22.1	21.38	21.01	20.3	20.23	18.51	17.61
22:00	16.33	17	18	19.35	20.67	21.06	20.41	20.04	19.29	19.13	17.19	16.25
23:00	15.3	15.77	16.89	18.17	19.61	20.17	19.6	19.26	18.77	18.03	16.21	15.06

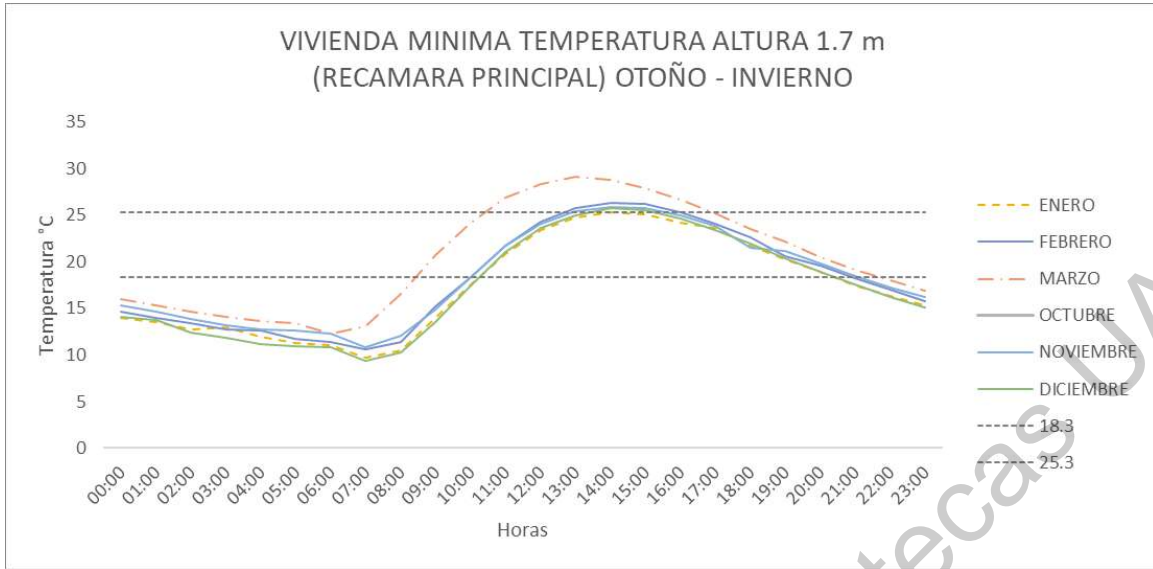


Figura 19 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Otoño-Invierno.

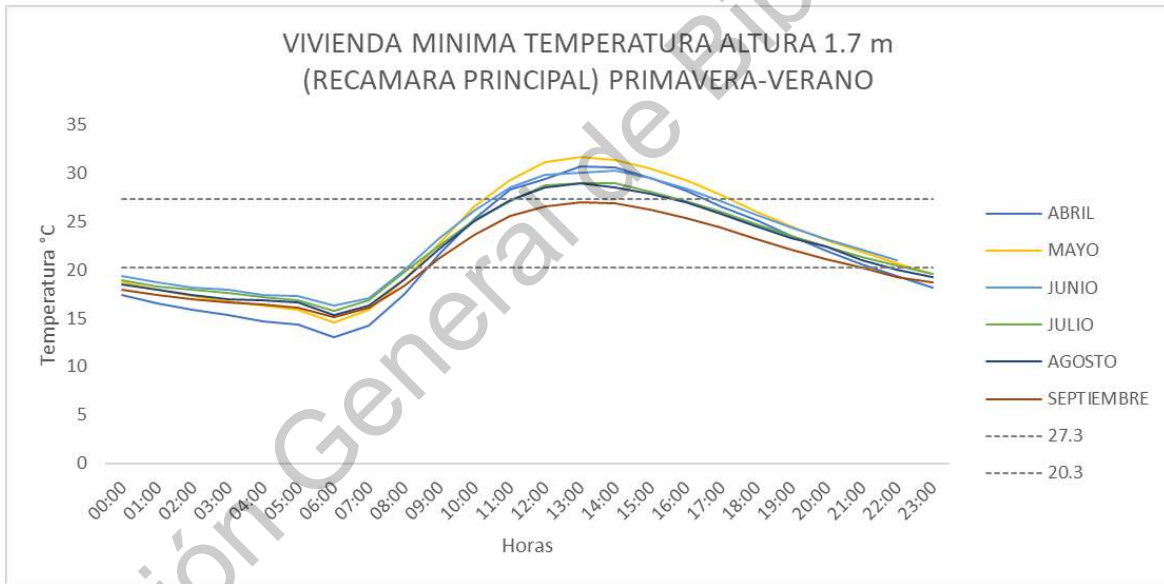


Figura 20 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Primavera -Verano.

Tabla 25 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara principal.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA PRINCIPAL)			
MES	CALOR	FRÍO	CONFORT

ENERO	0	14	10
FEBRERO	3	13	8
MARZO	6	11	7
ABRIL	8	11	5
MAYO	7	10	7
JUNIO	6	10	8
JULIO	4	10	10
AGOSTO	4	11	9
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	11	7
NOVIEMBRE	3	12	9
DICIEMBRE	2	14	8

Tabla 26 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (RECAMARA 02)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	13.91	14.46	15.74	16.97	17.99	19.23	18.72	18.32	17.74	16.82	14.91	13.59
01:00	13.04	13.6	14.95	16.26	17.17	18.59	18.1	17.68	17.19	16.02	14.1	12.69
02:00	12.43	12.95	14.29	15.55	16.45	18.02	17.6	17.22	16.74	15.29	13.49	11.99
03:00	11.76	12.13	13.81	14.96	15.98	17.6	17.19	16.74	16.37	14.82	12.98	11.42
04:00	11.27	11.76	13.33	14.38	15.4	17.26	17	16.4	16.05	14.22	12.42	10.81
05:00	10.87	11.18	12.96	14.15	15.03	16	16.56	16.11	15.81	13.83	11.94	10.33
06:00	10.52	10.87	11.71	12.32	13.56	15.74	15.5	15.03	14.85	13.51	11.61	10.07
07:00	9.28	9.51	12.82	13.46	14.88	17	16.56	16.15	15.86	12.29	10.37	8.84
08:00	10.41	10.83	16.18	17.02	18.27	19.98	19.46	19	18.27	13.56	11.74	10.04
09:00	13.55	14.11	20.64	21.41	22.64	23.12	22.3	22.07	21.18	16.48	14.54	13.19
10:00	17.33	17.96	24.15	25.18	26.34	26.16	25.21	25.07	23.58	20.14	18.35	17.27
11:00	20.77	21.53	26.7	27.98	28.84	28.31	27.09	27	25.52	23.43	21.54	21
12:00	23.36	24.27	28.18	30.01	30.48	29.65	28.41	28.21	26.48	25.72	24.06	23.63
13:00	24.75	25.81	28.83	30.14	31.04	29.74	28.8	28.64	26.88	27.11	25.47	25
14:00	25.29	26.25	28.55	30.12	30.75	29.95	28.65	28.39	26.79	27.56	25.92	25.7
15:00	25.09	26.09	27.72	29.12	30.02	29.12	27.97	27.73	26.14	27.36	25.74	25.53
16:00	24.21	25.3	26.58	28.06	28.95	28.18	27.02	26.92	25.38	26.66	25	24.62
17:00	23.47	24.05	25.15	26.58	27.61	27.03	26.01	25.81	24.27	25.6	23.82	23.4
18:00	21.59	22.52	23.46	24.94	26	25.7	24.72	24.48	23.18	24.2	22.39	21.8
19:00	20.13	20.41	21.84	23.29	24.33	24.4	23.46	23.17	21.98	22.76	20.95	20.21
20:00	18.65	19.42	20.33	21.85	22.79	23.13	22.31	22.37	20.94	21.36	19.53	18.66
21:00	17.26	17.93	18.94	20.53	21.37	21.97	21.22	20.89	20.02	20	18.9	17.33
22:00	16.04	16.76	17.72	19.03	20.09	21.92	20.26	19.94	19.13	18.89	16.95	15.85
23:00	15.02	15.55	16.65	17.8	18.95	20.02	19.44	19.05	18.39	17.71	16.92	14.64

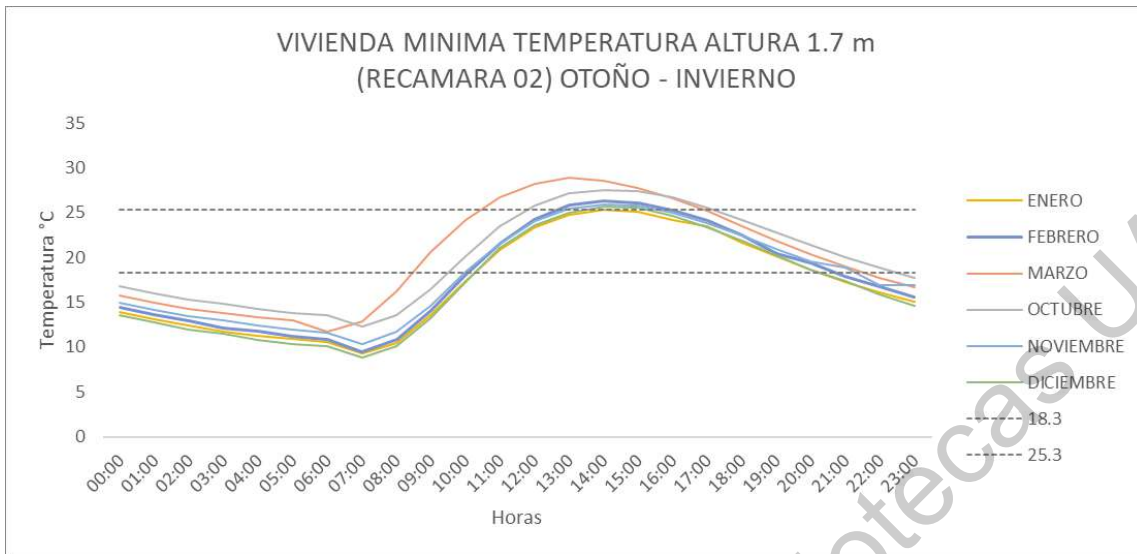


Figura 21 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Otoño - Invierno.

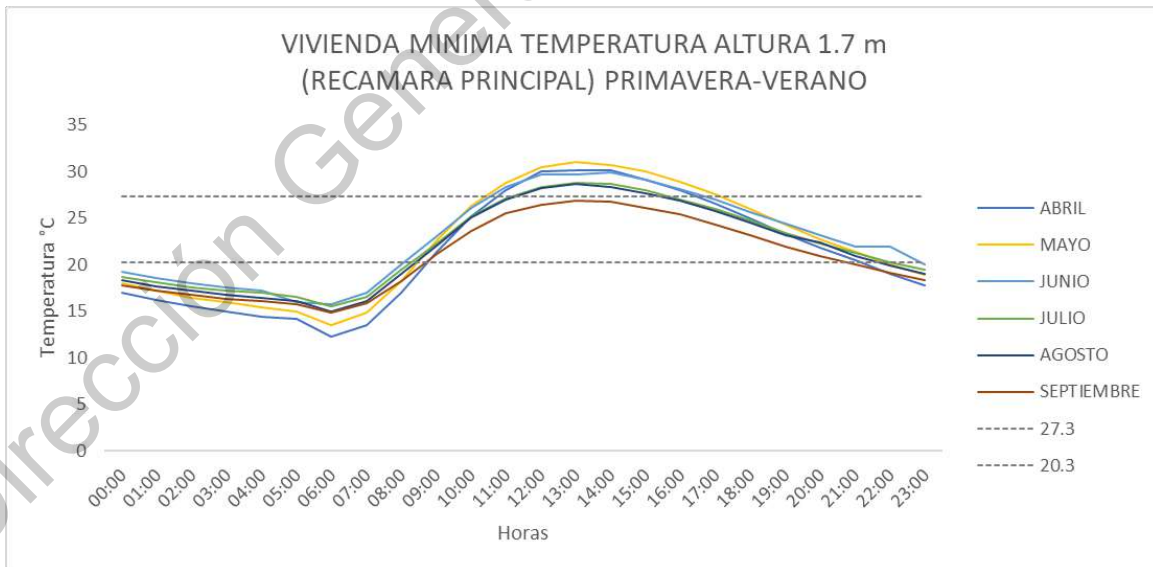


Figura 22 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Primavera-Verano.

Tabla 27 HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02)

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	14	10
FEBRERO	3	14	7
MARZO	6	11	7
ABRIL	8	11	5
MAYO	7	11	6
JUNIO	6	10	8
JULIO	4	11	9
AGOSTO	4	11	9
SEPTIEMBRE	0	12	12
OCTUBRE	6	11	7
NOVIEMBRE	3	12	9
DICIEMBRE	2	14	8

Tabla 28 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 2.3 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (SALA COMEDOR)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
00:00	15.06	15.58	16.71	17.74	19.12	19.83	19.34	19.07	18.52	17.64	16.09	15.05
01:00	14.3	14.91	15.98	17.04	18.39	19.29	18.9	18.47	18.01	16.9	15.31	13.92
02:00	13.85	14.1	15.34	16.39	17.77	18.73	18.4	18	17.63	16.4	14.7	13.29
03:00	13.15	13.67	14.96	15.82	17.32	18.36	18.21	17.6	17.36	15.83	14.13	12.87
04:00	12.68	13	14.57	15.35	16.8	18.02	17.75	17.35	17.06	15.33	13.79	12.23
05:00	14.43	12.81	14.31	14.94	16.44	17.81	17.52	17.13	16.77	15.03	13.37	12.02
06:00	12.28	12.34	13.06	13.6	15.15	16.7	16.5	16.13	15.93	14.71	13.06	11.69
07:00	11.03	11.34	14.11	14.83	16.17	17.68	17.41	17.07	16.81	13.67	11.91	10.44
08:00	12.21	12.43	17.19	17.98	19.3	20.34	19.85	19.48	18.95	14.74	13.15	11.63
09:00	14.9	15.72	20.98	21.76	22.88	23.34	22.6	22.4	21.48	17.37	15.71	14.46
10:00	18.18	18.7	24.26	25.11	26.21	26.31	25.21	25.11	23.88	20.57	19.02	18.1
11:00	21.21	21.92	26.87	27.78	28.57	28.58	27.37	27.22	25.57	23.53	21.88	21.36
12:00	23.48	24.38	28.44	29.23	30.17	29.94	28.74	28.56	26.64	25.8	24.14	23.8
13:00	24.78	25.81	29.2	29.91	30.67	30.54	29.2	29	27.07	27.3	25.5	25
14:00	25.29	26.39	28.85	29.87	30.39	30.3	29.2	28.74	26.93	27.8	26	25.76
15:00	25.13	26.19	27.95	29	29.68	29.62	28.27	28.04	26.24	27.52	25.8	25.56
16:00	24.31	25.34	26.72	27.92	28.7	28.45	27.24	27.16	25.38	26.8	25	24.68
17:00	23.72	24.14	25.15	26.57	27.49	27.2	26.07	25.88	24.38	25.63	23.95	23.58
18:00	21.99	22.78	23.61	25.19	26	25.77	24.75	24.56	23.4	24.27	22.66	22.15
19:00	20.64	20.9	22.51	23.64	24.55	24.5	23.64	23.37	22.32	23	21.41	20.79
20:00	19.35	20.03	20.86	22.26	23.61	23.34	22.57	22.65	21.4	21.75	20.15	19.36
21:00	18.09	18.66	19.59	21	22.08	22.3	21.66	21.35	20.5	20.55	18.22	18.09
22:00	16.97	17.59	18.6	19.8	20.97	21.34	20.75	20.47	19.76	19.45	17.93	16.87
23:00	16.02	16.53	17.59	18.71	19.95	20.57	20.13	19.67	19.12	18.54	15.85	15.79

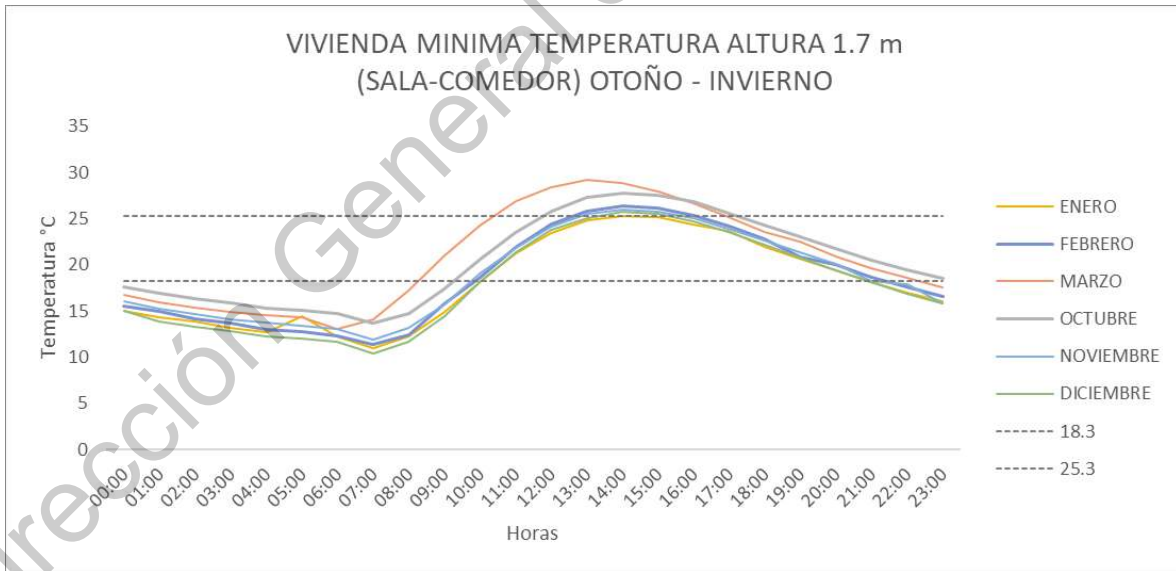


Figura 23 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Otoño - Invierno.

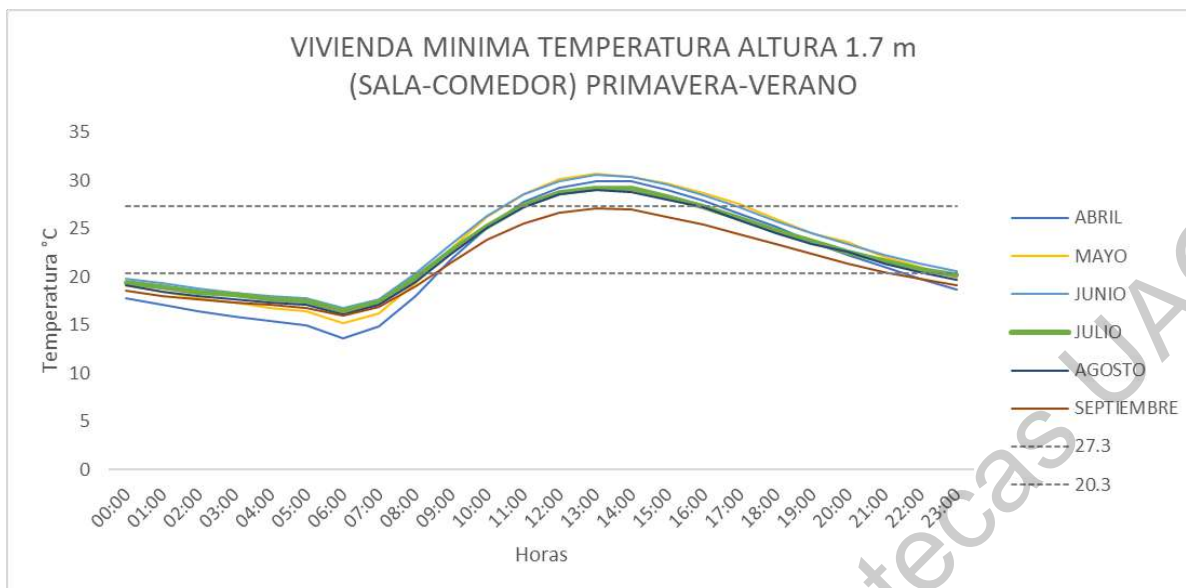


Figura 24 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera-Verano.

Tabla 29 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (SALA-COMEDOR)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	14	14
FEBRERO	4	12	8
MARZO	4	10	8
ABRIL	8	11	5
MAYO	7	9	8
JUNIO	6	8	10
JULIO	5	10	9
AGOSTO	4	10	10
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	10	8
NOVIEMBRE	3	13	8
DICIEMBRE	2	14	8

Tabla 30 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.67 m (RECAMARA PRINCIPAL)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	16.5	16.94	17.94	18.45	20.37	20.61	20.21	19.88	19.48	18.69	16.91	16.1
01:00	15.85	16.51	17.31	18.54	19.12	20.04	19.73	19.45	18.97	18.11	16.34	15.45
02:00	15.42	15.47	16.78	17.73	19.04	19.58	19.29	18.98	18.72	17.59	15.95	14.84
03:00	15	14.9	16.32	17.16	18.56	19.38	18.97	18.62	18.46	17.2	14.63	14.42
04:00	14.18	14.75	15.87	16.88	18.13	19.04	18.4	18.46	18.12	16.65	14.59	14.04
05:00	14.16	14.48	15.73	16.56	17.75	18.42	18.54	18.16	17.69	16.35	15.07	13.83
06:00	14	13.7	14.5	15.44	16.78	17.81	17.7	17.42	17.14	15.22	14.54	13.58
07:00	12.29	13.22	15.67	16.43	17.63	20.28	20	19.61	19.41	15.27	13.74	12.43
08:00	16.64	14.76	19.84	19.03	20.12	21.97	21.54	20.59	21.03	16.69	17.04	16.07
09:00	18.26	18.53	24.4	22.15	23.06	23.94	23.02	23.83	22.62	19.95	18.79	18.18
10:00	20.16	21.02	26.64	25.09	26	26.12	25.19	23.83	23.78	22.08	20.9	20.65
11:00	22.51	22.99	28.06	27.71	28.25	28.18	27	26.91	25.54	23.97	22.87	22.57
12:00	24	24.59	28.66	29.15	29.69	29.43	28.28	28.11	26.72	25.7	24.32	24.2
13:00	24.84	25.72	28.41	29.8	30.22	29.91	28.65	28.51	26.78	27.01	25.41	25.15
14:00	25.26	26.4	28.16	29.5	30.03	29.68	28.49	28.21	26.7	27.46	25.93	25.67
15:00	25.09	26.03	27.61	28.76	29.38	29.01	27.84	27.36	26.28	27.4	25.7	25.47
16:00	24.52	25.28	26.49	27.77	28.43	28.06	26.95	26.8	25.49	26.6	25.02	24.75
17:00	23.81	24.29	25.14	26.57	27.32	26.97	25.94	25.76	24.59	25.54	24.25	24.11
18:00	22.36	23.09	23.81	25.36	25.96	25.67	24.82	24.71	23.94	24.38	23	22.54
19:00	21.23	21.86	22.59	24.12	24.77	24.55	23.82	23.61	22.7	23.14	21.57	21.38
20:00	20.08	20.7	21.35	22.88	23.74	23.57	22.95	22.66	21.87	22.17	20.77	20
21:00	18.96	19.51	20.32	21.92	22.75	22.69	22.13	21.67	21.17	21.2	19.5	19.07
22:00	18	18.61	19.46	20.88	21.8	21.87	21.4	21	20.55	20.29	18.78	18.04
23:00	16.92	17.72	18.59	19.2	20.88	21.23	20.77	20.48	19.96	19.43	17.95	17.07

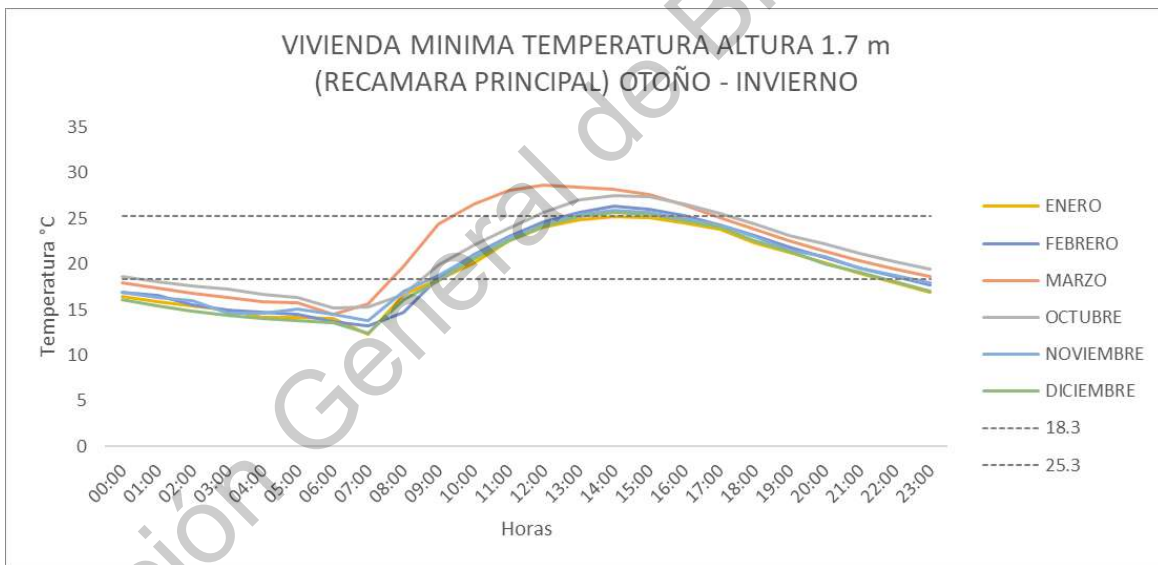


Figura 25 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Otoño-Invierno.

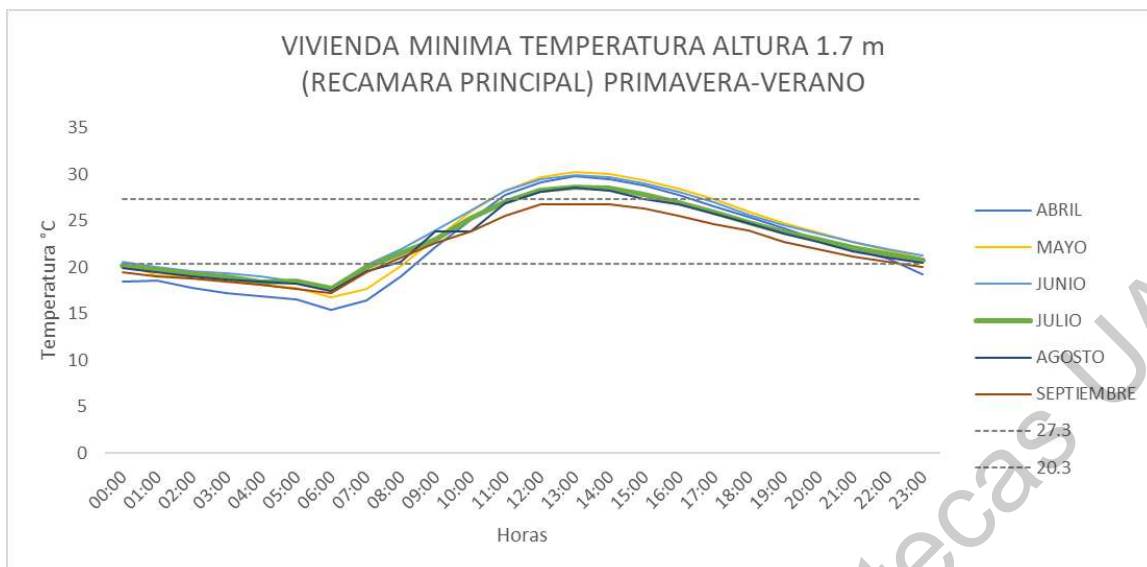


Figura 26 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara principal – Primavera -Verano.

Tabla 31 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Principal.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA PRINCIPAL)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	12	12
FEBRERO	3	10	11
MARZO	7	8	9
ABRIL	6	10	8
MAYO	6	8	10
JUNIO	6	7	11
JULIO	4	8	12
AGOSTO	4	8	12
SEPTIEMBRE	0	9	15
OCTUBRE	6	9	9
NOVIEMBRE	3	10	11
DICIEMBRE	2	12	10

Tabla 32 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.67 m (RECAMARA 02)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	14.69	15.24	16.48	17.45	19.49	19.6	19.21	18.84	18.26	18.26	15.67	14.5
01:00	13.81	14.31	15.55	17.05	18.26	19.09	18.57	18.27	18.62	16.69	14.87	13.49
02:00	14.36	13.59	14.95	16.4	18.21	18.59	18.2	17.8	17.28	16.04	14.23	13
03:00	12.66	12.85	14.53	15.82	17.73	18.18	17.82	17.38	17.04	15.48	13.66	12.32
04:00	12.14	12.6	14.19	15.31	17.3	17.74	17.47	17.9	16.66	15.1	13.33	11.83
05:00	11.64	12.3	13.86	15.81	16.94	17.51	17.18	16.83	16.32	14.69	12.85	11.51
06:00	11.46	12	12.59	13.58	15.58	16.36	16.24	15.7	15.57	14.32	12.68	11.1
07:00	10.48	10.75	13.77	15.38	16.75	17.91	17.67	17.31	17.01	13.31	11.42	9.79
08:00	12.32	12.64	17.43	18.33	19.49	20.43	19.92	19.63	18.96	14.93	13.39	11.96
09:00	16.11	15.43	24.19	21.87	22.89	23.39	21.96	21.47	21.58	17.52	15.92	14.8
10:00	17.27	18.9	26.28	25.03	25.8	25.79	25.17	22.39	23.78	20.73	19.11	18.3
11:00	21.23	22.02	27.16	27.51	27.8	27.22	26.46	26.41	25.42	23.59	21.97	21.43
12:00	23.68	24.36	28.46	28.87	29.09	28.14	27.13	27.6	26.13	25.52	24.17	23.78
13:00	24.78	25.5	28.02	29.52	29.55	28.29	27.48	27.42	26.5	26.4	25.28	25.1
14:00	25.18	26.03	27.58	29.11	29.45	28.97	27.44	27.67	26.2	26.81	25.8	25.44
15:00	25.09	25.72	26.81	28.41	28.86	27.77	26.9	26.86	25.9	26.9	25.47	25.33
16:00	24.35	25.2	26.08	27.57	28.07	27.55	26.33	26.52	25.33	26.1	25	24.69
17:00	23.33	24	25.07	26.54	27.14	26.86	25.45	25.71	24.36	25.39	23.98	23.6
18:00	21.86	22.66	23.57	25.25	25.96	25.46	24.76	24.55	23.42	24.24	22.55	22.01
19:00	20.46	21.23	22.09	23.63	24.62	24.45	23.59	23.31	22.18	22.94	21.22	20.59
20:00	19.14	19.84	20.63	22.43	23.41	23.25	22.49	22.21	21.27	21.58	19.9	19.14
21:00	18.57	18.47	19.44	21.27	22.28	22.18	21.5	21.17	20.38	20.43	18.73	17.78
22:00	16.6	17.31	18.31	20.21	21.22	21.25	20.62	20.27	19.59	19.29	17.59	16.52
23:00	15.45	17.19	17.31	19.94	20.3	20.39	19.83	19.4	18.9	18.32	16.5	15.34

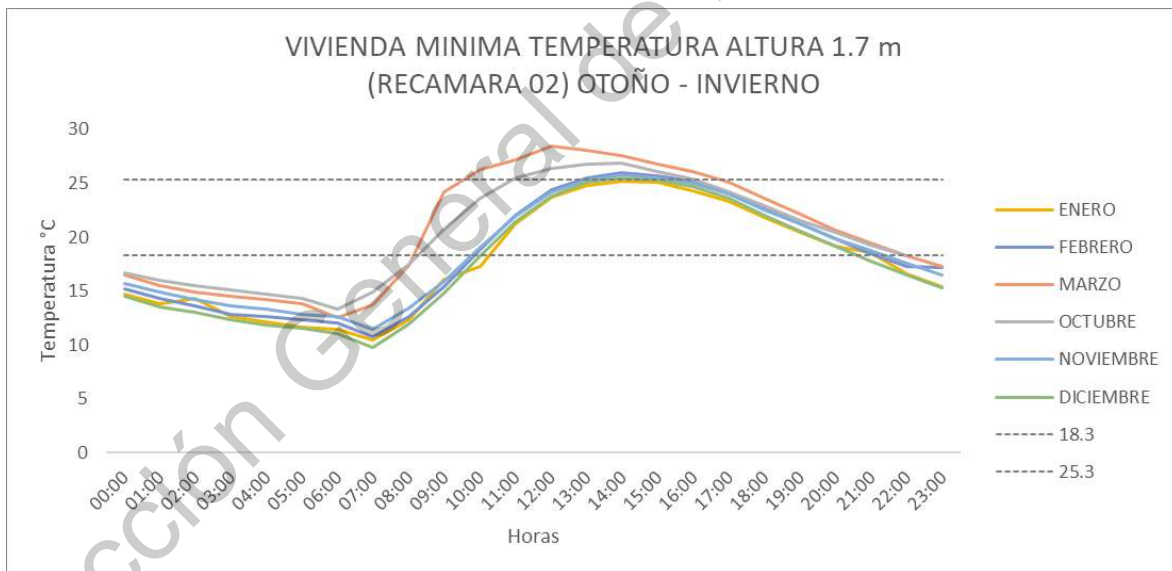


Figura 27 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Otoño - Invierno.

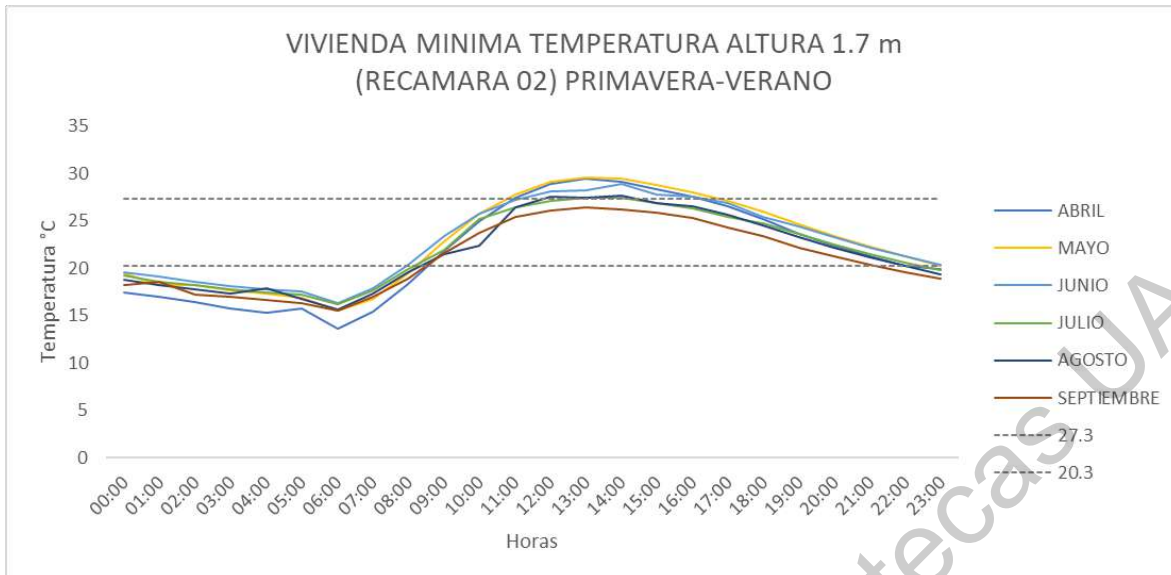


Figura 28 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara secundaria – Primavera - Verano.

Tabla 33 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Secundaria.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	13	11
FEBRERO	3	12	9
MARZO	6	10	8
ABRIL	6	10	8
MAYO	6	9	9
JUNIO	5	8	11
JULIO	2	10	12
AGOSTO	3	11	10
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	10	8
NOVIEMBRE	2	12	10
DICIEMBRE	2	13	9

Tabla 34 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 2.7 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.67 m (SALA COMEDOR)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	16.09	16.27	17.47	18.51	19.88	20.3	19.86	19.54	19.06	17.45	16.37	15.32
01:00	15.02	15.33	16.95	18.37	18.67	19.81	19.26	19.09	17.65	17.42	15.79	14.45
02:00	13.22	14.82	16.07	17.53	18.61	19.39	18.91	18.45	18.16	16.87	12.12	14.15
03:00	14.19	14.15	15.64	16.83	18.04	18.81	18.62	18.3	17.88	16.73	14.03	13.34
04:00	13.45	14.08	15.3	16.47	17.74	18.49	18.15	17.09	17.6	16.01	14.17	12.99
05:00	13.31	13.66	15.2	15.89	17.17	18.06	18.05	17.72	17.36	15.83	13.95	12.68
06:00	12.93	13.27	14.36	14.75	16.12	17.34	16.97	16.87	16.66	14.5	13.76	12.35
07:00	11.6	12.4	15.11	15.88	17.14	19.14	18.91	18.59	18.36	14.58	12.65	11.36
08:00	14.55	13.03	18.52	18.56	19.75	21.26	20.9	18.88	20.12	15.77	15.36	14.22
09:00	16.84	17.16	24.26	21.98	23	23.65	22.49	23.3	22.2	18.85	17.44	16.54
10:00	19.56	19.97	26.34	25.01	25.97	25.93	25.18	24.96	23.78	21.5	20.15	19.44
11:00	21.94	22.53	27.53	27.43	28.08	27.64	26.73	26.61	25.48	23.83	22.52	22.03
12:00	23.78	24.49	28.5	28.74	29.39	28.78	27.74	27.22	26.41	25.67	24.17	24.01
13:00	24.82	25.6	28.35	29.32	29.98	28.29	28.08	27.93	26.78	26.68	25.34	25.13
14:00	25.22	26.22	28.2	29.39	29.8	29.53	27.92	27.37	26.44	27.09	25.9	25.44
15:00	25.09	25.89	27.17	28.59	29.19	28.34	27.4	27.18	26.07	27.16	25.6	25.33
16:00	24.48	25.25	26.26	27.7	28.35	28	26.63	26.77	25.47	26.34	25	24.72
17:00	23.48	24.16	25.14	26.54	27.25	26.9	25.72	25.75	24.49	25.47	24.07	23.88
18:00	22.13	22.98	23.71	25.34	25.96	25.56	24.8	24.64	23.74	24.32	22.81	22.32
19:00	20.89	21.65	22.38	23.96	24.71	24.51	23.73	23.5	22.53	22.94	21.51	20.96
20:00	19.85	20.33	21.17	22.69	23.57	23.45	22.73	22.52	21.64	22.02	20.37	19.64
21:00	17.9	19.09	19.97	21.66	22.43	22.49	21.88	21.51	20.86	20.81	18.93	18.37
22:00	17.48	18.08	19.02	20.55	21.46	21.62	21.11	20.7	20.12	19.84	18.19	17.27
23:00	16.23	16.19	18.14	19.59	20.58	20.94	20.44	20.1	19.48	18.92	17.3	16.27

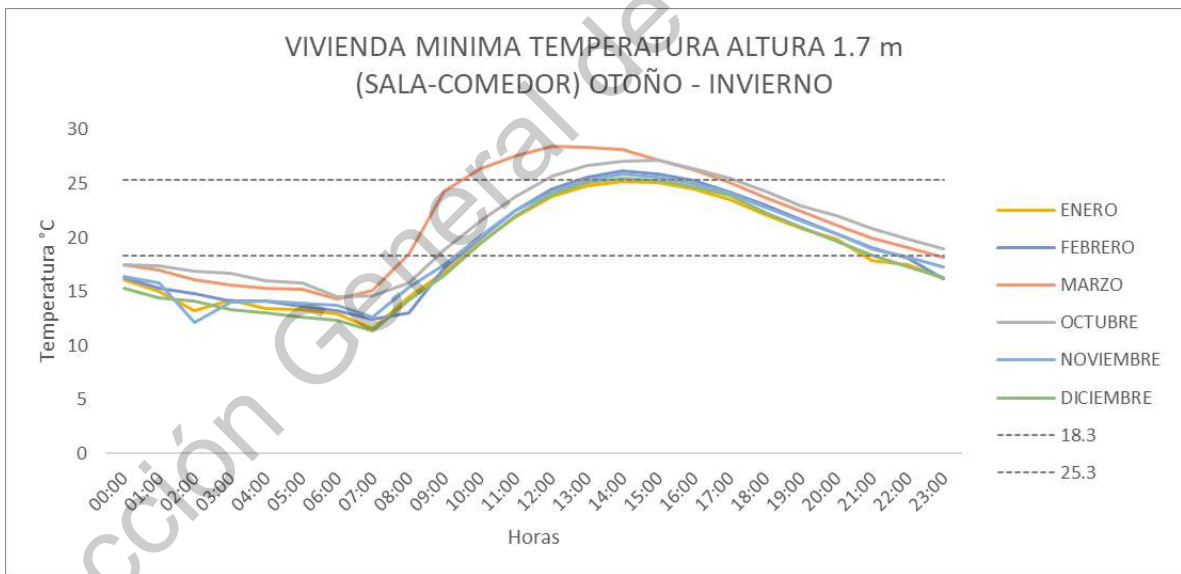


Figura 29 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor– Otoño - Invierno.

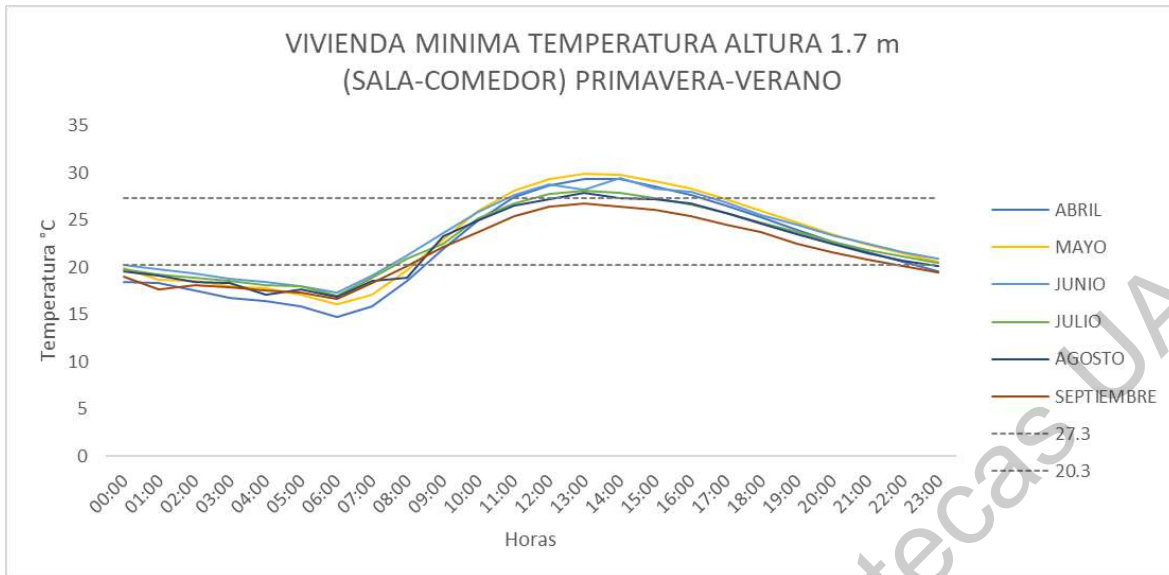


Figura 30 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera - Verano.

Tabla 35 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (SALA-COMEDOR)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	13	11
FEBRERO	3	12	9
MARZO	7	9	8
ABRIL	6	10	8
MAYO	6	9	9
JUNIO	6	7	10
JULIO	4	8	12
AGOSTO	2	10	12
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	11	7
NOVIEMBRE	3	12	9
DICIEMBRE	2	12	10

Tabla 36 Temperatura interna de la recamara principal a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (RECAMARA PRINCIPAL)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	16.81	16.93	17.88	18.31	20.25	20.62	20.21	19.9	19.4	18.67	17.2	16.37
01:00	16.07	16.18	17.4	18.36	19.64	20.09	19.7	19.43	19.02	18.1	16.65	15.66
02:00	15.39	15.67	16.87	17.8	19	19.24	19.38	19.05	18.64	17.55	16.02	15.02
03:00	14.97	15.28	16.23	17.25	18.41	19.39	19.04	18.73	18.68	17.11	15.6	14.53
04:00	14.58	14.73	16.12	16.9	18.15	19.08	18.8	18.39	18.14	16.73	15.35	14.19
05:00	14.17	14.39	15.83	16.43	17.8	18.84	18.58	18.22	17.72	16.43	15.08	13.87
06:00	14.06	14.19	14.65	15.28	16.76	17.92	17.85	17.35	17.07	16.26	14.6	13.54
07:00	12.98	13.13	15.63	16.37	17.61	19.75	18.54	18.06	17.81	15.39	13.85	12.39
08:00	13.38	14.12	18.28	19.01	20.12	21.03	20.52	20.19	19.63	16.15	14.54	13.4
09:00	16.2	16.59	21.35	22.13	23.05	23.56	22.93	22.76	21.99	18.45	17.02	15.8
10:00	19.05	19.59	24.36	25.13	26.05	26.05	25.19	25.1	23.91	21.22	19.58	18.81
11:00	21.76	22.35	26.7	27.52	28.26	28.06	26.99	26.85	25.45	23.74	22.3	21.76
12:00	23.66	24.46	28.2	28.92	29.67	30.21	28	27.97	26.36	25.66	24.23	23.83
13:00	24.8	25.74	28.78	29.54	30.24	30.34	28.53	28.37	26.72	26.92	25.39	25.17
14:00	25.24	26.28	28.55	29.51	30.03	29.52	28.32	28.11	26.65	27.97	26.1	25.63
15:00	25.11	26.02	27.73	28.77	29.35	28.83	27.73	27.45	26.05	27.13	25.66	25.45
16:00	24.45	25.29	26.83	27.75	28.42	27.93	26.88	26.76	25.35	26.68	25	24.75
17:00	23.53	24.24	25.16	26.54	27.41	26.88	25.93	25.75	24.71	25.54	24.09	23.74
18:00	22.4	23.08	23.81	25.42	25.96	25.64	24.79	24.61	23.59	24.4	23.01	22.56
19:00	21.24	21.89	22.6	24.1	24.77	24.42	23.82	23.62	22.7	23.31	21.93	21.32
20:00	20.16	20.71	21.44	22.94	23.74	22.97	22.94	22.71	21.91	22.2	20.85	20.15
21:00	18.9	19.61	20.39	21.9	22.74	22.49	22.09	21.84	21.15	21.14	19.73	18.87
22:00	18.19	18.67	19.45	20.88	21.81	21.6	21.4	21.1	20.51	20.27	18.91	18
23:00	17.21	17.71	18.66	19.93	20.97	21.23	20.77	20.43	19.93	19.51	17.49	17.09

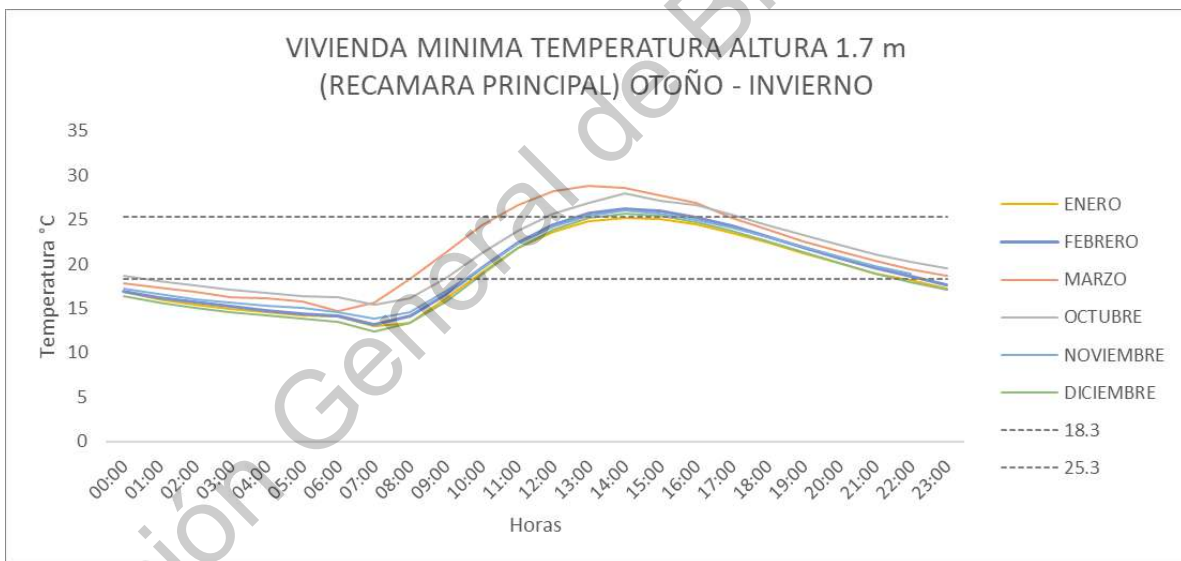


Figura 31 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Principal– Otoño - Invierno.

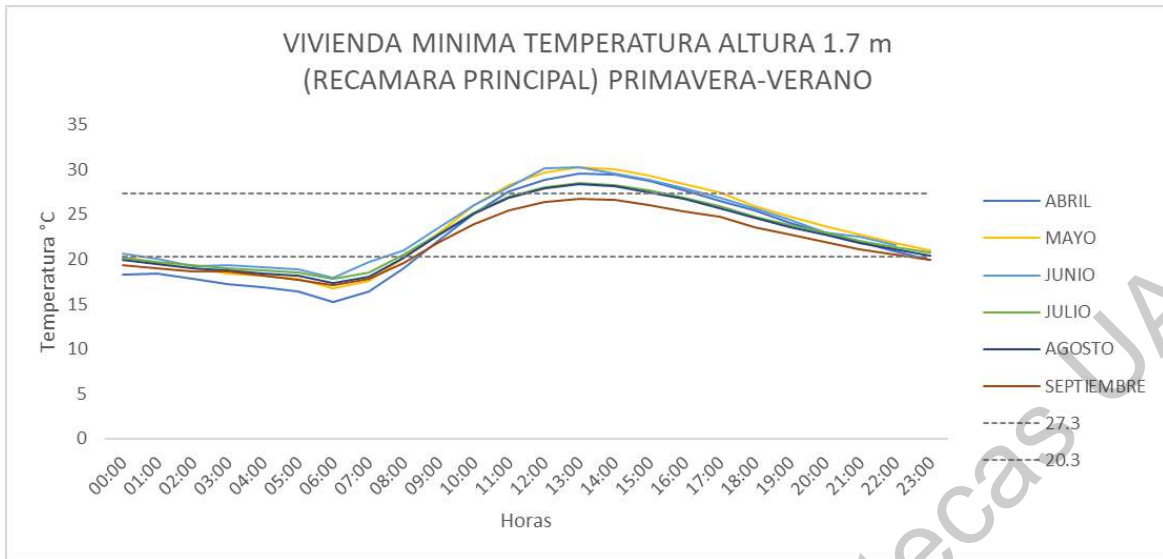


Figura 32 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Principal – Primavera - Verano.

Tabla 37 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Principal

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA PRINCIPAL)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	12	12
FEBRERO	3	11	10
MARZO	6	8	10
ABRIL	6	10	8
MAYO	7	9	8
JUNIO	6	7	11
JULIO	4	8	12
AGOSTO	5	8	11
SEPTIEMBRE	0	10	14
OCTUBRE	6	8	10
NOVIEMBRE	3	12	9
DICIEMBRE	2	12	10

Tabla 38 Temperatura interna de la recamara secundaria a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (RECAMARA 02)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	15.13	15.43	16.62	18.24	19.5	19.73	19.32	18.97	18.49	17.55	15.86	14.76
01:00	14.46	14.64	15.91	17.63	18.87	19.2	18.75	18.4	17.96	16.84	15.04	13.87
02:00	13.41	13.91	15.34	16.92	18.22	18.69	18.23	17.94	17.58	16.13	14.46	13.2
03:00	13.06	13.36	14.43	16.28	17.68	18.27	17.97	17.53	17.52	15.71	13.83	12.66
04:00	12.49	12.89	14.45	16.36	17.3	17.92	17.55	17.15	16.83	15.32	13.61	12.15
05:00	12.2	12.32	14.2	15.5	16.93	17.7	17.32	17.02	16.74	14.88	13.23	11.71
06:00	12.01	12.06	12.97	14.28	15.75	16.72	16.53	16.01	15.9	14.6	12.89	11.41
07:00	10.77	11.06	13.94	15.37	16.79	18.33	17.91	17.67	17.28	13.5	11.56	10.18
08:00	13.26	12.17	16.93	18.32	19.55	20.69	20.24	19.77	19.31	15.26	13.98	12.32
09:00	14.6	15.07	20.88	21.88	22.9	23.42	22.76	22.59	21.69	17.86	15.49	15.31
10:00	18	18.61	24.22	24.94	25.83	25.96	25.17	25.04	23.8	20.95	19.41	18.63
11:00	21.15	21.89	26.46	27.21	27.84	27.93	26.87	26.71	25.45	23.63	22.15	21.6
12:00	23.44	24.33	27.73	28.43	29.19	29.18	28	27.86	26.02	25.66	24.13	23.25
13:00	24.76	25.64	28.25	28.98	29.62	29.66	28.34	28.37	26.6	26.83	25.37	25.15
14:00	25.24	26.1	28.12	29.04	29.49	29.23	28.17	27.97	26.56	27.34	25.83	25.44
15:00	25.08	25.95	27.47	28.42	28.88	28.58	27.61	27.3	25.97	27.07	25.66	25.45
16:00	24.38	25.27	26.36	27.58	28.1	27.8	26.73	26.71	25.31	26.43	25	24.7
17:00	23.42	24.1	25.12	26.52	27.3	26.77	25.88	25.69	24.4	25.5	24.01	23.67
18:00	21.94	22.72	23.6	25.25	25.95	25.59	24.77	24.57	23.46	24.27	22.65	22.09
19:00	20.6	21.28	22.13	23.84	24.63	24.46	23.61	23.37	22.31	22.96	21.35	20.7
20:00	19.28	19.95	20.75	22.47	23.43	22.6	22.53	22.26	21.35	21.71	20.07	19.23
21:00	17.97	18.63	19.57	21.3	22.3	22.08	21.56	21.3	20.47	20.44	18.86	17.94
22:00	16.9	17.41	18.41	20.32	21.26	21.1	20.68	20.4	19.7	19.44	17.8	16.75
23:00	15.82	16.35	17.37	19.21	20.3	20.47	19.95	19.65	19.06	18.38	15.73	15.53

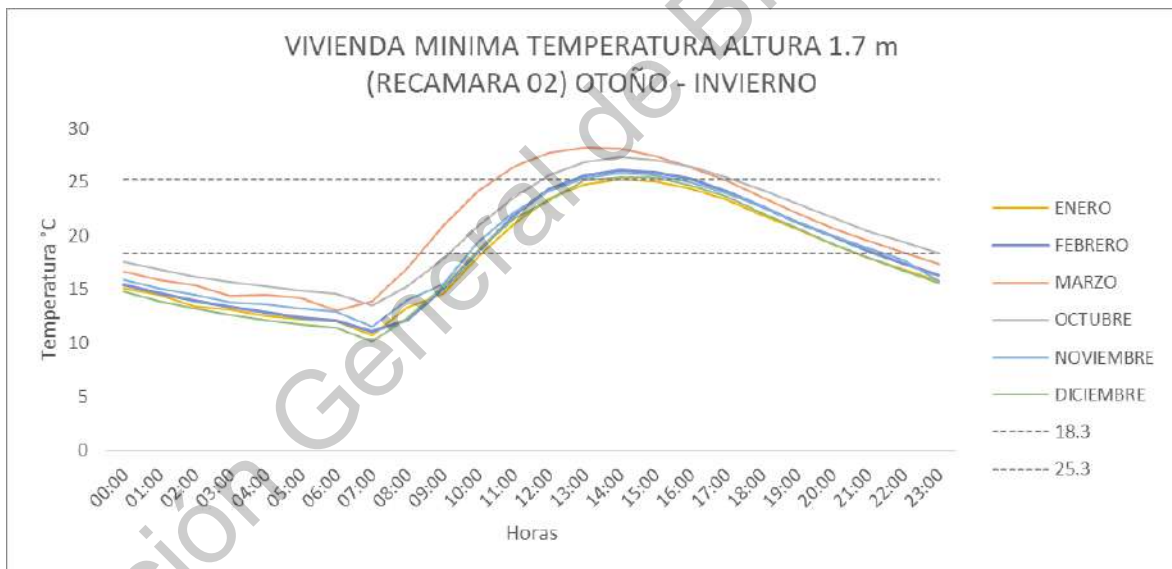


Figura 33 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Secundaria– Otoño - Invierno.

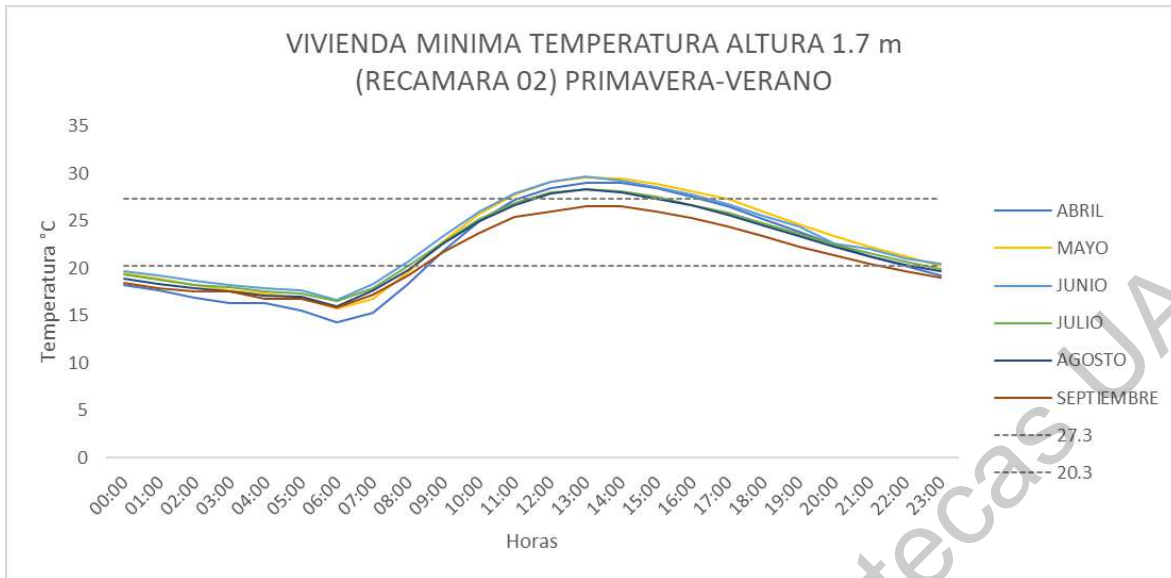


Figura 34 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Recamara Secundaria – Primavera - Verano.

Tabla 39 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Recamara Secundaria

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	14	10
FEBRERO	3	12	9
MARZO	6	10	8
ABRIL	5	10	9
MAYO	6	9	9
JUNIO	6	8	10
JULIO	4	10	10
AGOSTO	3	10	11
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	10	8
NOVIEMBRE	3	12	9
DICIEMBRE	2	12	10

Tabla 40 Temperatura interna de la sala comedor a 1.67 m de altura, vivienda con 3.0 m de altura.

VIVIENDA MINIMA TEMPERATURA ALTURA 1.7 m (SALA COMEDOR)												
HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
00:00	16.07	16.26	17.38	18.53	19.82	20.26	19.85	19.5	19.03	18.22	16.7	15.5
01:00	15.38	15.54	16.73	17.97	19.14	19.69	19.34	18.97	18.56	17.56	16.04	14.86
02:00	14.57	14.94	16.17	17.27	18.55	18.72	18.9	18.56	18.19	17	15.45	14.24
03:00	14.15	14.41	15.78	16.77	18.06	18.83	18.57	18.2	18.23	16.56	14.97	13.74
04:00	13.7	13.93	15.35	16.34	17.63	18.57	18.3	17.86	17.65	16.15	14.54	13.34
05:00	13.42	13.61	15.14	14.9	17.26	18.33	18.02	17.67	17.46	15.81	14.19	12.9
06:00	13.08	13.27	13.99	14.75	16.13	17.45	17.26	16.78	16.61	15.55	13.97	12.57
07:00	12.08	12.18	14.98	15.8	17.12	18.74	18.08	17.67	17.49	14.52	12.95	11.47
08:00	13.3	13.43	17.75	18.62	19.81	20.71	20.25	19.95	19.43	15.53	14.04	12.62
09:00	15.68	15.92	21.3	22.01	23	23.48	22.79	22.63	21.81	17.97	16.4	15.36
10:00	18.78	19.35	24.32	25	25.94	26.02	25.18	25.09	23.85	20.96	19.44	18.65
11:00	21.51	22.18	26.55	27.37	28.06	28.03	26.95	26.84	25.45	23.66	22.16	21.63
12:00	23.61	24.43	27.93	28.7	29.46	29.25	28	27.94	26.29	25.66	24.2	23.3
13:00	24.79	25.69	28.51	29.28	29.94	29.69	28.48	28.37	26.71	26.92	25.39	25.17
14:00	25.24	26.19	28.28	29.35	29.77	29.5	28.28	28.1	26.61	27.36	25.86	25.6
15:00	25.11	25.99	27.51	28.62	29.11	28.81	27.71	27.42	26.04	27.11	25.66	25.45
16:00	24.4	25.29	26.47	27.68	28.3	27.9	26.86	26.73	25.33	26.54	25	24.75
17:00	23.45	24.22	25.16	26.54	26.92	26.86	25.88	25.7	24.66	25.51	24.09	23.7
18:00	22.2	22.94	23.71	25.34	25.96	25.64	24.77	24.59	23.51	24.33	22.86	22.38
19:00	21	21.65	22.39	23.94	24.69	24.51	23.73	23.5	22.51	23.15	21.66	21.06
20:00	19.78	20.38	21.14	22.7	23.55	22.8	22.76	22.51	21.66	22	20.49	19.75
21:00	18.67	19.16	20.02	21.55	22.51	22.27	21.9	21.62	20.86	20.93	19.38	18.54
22:00	17.62	18.06	19.01	20.5	21.48	21.34	21.1	20.82	20.16	19.87	18.39	17.44
23:00	16.69	17.12	18.13	19.53	20.62	20.89	20.4	20.11	19.53	18.98	16.76	16.47

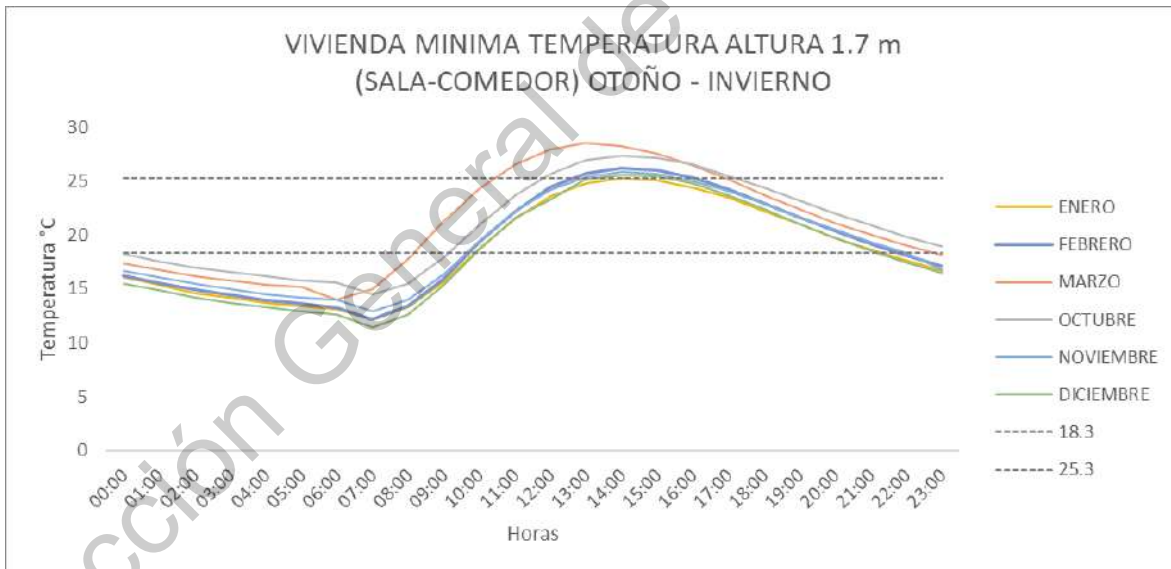


Figura 35 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor– Otoño - Invierno.

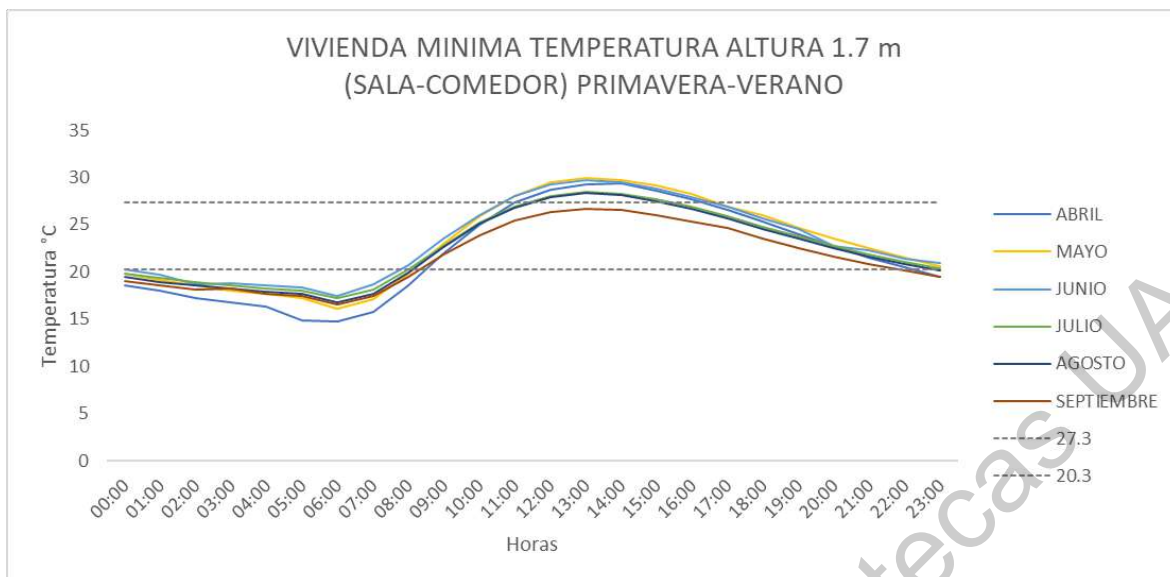


Figura 36 Temperatura interna a 1.67 metros de altura – Sala/Comedor – Primavera - Verano.

Tabla 41 Horas totales de las temperaturas horarias mensuales – Sala/Comedor.

HORAS TOTALES DE LAS TEMPERATURAS HORARIAS POR CADA MES (RECAMARA 02)

MES	CALOR	FRÍO	CONFORT
ENERO	0	13	11
FEBRERO	3	12	9
MARZO	6	10	8
ABRIL	6	10	8
MAYO	6	9	9
JUNIO	6	8	10
JULIO	4	9	11
AGOSTO	4	9	11
SEPTIEMBRE	0	11	13
OCTUBRE	6	10	8
NOVIEMBRE	3	11	10
DICIEMBRE	2	12	10

Por otra parte se realizó las mediciones de una vivienda con características similares para poder observar el comportamiento térmico de la misma, en el cual se tomaron fotografías infrarrojas para ver la variación de la temperatura en la losa de concreto, durante todo un día en el mes de marzo. Dichas fotografías se tomaron en el mismo lugar a una distancia de 2.5 metros de la fachada, ya que permitía centrar la medición en un solo espacio, siendo esta en la sala comedor.

Cabe resaltar que como se muestra en la gráfica de la Figura 36 los resultados de la instrumentación refleja el mismo comportamiento que la simulación; es decir que la temperatura exterior en una vivienda con las dimensiones mínimas tiene una mayor dependencia, en donde la temperatura interior está totalmente influenciada por la temperatura exterior, con una alta correlación. En dicha gráfica se puede apreciar a través de las curvas la gran similitud entre ellas.

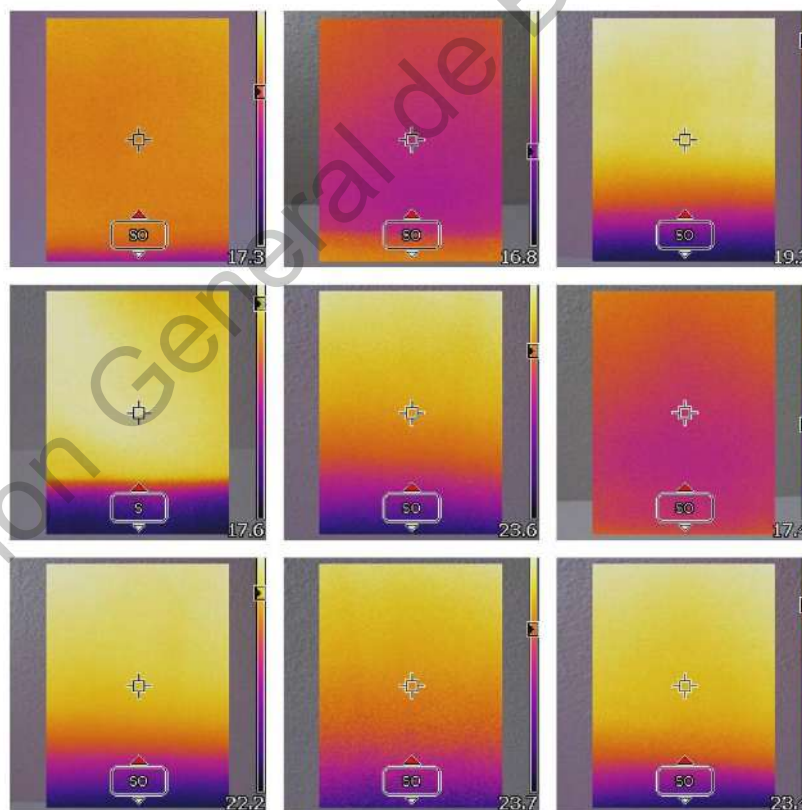


Figura 37 Fotos Térmicas con cámara infrarroja marca FLUKE

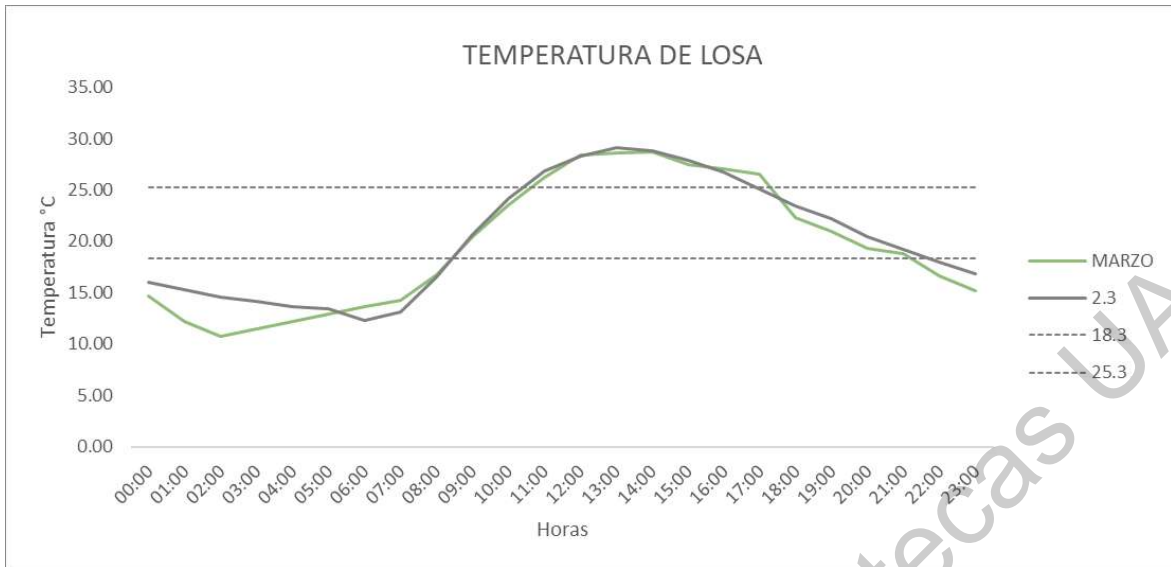


Figura 38 Comparativa de temperatura interna medida y modelada en marzo.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

CONCLUSIONES

Este trabajo de simulación resaltó la importancia de estudiar la variación de la temperatura durante todo el día y a lo largo de todo el año para tener una mejor precisión de la variabilidad y efectos de la temperatura sobre la vivienda, a diferencia de algunos trabajos que se han realizado, similares a este, en el cual se han limitado al estudio exclusivamente a las horas y/o días críticos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo de simulación se pudo observar que mientras más reducido se encuentre un espacio habitacional, mayor es su influencia y dependencia de la variación de la temperatura exterior, caso contrario entre más amplia se la superficie expuesta es menor la influencia, sin embargo tiende a disminuir las horas cálidas y aumentar las horas que se perciben como frías, es por ello que se buscó la dimensión adecuada a las necesidades requeridas por el ser humano para su habitabilidad y confort.

Se pudo observar que en una altura de 2.70 m en una vivienda de concreto la temperatura interna se vio favorecida, ya que se pudo demostrar que el aire interno mantiene cierta temperatura sin mucha variación entre los 18.3 °C a 27.3 °C, cabe destacar que mientras más alejado se encuentre de esta geometría y altura mayor será su variación.

También se puede observar con base en la simulación que ciertos espacios fueron más favorecidos en horas de confort que otros, de acuerdo a su orientación como lo fue la habitación principal y la sala comedor.

Gracias a los resultados de este trabajo se está proponiendo una metodología que toma en cuenta la geometría, los materiales utilizados, la distribución, la topografía, la orientación y el clima de la región para propiciar y proponer espacios ajustados a la mayor cantidad de horas confortables.

Por último, como parte de la contribución de este trabajo permite generar estrategia de la manipulación de la temperatura al interior de los espacios a conveniencia del usuario, siendo esta de mayor precisión, ya que se conoce la tendencia de la variación de las temperaturas durante todo el día y el año.

En esta investigación puede continuarse trabajando la inclusión de nuevos materiales que permitan conocer otros nuevos escenarios de la propagación de la temperatura en el interior de la vivienda, así como poder incluir más variables en el modelo que en esta investigación no pudieron ser incluidas, como la ventilación, la humedad, el efecto de la temperatura del ser humano en el ambiente, el efecto de la presencia del mobiliario, por mencionar algunas mejoras que se pueden realizar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alderete Herrera, Julio Cesar. (2010). VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL. Veracruz, México. Red Universitaria de Urbanismo y Arquitectura.
- [2] Ana C. Barbón Almada, Rafael E. Cabanillas López, Jesús B. Pérez Valenzuela (2007), variación de la resistencia térmica en bloque de concreto hueco para clima extremo (caso invierno y verano), Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).
- [3] A. Di Bernardo, C. Filippín, D. Pipa. (2011). Desempeño térmico-energético de un prototipo demostrativo de vivienda de interés social en Córdoba, Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14, pp. 35-42
- [4] Anteproyecto de norma mexicana, aproc-nmx-c-xxx-onncce-2008 "industria de la construcción - aislamiento térmico – valor "r" para las envolventes en vivienda por zona climática para la república mexicana - especificaciones"
- [5] Berli, Marcelo Eduardo; Brondino, Agustín; Di Paolo, José. (2018). Predicción de la reducción del impacto térmico en un edificio con doble pared. INGENIUS, Revista de Ciencia y Tecnología, pp. 39-47.
- [6] Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (2004), Anteproyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-04 "Eficiencia Energética en Edificaciones, Envoltura de edificios residenciales, Ed. Conae, México.
- [7] Cortés, Portillo, Omar. (2008). Análisis térmico de los sistemas constructivos comunes utilizados en techo y muros en vivienda versus la normatividad oficial en el tema, en los diversos bioclimas de México. México. Tesis para obtener el grado de Maestro en ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [8] De Ignacio Vicens, Guillermo; Soutullo Castro, Silvia; López-Zaldívar, Óscar; Lozano-Díez, Rafael Vicente; Verdú Vázquez, Amparo. Sobre inercia térmica y aislamiento de viviendas en clima cálido-húmedo. ANALES de edificación, Vol. 4, pp. 14-26.

- [9] Ibarra, M. D. C. (2012). *La ecuación de calor de Fourier: resolución mediante métodos de análisis en variable real y en variable compleja*. UTN Facultad Regional Resistencia: II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes, Consultado el, 10, 3.
- [10] Jarque, Leopoldo. (2013). Las viviendas sustentables. Revista El Universal. México. Publicada en: http://blogs.eluniversal.com.mx/weblogs_detalle18465.html
- [11] Martínez Rodríguez, Andrés de Jesús; Díaz Núñez, Verónica Livier. (2018). Vivienda mínima, revisión conceptual y dimensional de la normatividad aplicable en México. Vivienda y comunidades sustentables. Vol. 4, pp. 91-104
- [12] Mayorga Cervantes, J. R. (2005). Modelo holístico para analizar el confort térmico del ser humano dentro de los edificios. México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Arquitectura. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- [13] Mayorga Cervantes, J. R. (2012). *Arquitectura y confort térmico Teoría, cálculo y ejercicios* (Primera edición ed.) Estado de México, México; Plaza y Valdés.
- [14] Morillon Gálvez, David, Atlas de bioclima de México, Instituto de ingeniería UNAM, Primera Edición, México, D.F.
- [15] Morillon, David, (2001), Evaluación y Comparación del Comportamiento Térmico del Concreto Celular, Proyecto No. 1135 para la Empresa Cemex-Concreto, Realizado en el Instituto de Ingeniería-UNAM, p 75, México
- [16] Morillon, David, Guía metodológica para el uso de tecnologías ahorradoras de energía y agua en las viviendas de interés social en México, CONAVI, 2007.
- [17] Pérez, Jesús B.; Cabanillas, Rafael E.; Hinojosa, Jesús F.; Borbón, Ana C. (2010). Estudio Numérico de la Resistencia Térmica en Muros de Bloques de Concreto Hueco con Aislamiento Térmico. Información Tecnológica, Vol. 22(3), pp. 27-38.
- [18] Pérez Sánchez María y Pacheco Couoh Lilia (2006), Comportamiento Térmico de un sistema de techumbre ferrocemento, Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).
- [19] Romero moreno y Ramona Alicia (1998), vivienda en Mexicali, B.C., adecuación ambiental y consumo eléctrico, Memorias de la Semana Nacional de la Energía Solar, (ANES).

- [20] R. Espinoza, G. Saavedra, F. Huaylla, A. Gutarra, J. Molina, R. Barrionuevo, L. Lau. (2009). Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda altoandina del Perú. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13, pp. 204-210.
- [21] Sevilla Godínez, Rosa Elizabeth et al. (2014). La Vivienda y su impacto en la salud. México. *Revista Ciencia*, Octubre-Diciembre.
- [22] Silva Hernández, Abraham y Domínguez Cortázar Miguel Ángel. (2007). Estudio del Comportamiento Térmico de casa habitación típicas de la región. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. México
- [23] Solís Villafaña, Luis Alejandro. (2015). Evaluación del confort térmico de la vivienda rural sustentable en la carbonera, Querétaro. Querétaro, México. Tesis para obtener el grado de Maestría en Tecnología avanzada, Facultad de Ingeniería, Instituto Politécnico Nacional.
- [24] Valera, Adrián. Herrera, Salvador, Normas Técnicas Para Construcción de Viviendas En Climas Extremosos, PAESE-FIDE, Primera Edición, México D.F.
- [25] Vera, Luis h.; Zini , Luciano a.; Caceres , Manuel; firman , Andres; Busso, arturo. (2018). Simulación del comportamiento térmico de un prototipo habitacional. *Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica*, vol. 4, pp. 317-331
- [26] Gálvez, D. M. (2008) Habitabilidad térmica en la vivienda.“. In V Simposio Nacional de Ingeniería Estructural en la Vivienda.
- [27] Gimeno, B., Aranda, J., Zambrana, D., Conserva, A., López, P., & Albiac, F. (2018). Evaluación de la sostenibilidad en la rehabilitación energética de vivienda social en países mediterráneos= Evaluation of sustainability in the energy rehabilitation of social housing in Mediterranean countries. *Anales de Edificación*, 4(2), 82-89.
- [28] Humanos, D. (2016). Declaración universal de derechos humanos. Inmanencia. *Revista del Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) Eva Perón*, 4(2).
- [29] Ibarra, M. D. C. (2012). La ecuación de calor de Fourier: resolución mediante métodos de análisis en variable real y en variable compleja. UTN Facultad Regional

Resistencia: II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes, Consultado el, 10, 3.

[30] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. Pearson Educación.

[31] Filippín, C., & Larsen, F. (2006). Comportamiento energético de verano de una vivienda convencional en la región central de Argentina. *Opción*, 1, 2.

[32] Larsen, S. F., & Lesino, G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 15-24.

[33] Lillo Castaños, A. (2019). Origen y meta de las AKTIVHAUS. El futuro de la arquitectura bioclimática (Doctoral dissertation).

[34] López, A. E. Á., Castro, G. A. O., & González, C. E. Á. (2018). Comportamiento de la dimensión ambiental y energética de los municipios participantes del Proyecto Hábitat 2. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(2), 72-84.

[35] Mazzocco, M. P., Filippín, C., Sulaiman, H., & Larsen, S. F. (2018). Performance energética de una vivienda social en Argentina y su rehabilitación basada en simulación térmica. *Ambiente Construido*, 18(4), 215-235.

[36] Mercado, M. V., Esteves, A., & Filippín, C. (2010). Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. *Ambiente Construido*, 10(2), 87-100.

[37] NOM-020-ENER-2011. Eficiencia energética en edificaciones.- envolvente de edificios para uso habitacional. *Diario Oficial de los Estados Unidos Mexicanos*, 9 de agosto de 2011.

[38] Rodríguez, a. D. J. M., & Díaz, v. L. (2018). Vivienda mínima, evolución del concepto y revisión de la normatividad aplicable a México. *Vivienda y comunidades sustentables*, (4), 91-104.

[39] Ruiz-Pardo, Á. (2009). Ahorro energético mediante el uso de elementos de doble envolvente transparente-opaco.

[40] RUIZ, A. G. (2019). Optimización de espacios en viviendas de interés social.

[41] Sarzosa, H. M. M. (2007). *Inercia térmica en viviendas* (Doctoral dissertation, Universidad de Chile).

[42] Vera, L. H., Zini, L. A., Cáceres, M., Firman, A., & Busso, A. (2018). Simulación del comportamiento térmico de un prototipo habitacional. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 4, 317-331.

[43] Vivens, G. D. I., Castro, S. S., López-Zaldivar, O., Lozano-Diez, R. V., & Vázquez, A. V. (2018). Sobre inercia térmica y aislamiento de viviendas en clima cálido-húmedo= On thermal inertia and insulation of buildings in warm-humid climate. *Anales de Edificación*, 4(1), 14-26.

[44] Yunus, a., çengel, a. B., & michel, a. (2012). *Termodinámica*. 5a edición. *Editorial mc graw hill*.

DIRECCIONES DE INTERNET Y BASE DE DATOS:

www.conae.gob.mx

www.conavi.org.mx

www.sie.energia.gob.mx

www.inegi.gob.mx

www.infonavit.org.mx/

www.rae.es/

www.ahorroenergia.org.mx