

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO Y ARTES

MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE DOS VIVIENDAS
RURALES EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO – CASO CHAMANGA**

MIROSLAVA GARZÓN MONAR

DIRECTORA:

Mrt. Arq. SYLVIA JIMÉNEZ RIOFRÍO

Quito – 2019

ECUADOR

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE FIGURAS:	iii
INDICE DE TABLAS:	vi
RESUMEN.	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES.....	1
1.1 Problemática.....	2
1.2 Pertinencia de la investigación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Metodología:	3
1.4.1 Zonificación climática del sitio seleccionado.....	4
1.4.2 Recolección de datos	4
1.4.3 Evaluación in-situ.....	4
1.4.4 Modelaciones digitales.	4
1.4.5 Análisis de resultados.	5
1.4.6 Conclusiones y recomendaciones.....	5
CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1 Vivienda Rural	6
2.2 Bioclimática y Factores	7
CAPÍTULO 3.- METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....	17
3.1 Zonificación climática.....	17
3.1.1 Análisis de Clima.....	20
3.2 Recolección de datos	21
3.2.1 Delimitación de la zona de estudio.....	21
3.2.2 Casos de estudio	24
3.2.3 Información general de las viviendas	26
3.2.4 Evaluación in-situ	29
3.2.4.1 Vivienda C1	30
3.2.4.1.1 Análisis de los resultados de las mediciones n situ del 26 al 28 de mayo 2017 de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C1	30
3.2.4.1.2 Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort de las temperaturas interior y exterior de la vivienda C1	32
3.2.4.1.3 Análisis comparativo de la humedad relativa interior y exterior de la vivienda C1.....	34

3.2.4.1.4	Análisis de los resultados de las mediciones in - situ de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C1 del 13 al 20 de agosto del 2018.....	37
3.2.4.1.5	Humedad relativa Vivienda C1 del 13 al 20 de agosto del 2018	40
3.2.4.1.6	Comportamiento térmico de los materiales de la vivienda C1	42
3.2.4.2	Vivienda C2	48
3.2.4.2.1	Análisis de los resultados de las mediciones en situ del 26 al 28 de mayo 2017 de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C2.....	48
3.2.4.2.2	Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort de la temperatura interior y exterior de la vivienda C2 del 26 al 28 de mayo 2017	50
3.2.4.2.3	Análisis comparativo de la humedad relativa interior y exterior de la vivienda C2.....	52
3.2.4.2.4	Análisis de los resultados de las mediciones de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C2 del 13 al 20 de agosto del 2018	55
3.2.4.2.5	Comportamiento térmico de los materiales de la vivienda C2	61
3.2.5	Comparación de resultados de las Viviendas C1 y C2.....	66
3.2.5.1	Comparación de temperaturas interiores y exteriores de las viviendas C1 y C2 período 26 al 28 de mayo 2017	66
3.2.6	Modelización y simulación de los casos de estudio.....	74
3.2.6.1	Vivienda C1	74
3.2.6.2	Vivienda C2.....	78
CAPÍTULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		82
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	82
BIBLIOGRAFÍA:		83
ANEXOS:		88

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Mapa ubicación de Chamanga Fuente Goggle Earth,2017Google. (s.f.). [Mapa de San José de Chamanga, Ecuador en Google maps]. Recuperado el 8 de octubre, 2016, de: https://goo.gl/maps/SVnseuYZnD82	1
Figura 2: Diagrama de confort de Olgyay, Fuente: www.construible.es	9
Figura 3: Inercia Térmica.....	14
Figura 4. Mapa del Ecuador con niveles térmicos http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711587.pdf	16
Figura 5; Mapa bioclimático del Ecuador (Cañadas, 1978)	17
Figura 6: Mapa de zonificación climática del Ecuador – INER (2015).....	19
Figura 7: Planos de barrios y alturas de edificaciones de Chamanga. Fuente:PDOT de San José de Chamanga 2016 – 2025 GAD. P16.	22
Figura 8: Mapeo de altura de edificaciones en Chamanga. Fuente:PDOT de San José de Chamanga 2016 – 2025 GAD. P16.....	23
Figura 9: Carta solar de Vivienda C1. Elaboración propia. Fuente Sun Earth Tools.com	27
Figura 10: Carta solar de Vivienda C2. Elaboración propia. Fuente Sun Earth Tools.com	28
Figura 11: Valores de temperatura de cubierta, interior y exterior de la vivienda C1 en el período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.....	31
Figura 12: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la cubierta, vivienda C1. Fuente propia.	33
Figura 13: Análisis Comparativo del Porcentaje de Horas de Confort y Temperatura Promedio Interior Paredes de la Vivienda C1. Fuente propia.	33
Figura 14: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura promedio exterior de la vivienda C1. Fuente propia.	34
	Fi
Figura 15: Análisis comparativo de humedad relativa en la vivienda C1. Fuente propia.	35
Figura 16: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Cubierta Vivienda C1. Fuente propia.	36
Figura 17: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Interior Vivienda C1. Fuente propia.	36
Figura 18: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Exterior Vivienda C1. Fuente propia.	37

Figura 19: Valores de temperaturas de cubierta, interior y exterior de la vivienda C1 en el período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia	38
Figura 20: Valores de temperaturas exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia	40
Figura 21: Valores de Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia	40
Figura 22: Porcentaje de horas de confort Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia.....	42
Figura 23: Valores de temperatura de cubierta, interior y exterior de la vivienda C2 en el período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.....	50
Figura 24: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la cubierta, vivienda C2. Fuente propia.	51
Figura 25 Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la pared, vivienda C2. Fuente propia.....	51
Figura 26: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura promedio exterior de la vivienda C1. Fuente propia.	52
Figura 27: Análisis comparativo de humedad relativa en la vivienda C2 interior, exterior y cubierta. Fuente propia.....	53
Figura 28: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa HR Cubierta Vivienda C2. Fuente propia.	54
Figura 29: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Interior Vivienda C2. Fuente propia.	54
Figura 30: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Exterior Vivienda C2. Fuente propia.	55
Figura 31: Valores de temperaturas de cubierta, interior y exterior de la vivienda C2 en el período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia	57
Figura 32: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura exterior, interior y de cubierta de la vivienda C2. Fuente propia.....	58
Figura 33: Valores de Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia	59
Figura 34: Porcentaje de horas de confort Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia.....	61
Figura 35: Análisis comparativo de la temperatura interior y exterior de las vivienda C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.....	67

Figura 36: Análisis comparativo de la temperatura de la cubierta interior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.	69
Figura 37: Análisis comparativo de la temperatura interior de las vivienda C1 y C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente propia.	70
Figura 38: Comparación de la temperatura interior de la cubierta y la exterior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.	70
Figura 39: Comparación de la temperatura interior de la cubierta y la exterior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia.	71
Figura 40: Modelado de la vivienda C1 en el software DesignBuilder 6.1.0.006- EnergyPlus 8.9.....	75
Figura 41: Tabla de materiales de cerramiento software Design Builder.....	76
Figura 42: Comparación de Temperaturas - Simulaciones Vivienda C2 Propuestas de Mejora Cubierta.....	77
Figura 43: Modelo de la vivienda C2 en software Design Builder 2019.....	79
Figura 44 Comparación de Temperaturas - Simulaciones Vivienda C2 Propuestas de Mejora Cubierta.....	80

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Comparación del confort de acuerdo a Autores.	10
Tabla 2: Coeficiente Global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K.....	13
Tabla 3: Clasificación de las zonas climáticas del Ecuador – INER 2015.....	18
Tabla 4: Clasificación de las zonas climáticas de acuerdo al rango de temperatura.....	19
Tabla 5: Datos meteorológicos Estación aeropuerto General Rivadeneira, Esmeraldas, Tachina, SEES 84018	20
Tabla 6: Datos históricos del tiempo de San José de Chamanga	21
Tabla 7: Cuadro de viviendas seleccionadas	25
Tabla 8: Información general de los casos de estudio Viviendas C1 y C2	26
Tabla 9: Protocolo de recopilación de datos Vivienda C1	29
Tabla 10: Protocolo de recopilación de datos Vivienda C2	30
Tabla 11: <i>Resumen de temperatura y humedad máxima y mínima Vivienda C1</i>	31
Tabla 12: Temperatura y humedad máxima y mínima	38
Tabla 13: <i>Cálculo del comportamiento térmico de la envolvente vertical y horizontal de la vivienda C1</i>	44
Tabla 14: Amplitud térmica de la envolvente vertical y horizontal de la Vivienda C1 26 al 18 de mayo 2017	45
Tabla 15: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento	45
Tabla 16: Inercia Térmica Vivienda C1	46
Tabla 17: <i>Cálculo de la amplitud térmica con respecto a la temperatura máxima y mínima interior exterior de la vivienda C1, 13 al 20 de agosto 2018</i>	46
Tabla 18: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento	47
Tabla 19: Inercia Térmica Vivienda C1	48
Tabla 20: Resumen de temperatura y humedad máximas y mínimas Vivienda C2.....	49
Tabla 21 Resumen de Temperatura y humedad máxima y mínima	56
Tabla 22: Cálculo del comportamiento térmico de la envolvente vertical y horizontal de la vivienda C2.....	62

Tabla 23: Amplitud térmica de la envolvente vertical y horizontal de la Vivienda C2 26 al 18 de mayo 2017	62
Tabla 24: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento.....	63
Tabla 25: Inercia Térmica Vivienda C1.....	63
Tabla 26 Cálculo de la amplitud térmica con respecto a la temperatura máxima y mínima interior exterior de la vivienda C2, 13 al 20 de agosto 2018	64
Tabla 27: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento.....	65
Tabla 28: Inercias Térmica Vivienda C2	66
Tabla 29 Comparación de la temperatura interior y exterior de las viviendas C1 y C2	68
Tabla 30: Comparación de la temperatura exterior de la cubierta.....	68
Tabla 31: Resumen del porcentaje de horas de confort de la cubierta	69
Tabla 32 Comparación de la temperatura de cubierta Viviendas C1 – C2 13 al 20 de agosto 201972	
Tabla 33 Comparación de la amplitud térmica de la viviendas C1 y C2	73
Tabla 34: Comparación de la inercia térmica de la envolvente vertical de las viviendas C1 y C2.....	73
Tabla 35. Resumen de las temperaturas máximas y mínimas y horas de confort Vivienda C2 de las simulaciones de mejoras con el software Design Builder.....	78
Tabla 36 : Cuadro resumen de las temperaturas máximas y mínimas y horas de confort Vivienda C2 de los datos obtenidos de las simulaciones con el software DesignBuilder.....	81

RESUMEN.

La vivienda de Chamanga antes del terremoto del 16 de abril del 2016 tenía el 67% de casas o villas y por el 30% de ranchos (INEC, 2010) con materiales como el hormigón y la madera, carentes de confort térmico debido al sobrecalentamiento de la envolvente, a la falta ventilación y de protección solar hacia el exterior.

La investigación parte del análisis climático de dos tipos de viviendas, en base a la carta bioclimática de Givoni (1998) para conocer y evaluar de manera comparativa el comportamiento térmico de cada una de las envolventes y de sus componentes, para mejorar las condiciones de confort de las viviendas más representativas de Chamanga,. La presente investigación se basa en la metodología de investigación realizada por Ann- Tuan Nguyen y otros ,2011 sobre estrategias de diseño adaptables al clima de la vivienda vernácula en Vietnam Ann- Tuan Nguyen que tiene en cuenta el contexto natural y social del lugar, dividida en 6 etapas: zonificación climática, recolección de datos, evaluación in- situ, análisis sistémico, utilización de herramientas de simulaciones térmicas y resultados.

A partir de los resultados obtenidos se establece recomendaciones y mejoras de los materiales de la envolvente para reducir el flujo de calor y mejorar la calidad de habitabilidad de las viviendas en clima cálido húmedo, en condiciones de orientación, forma y ventilación.

Palabras claves:

Vivienda rural, bioclimática, comportamiento térmico, envolvente, clima cálido húmedo

ABSTRACT.

The house of Chamanga before the earthquake of April 16, 2016 had of 67% of houses or villas and 30% of ranches (INEC, 2010) with materials such as concrete and wood, lacking thermal comfort due to the overheating of the enclosure, lack of ventilation and sun protection to the outside.

The research based on the climate analysis of two types of housing, based on the bioclimatic letter of Givoni (1998), to know and evaluate in a comparative way the thermal behavior of the envelope and its components, to improve the comfort conditions of the homes more representative of Chamanga. The investigation based on the research methodology carried out by Ann-Tuan Nguyen and others, 2011 on design strategies adaptable to the climate of the vernacular housing in Vietnam. Ann-Tuan Nguyen that takes into account the natural and social context of the place, divided in 6 stages: climatic zoning, data collection, in situ evaluation, systemic analysis, use of thermal simulation tools and results.

Based on the results obtained, recommendations and improvements to the envelope materials established to reduce the heat flow and improve the habitability quality of homes in humid warm climates, in conditions of orientation, form and ventilation.

Keywords:

Rural housing, bioclimatic, thermal behavior, envelope, warm humid climate

CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES

La parroquia de San José de Chamanga (figura 1) está ubicada al sur del cantón Muisne, en la Provincia de Esmeraldas, con latitud: 0° 16' 12" y longitud: -79° 93'W, y vientos predominantes SW (GAD Parroquial San José de Chamanga, 2016). Es una de las regiones más húmedas de la zona, con precipitaciones y temperaturas muy fuertes que varían poco durante el año. La temperatura media anual varía entre 23 y 25,5 °C (las máximas absolutas son menores a los 36 °C y las mínimas son inferiores a los 18 °C (GAD, 2016)

Las precipitaciones promedio son de 1300 a 1700 mm con más de nueve meses de lluvia al año. Los meses más lluviosos están entre enero y mayo y los menos lluviosos entre agosto y noviembre, la humedad relativa alrededor del 90% y bastante nublado, con una insolación aproximada de 1.000 horas anuales. (GAD, 2016).



Figura 1: Mapa ubicación de Chamanga Fuente Goggle Earth,2017Google. (s.f.). [Mapa de San José de Chamanga, Ecuador en Google maps]. Recuperado el 8 de octubre, 2016, de:<https://goo.gl/maps/SVnseuYZnD82>

1.1 Problemática.

La sociedad a través de la historia ha utilizado como estrategia para tener vivienda propia, la autoconstrucción, sin una planificación adecuada, viviendo en espacios disfuncionales debido a sus escasos ingresos económicos, impidiendo acceder a una vivienda de calidad (Romero, Hernández, & Acevedo, 2005). En el Ecuador actualmente el 45% de los 3,8 millones de hogares habitan en viviendas inadecuadas. 1,37 millones de hogares ecuatorianos residen en viviendas precarias, inseguras, construidas con materiales inadecuados, sin servicios sanitarios básicos y en hacinamiento. 342.000 hogares ecuatorianos tienen déficit cualitativo, comparten su vivienda con uno o más hogares o viven en unidades de vivienda improvisadas y sin calidad (MIDUVI, 2015).

En San José de Chamanga el 43.62% de las viviendas de acuerdo al Censo de población y vivienda del año 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística INEC son autoconstruidas, sin calidad física y ambiental. (GAD, 2016). La vivienda de Chamanga antes del terremoto del 16 de abril 2016, estaba conformada por el 67% de casas o villas y el 30% eran ranchos. Antes y después del terremoto continúa el problema de autoconstrucción, el crecimiento urbano es desordenado, sin planificación, sin servicios básicos como agua potable y alcantarillado. Chamanga conserva una arquitectura tradicional en estado de degradación, generada por la falta de mantenimiento. La reconstrucción post terremoto tampoco ha logrado regenerar al pueblo, sigue con la misma forma de construir y habitar (Tillería González, 2010)

1.2 Pertinencia de la investigación

Los programas de vivienda implementados por el Estado, resuelve el déficit de vivienda sin tomar en cuenta las condiciones de calidad de vida, confort del ambiente térmico interior de las viviendas y las características tecnológicas y morfológicas del lugar (Romero, Hernández, & Acevedo, 2005). La presente investigación pretende abordar el comportamiento térmico de los materiales de la envolvente a partir de las condiciones climatológicas de la zona de estudio, a fin de mejorar el desempeño térmico de la envolvente y las condiciones de vida de sus ocupantes.

Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas de interés social, no toman en cuenta el desempeño térmico pues priorizan el costo por sobre el desempeño. Por esta razón se requiere analizar las características constructivas de vivienda del lugar y analizar el

desempeño energético de la envolvente (Martínez, 2005) (Mercado, Esteves, & Filippín, 2010) en términos de ganancia y pérdida de calor.

1.3 Objetivos

Objetivo general:

Realizar una evaluación comparativa del comportamiento térmico de los materiales de la envolvente en términos de transmisión de calor de las viviendas de Chamanga con el fin de recomendar las soluciones más eficientes para reducir el flujo de calor.

Objetivos específicos:

- Seleccionar dos tipos de sistemas constructivos a partir de la selección de la muestra de los casos de estudio.
- Elaborar cuadro de comportamiento térmico de los materiales de las envolventes de acuerdo a las tipologías constructivas en base a las mediciones obtenidas en el sitio.
- Determinar el efecto térmico de la envolvente en función de los índices de transmitancia de calor ante la radiación solar.
- Elaborar cuadro comparativo con las soluciones de mejora en términos de comportamiento térmico de los materiales en los estudios de casos.
- Evaluar comparativamente de los materiales utilizados, que permita identificar y recomendar aquellos más eficientes en términos de reducción de calor.

Hipótesis:

En Chamanga el 43.62% de viviendas son autoconstruidas sin seguridad y calidad debido al sobrecalentamiento de la envolvente. Sin embargo, con estrategias simples es posible mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas en clima cálido húmedo orientadas a informar a este sector.

1.4 Metodología:

Para realizar esta investigación se realiza en base la metodología la investigación adaptada al contexto natural del lugar, planteada por Nguyena y otros (2011) que comprende 6 etapas:

zonificación climática, recolección de datos, análisis sistemático, evaluación in-situ, utilización de herramientas de simulaciones térmicas y los resultados.

1.4.1 Zonificación climática del sitio seleccionado.

Para el análisis de clima del lugar se realiza en base a la zonificación climática dada por el INAMHI y el INER con las variables de radiación solar, humedad relativa, precipitaciones anuales promedio y diario, horarios, vientos, precipitación, nubosidad.

1.4.2 Recolección de datos

Para la selección de la muestra se realizará en base a la fórmula estadística de selección de muestra:

$$n = \frac{z^2 pqN}{e^2(N-1) + z^2 pq}$$

Es una evaluación cualitativa de las viviendas seleccionadas en base a los siguientes parámetros: la orientación en relación al sol, ventilación cruzada, forma, construcción ligera alta masa térmica y a los vientos predominantes (Olgyay, 1998) (Vassig, 2012).

1.4.3 Evaluación in-situ.

Monitoreo mediante instrumentos de medición de las variables a estudiar: temperatura del aire, humedad relativa. Los datos se obtuvieron colocando los datalogger HOBOS de acuerdo al protocolo ISO 7726, en una pared más favorable a la altura de 1,80 m, a 10 cm del suelo la temperatura interior, y la temperatura del aire a 2,4 m. bajo cubierta. Análisis de resultados con respecto a la temperatura promedio del aire, la temperatura interior y la humedad relativa.

1.4.4 Modelaciones digitales.

Modelaciones digitales a través del software Design Buidet Tm versión 5.5.0.012.

Se realizará la simulación en los mismos períodos del monitoreo in-situ de las viviendas con datos climáticos diarios y horarios de un año tipo proporcionados por el INAMHI de la

estación más cercana Muisne. Simulación de sombreado y protección solar. Este software sirve para calificar el desempeño de las viviendas, en cuanto a su diseño y calidad térmica de la construcción y de la propuesta de mejoramiento.

1.4.5 Análisis de resultados.

Se realizará un análisis comparativo de las simulaciones digitales de cada caso con materiales para mejorar la condición de habitabilidad y confort.

1.4.6 Conclusiones y recomendaciones.

En esta etapa a partir de las reflexiones de la etapa cinco se describirán propuestas de mejora en cada caso de estudio para reducir la temperatura interna de los espacios estudiados.

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO O ESTADO DEL ARTE

2.1 Vivienda Rural

De acuerdo al MIDUVI (2012), más de 1,7 millones de hogares ecuatorianos no tienen vivienda debido a la falta de recursos económicos. Cada hogar necesita ahorrar 41 sueldos para adquirir una vivienda tipo 5, por lo que la mayoría opta por construir informalmente, sin calidad de diseño y sin respetar las normas constructivas, con soluciones de baja calidad, sin servicios básicos, ubicadas en zonas vulnerables.

Los problemas de los asentamientos rurales en algunos países de Latinoamérica tienen como características fundamentales: la pobreza, el deterioro de la calidad ambiental del territorio, de ecosistemas y del paisaje, malas condiciones de salubridad de las viviendas y de los asentamientos, carencias de agua potable y del tratamiento de aguas residuales, deterioro del sistema vial, de los servicios sociales básicos y el déficit de vivienda regular y en mal estado (Del Pozo, 2011; Acosta, 2009).

En nuestro país más de medio millón de viviendas rurales no tienen condiciones de habitabilidad, la calidad de vida es deficiente por la falta de servicios básicos, la mala construcción, el hacinamiento e inseguridad (Ciudad, Centro de Investigaciones, 2009). La ausencia de equipamiento comunitario, suelo no regulado, la falta de medio de producción, la pérdida de identidad da lugar a que la población opte por la autoconstrucción para facilitar la necesidad de vivienda con tecnologías y materiales constructivos de fácil acceso utilizando materiales locales, mano de obra comunitaria y la aplicación intuitiva de técnicas pasivas (Mancheno, 2005)

Andino (2014) señala que “la mayoría de los casos actuales de autoconstrucción, buscan imitar las construcciones tradicionales en hormigón y bloque, con cubierta de zinc”, esto sucede en la mayoría de las construcciones informales del país y en particular de Chamanga. Estos materiales tienen diferente desempeño de acuerdo al clima por lo que muchas veces no logran convertir su función de mitigar los efectos del clima. Como señala Fuentes Pérez (2014), la calidad de las viviendas debe responder al contexto geográfico y climático donde se encuentren ubicadas, condición que no se cumple en viviendas de carácter popular. (Acosta,

2009)

La construcción vernácula para Rapoport (1972) es aquella que trabaja con el lugar, el microclima, las relaciones personales respetando el ambiente natural y artificial, sin pretensiones estéticas. La vivienda es una respuesta lógica y clara del ambiente, la cultura, que surge de la necesidad de resolver el problema de las inclemencias del tiempo, la necesidad de seguridad y protección. Sin embargo, no toda la vivienda vernácula llega a un equilibrio entre soluciones de necesidades, seguridad y protección de clima siendo esta última condición relegada y desatendida.

2.2 Bioclimática y Factores

Sobre criterios de diseño bioclimático y el comportamiento térmico de los elementos de la arquitectura vernácula en términos de mejora térmica se han realizado investigaciones tanto en México (Fuentes Pérez, 2014) sobre la evaluación del comportamiento de la vivienda tradicional y la vivienda común en Tampico, como Argentina (Carrasco, 2005), a través de estas investigaciones se plantearon estrategias de mejoras como ventilación cruzada por medio de las aberturas, reducción de radiación en los muros con la colocación de pérgolas (Mercado, Esteves, & Filippín, 2010), Comportamiento térmico-energético de la envolvente de vivienda en Tucumán (Martínez, 2005). De estos estudios los más relevantes para el caso de Chamanga son los de Martínez y de Fuentes Pérez cuyas variables de análisis climático sirven de referencia para la investigación.

De acuerdo a las investigaciones de Fuentes Pérez (2014) y de Martínez (2005) tanto las evaluaciones cualitativas como cuantitativas de la calidad térmico - energética de la envolvente en vivienda tienen una variación aproximada del 10% frente a las mediciones en situ.

En cuanto a parámetros de evaluación, Vissilia (2008) realizó un estudio de asentamientos vernáculos en Grecia de diferentes tipologías de acuerdo al microclima, tomado en cuenta los parámetros de orientación en relación al sol, viento, emplazamiento, movimiento del aire, dimensión, posición y protección de las aberturas y a la envolvente. Olgyay (1998), en *Arquitectura y Clima, Manual de diseño bioclimático para la arquitectos y urbanistas*, toma en cuenta la proporción entre cerramientos macizos y aberturas al exterior, clima y de los materiales empleados, y la relación entre los elementos climáticos y el confort se da a través

del movimiento del aire, la presión de vapor, la evaporación y el efecto de la radiación.

Según Serra (1999), la respuesta arquitectónica y constructiva varía de acuerdo al clima, en el tropical se deben proteger del asoleamiento con aleros, porches, ventilación cruzada, protección de vanos en las fachadas y las aberturas, el uso de materiales ligeros y control de la humedad con vegetación

Tanto Olgyay (1998), Serra (1999) como Vassig (2012) para el análisis de la vivienda de acuerdo a su ubicación se debe considerar el emplazamiento, el entorno natural y construido, la orientación del sol, el aire, el control solar, la transmisión de calor, la vegetación, la morfología, el viento y los efectos térmicos de los materiales, más las condiciones favorables de la vivienda, la zonificación climática, mediciones in situ y la simulación son importantes para un buen desempeño energético de la envolvente si se quiere reducir o mejorar el consumo energético de las misma (Martinez, 2005)

Para BoBadilla, Figueroa & Trebilcock (2012) y Olgyay (1998) el objeto arquitectónico es un modificador del sistema natural. Los principales factores dependientes del clima en que se emplaza un edificio y que afectan su desempeño energético y el bienestar de los ocupantes son la temperatura, humedad, radiación solar, vientos, nubosidad y pluviometría, por lo que la respuesta arquitectónica y constructiva varía de acuerdo al clima donde se encuentre la edificación.

Los factores que inciden en el desempeño térmico de los cerramientos son la temperatura del aire, la incidencia de radiación solar y las condiciones del viento, entre otros factores ambientales, los mismos que pueden variar significativamente a lo largo del día (Díaz O. , 2012)

Es importante tener en cuenta en el diseño arquitectónico las condiciones climáticas del lugar donde se va implantar el edificio y el bienestar térmico de las personas que van habitar esos espacios. (Díaz & Barreneche, 2011).

Las variables a tomar en cuenta en el análisis climático son: la temperatura del aire influye directamente en el confort (Fernández García, 1994), depende de cómo se comporta el cielo durante el día, si esta nublado o despejado la sensación térmica varía (Olgyay, 1998). La temperatura del aire es inferior a la de la piel en clima cálido húmedo; la humedad relativa es el porcentaje de vapor de agua que tiene las partículas de aire; la radiación solar; la precipitación atmosférica y el movimiento del aire en clima cálido se deben ventilar los

espacios para reducir la humedad y aumentar la sensación de frescor (Ugarte, 1999).

Dentro de la bioclimática se analizarán las siguientes variables:

- **Confort térmico.**

Es una sensación mental que el hombre siente en un ambiente dentro de rangos de temperatura y viento y de sus condiciones fisiológicas.

Se utilizó el rango de Olgay (1998) para marcar la zona de confort para clima cálido húmedo la temperatura del aire entre los 23,3 y 27°C y con una humedad relativa entre los 30 y 70% (figura 2),

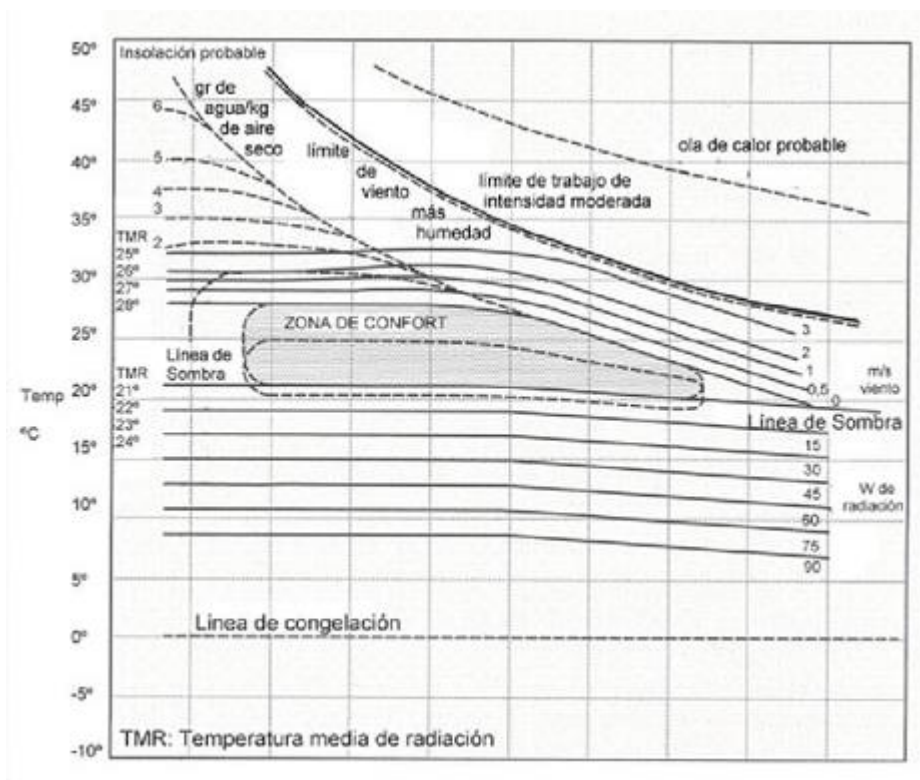


Figura 2: Diagrama de confort de Olgay, Fuente:www.construible.es

La temperatura de confort varía de acuerdo a las condiciones de acuerdo a la norma y al autor Para Gonzáles y otros (1986) los rangos de confort varían de acuerdo al autor, como se ilustra en la tabla 1.

Tabla 1: Comparación del confort de acuerdo a Autores.

Autor	Temperatura	Humedad	Presión
Humphreys	23,32 a 29,32 °C		
Givoni	21 a 26°C		
Olgay	23,3 a 26,7°C	30 a 70% en los trópicos	
ASHRAE	22,2 A 26,6		4 mm hg.
ISO	23,8 A 28,8°C		

Fuente: Elaboración Propia en base a Gonzales (1986), Givoni., Olgay, ASHRAE e ISO.

- Envoltente.

Para D´Alecon (2008) y Huelsz G.R.R (2014) la envoltente tiene un papel importante en el control de los rayos solares para minimizar el sobre calentamiento, dependiendo de la zona donde se encuentre, convirtiéndose un filtro climático. En términos de ganancia de calor se puede tener como estrategia pasiva de enfriamiento a través de la ventilación nocturna, esta estrategia está asociada a la inercia térmica de los materiales de la envoltente que absorben calor a medio día y baja la temperatura en la noche. (Britto Correa, 2001) (Olgay, 1998).

La piel o envoltente tiene influencia sobre los materiales y elementos interiores de la vivienda y las diferencias de temperatura que se generan entre el interior y exterior y el intercambio de flujos energéticos que determinan el comportamiento térmico y ambiental del mismo. (Díaz O. , 2012)

El consumo excesivo de energía destinada a mantener confort en una edificación depende directamente de la eficiencia y aislamiento de la envoltente.

La forma geométrica, planta y de la envoltente tienen un impacto en la eficiencia energética en el ahorro de los materiales y en el costo. (Ching & Shapiro, 2015). Los componentes más significativos de la envoltente de los edificios que afectan directamente al confort lumínico, térmico y eficiencia energética por unidad de área son las ventanas, porque la transparencia del vidrio permite que la radiación solar atraviese las ventanas proporcionando luz natural y ganancia de calor al espacio, el consumo de energía por iluminación y refrigeración asociado es entre el 30 y 40% del total del consumo de energía del edificio. (Czajkowski, 2012).

El clima influye sobre la envoltente del edificio en el interior debido al ingreso de radiación solar a través de los cerramientos y aberturas. La envoltente se comporta de diferente manera

en función de la temperatura interior y exterior, de su geometría, de la resistencia térmica de la envolvente al paso de calor, de las características térmicas y físicas de los materiales de los cerramientos y aberturas y de la inercia térmica (Britto Correa, 2001) (Olgay, 1998)

Debido a la mala calidad de la envolvente se tienen problemas de salud debido a las condiciones de humedad, temperatura al tener viviendas ineficientes por falta de calidad constructiva. La vivienda debe mantenerse entre los 21 a las 26°C para que no se afecte la salud de las personas, Vivir en temperaturas bajas afecta la actividad cardiovascular, subiendo la presión sanguínea y el ritmo cardiaco afectando al corazón. Si supera la temperatura se tiene deshidratación, síncope o golpes de calor. En cuanto a la humedad debe mantenerse entre 40 y 60%, en un ambiente seco produce sequedad en la mucosa, ojos y garganta, cambio en un lugar muy húmedo se puede tener dificultades respiratorias, aparición de alergia a hongos. Estas enfermedades se pueden evitar con una buena ventilación natural. (Britto Correa, 2001)

El comportamiento térmico y energético de los edificios consiste en el intercambio de calor que existe entre los espacios interiores y exteriores a través de la envolvente, el mismo que depende de la zona climática donde se encuentre el edificio y su uso. De acuerdo a la NEC11 (2011), Brito (2001) la envolvente está conformada por cerramientos en contacto con el aire, con el terreno o con un edificio, estos pueden ser: opacos horizontales (cubiertas planas e inclinadas y el suelo en contacto con el aire exterior), verticales (paredes o muros de fachadas) y semitransparentes que son las aberturas o huecos de fachadas y lucernarios de cubiertas.

Los factores que influyen en comportamiento eficiente de las edificaciones son:

La geometría o la forma del edificio se relacionan con la ubicación de zona climática donde influye el sol, humedad, precipitaciones y viento. Para el clima cálido húmedo lo recomendable es ubicarse en zonas elevadas con el fin de disminuir la humedad e incrementar la ventilación

La orientación que en clima cálido húmedo lo recomendable es que la fachada más larga se ubique en sentido norte sur para evitar el asoleamiento y en dirección de los vientos predominantes.

La ventilación es importante para un buen desempeño energético mantener en equilibrio la de la zona geográfica y del tipo de edificación para la protección del sol que pueden ser fijas o

móviles como aleros, cornisas o pérgolas.

En términos de comportamiento térmico de materiales es importante conocer las propiedades específicas de cada uno de los componentes del sistema constructivo, como la conductividad, la transmitancia y la resistencia térmica y la validación del desempeño térmico de los materiales, también dependen de la de la zona geográfica y del tipo de edificación (Fuentes Pérez, 2014) (Guimarães Merçon, 2008)

En el país no existen normas técnicas que regulen las características de los materiales por lo que se optan tomar las recomendaciones de las normas internacionales ISO 7730 y ASHRAE 55 para evaluar la transmitancia térmica de los materiales de la envolvente de acuerdo al clima y a la ubicación geográfica. La falta de una normativa mínima que sirva de instrumento para evaluar el comportamiento térmico de materiales de una vivienda para que sea comfortable (INER, 2016) .

- **Transmisión de calor.**

Esta se produce por conducción, convección y radiación para Martín Domingo (2013) en sus apuntes de transmisión de calor dice: la transmisión de calor por conducción es por contacto directo entre cuerpos a diferentes temperaturas. Según Díaz & Barrenneche (2012), el calor se mueve o viaja desde una capa de temperatura elevada del material a otra capa de inferior temperatura debido al contacto directo de las moléculas del material. Tanto para Olgyay (1998) como Coscollano Rodríguez (2002) en un edificio el calor se transmite por conducción a través de los cerramientos opacos como fachadas y cubiertas.

Por convección el calor se transmite por el movimiento físico de las partículas y por radiación” (Martín Domingo, 2013)

- **Transmitancia térmica**

Es la cantidad de calor que se transmite en la unidad de tiempo a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo (Cedeño Valdiviezo, 2010)

Es cantidad de energía que pasa de un cuerpo a otro en forma de calor, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura y es por convección, radiación, conducción. (Díaz O. , 2012). En un cerramiento la transmisión de calor se realiza cuando la temperatura interior y exterior difiere en 1°C.

De acuerdo a la NEC- 11 cap. 13 (2011) la transmitancia térmica U máxima de la envolvente para la zona climática ZT6, clima cálido húmedo con climatización pasiva de acuerdo al tipo de cerramiento (tabla 2).

Tabla 2: Coeficiente Global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m²K.

Zona climática	TM °C	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire
ZT6	25 a 27 C	3,00	3,00	0,75

Fuente: NEC-11, cap. 13. Elaboración propia, 2018.

- Conductividad térmica.

Es la propiedad de los materiales que conducen calor a través de ellos, cuando la temperatura es diferente entre el interior y el exterior, la misma que depende del espesor del material. En los metales la conductividad es elevada y en los aislantes térmicos son bajas. (Turégano, Hernández, & García, 2003)

- Radiación térmica.

Es la transmisión de calor entre dos cuerpos que pueden o no estar en contacto con diferente temperatura. Se realiza a través de las ondas electromagnéticas, no requiere la intervención de ningún material para propagarse, sino que absorbe, refleja y transmite la energía de los rayos UV. (Turégano, Hernández, & García, 2003)

- Inercia térmica.

La inercia térmica de es el tiempo que tarda en traspasar el calor de un material o superficie al interior dependiendo del espesor de material, el calor específico, el coeficiente de conductividad de los materiales que componen la envolvente (figur3). (Turégano, Hernández, & García, 2003)

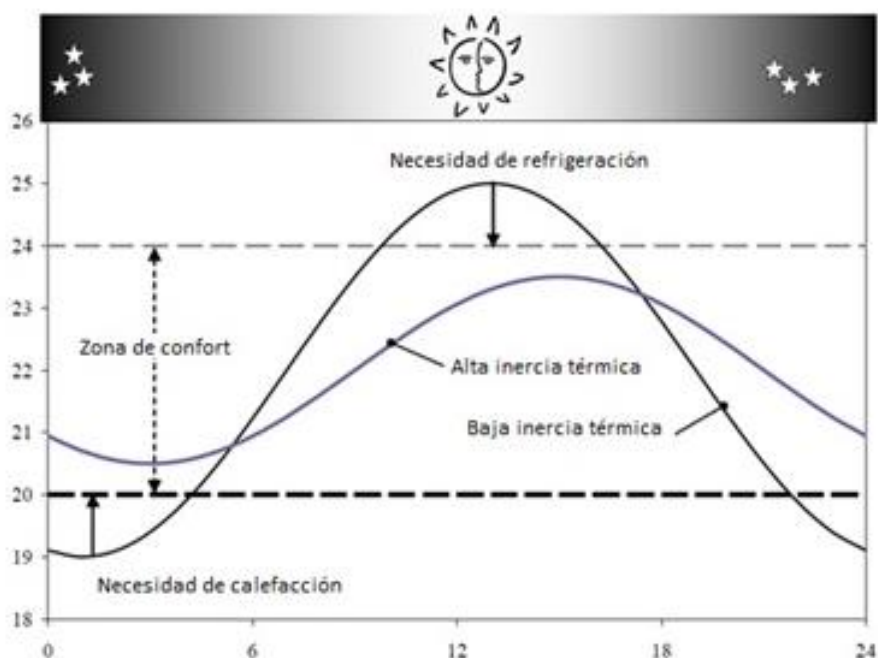


Figura 3: Inercia Térmica

- Normativa.

Las normas técnicas que existen en el país sobre eficiencia térmica para evaluar el comportamiento térmico de las edificaciones son: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11 capítulo 13 del año 2011 Eficiencia Energética en la construcción en Ecuador, la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 506:2009 Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos, la NTE INEN-ISO 6946, 2014 Componentes y elementos de cálculo para la edificación. Resistencia térmica y Transmitancia térmica. Método de cálculo, NTE INEN_ISO 13789, 2014 Prestaciones térmicas de los edificios, coeficientes de transferencia de calor por transmisión y ventilación. Método de cálculo y la NEC-HS-EE, 2018 Eficiencia Energética en edificaciones residenciales, para el cálculo del comportamiento de la envolvente en paredes, pisos, ventanas establece indicadores máximos y mínimo para las seis zonas climáticas en que se encuentra dividida el Ecuador. Estas normativas son realizadas en base a normas internacionales ISO, ASHRAE, AENOR, al CTE Código técnico de la edificación de España aplicadas en el diseño y construcción de las edificaciones con criterios de sostenibilidad, eficiencia y manejo de recursos para poder disminuir el consumo de combustibles fósiles y evitar las emisiones de gases a causa del efecto invernadero.

Hasta el año 2017 en el Ecuador había limitación técnica sobre como evaluar el comportamiento térmico de la envolvente de acuerdo a nuestra realidad, a partir del año 2018 con la creación de la norma NEC-HS-EE se establecen indicadores para evaluar la transmitancia térmica de los materiales de la envolvente de acuerdo al clima y su ubicación geográfica, requisitos mínimos que sirven de instrumentos para evaluar el comportamiento térmico de materiales de una vivienda para que cumplan las condiciones de habitabilidad y confort

Estas normas tienen indicadores de desempeño energético para envolventes de acuerdo a la zona climática donde se implanta el edificio, orientación, forma, características constructivas y de materialidad. El principal objetivo de la norma es limitar la ganancia o pérdida de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con el objeto de racionalizar la demanda energética y el uso de sistemas de enfriamiento.

INEN 13 NEC 11- Cap. 13, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la construcción para zona cálida se debe evitar la radiación directa, mediante protección solar (aleros, persianas, pérgolas, batientes), superficies acristaladas con coeficientes de transmisión bajos para limitar los aportes energéticos externos. Se puede complementar con uso de textiles o protección vegetal. Las condiciones de bienestar para disipar el calor con ventilación natural.

En climas cálidos y húmedos se recomienda formas elevadas, con grandes aberturas que faciliten la ventilación y la sombra del edificio.

Según el INAMHI, de acuerdo a los rangos de temperatura de 25 a 27°C (tabla 2), la zona de Esmeraldas se ubica en la zona térmica ZT6 para lo cual recomienda las orientaciones Norte y Sur, evitando la exposición directa solar en la mañana y en la tarde (figura 4). y ubicada en zona altas para disminuir la humedad y aumentar la ventilación.

De acuerdo a la norma INEC (cap. 13) para la provincia de Esmeraldas la radiación solar global es de 4350 Wh/m², con una transmitancia térmica máxima de 3.00 en cerramientos en contacto con el aire y con el terreno u de 0,75 en cubiertas en contacto con el aire para climatización pasiva.

- NEC-HS-EE Norma Ecuatoriana de la construcción en eficiencia Energética en edificaciones residenciales (2018) para evaluar la transmitancia térmica de los materiales de la envolvente de acuerdo al clima y ubicación geográfica de paredes, techos que se basa en la norma ASHRAE

- INEN 2506 (2009) Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos, esta norma señala los requisitos mínimos que se requiere para reducir el consumo de energía y alcanzar el confort térmico en relación al clima y uso de la edificación. Esta norma recomienda que, para clima cálido húmedo, la forma del edificio se relaciona directamente con el volumen y superficie del edificio cuyo factor debe ser mayor a 1,2, de acuerdo a la ecuación $f=S/V$, donde:
 F= factor de forma, S= superficie total del edificio m² y V= volumen encerrado por la superficie m³.

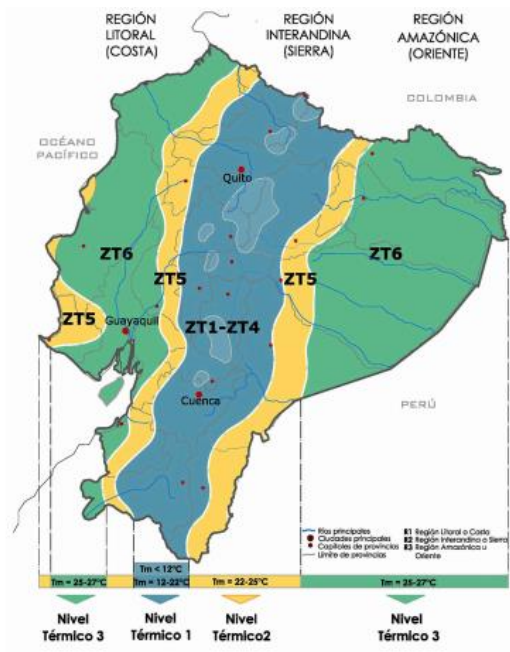


Figura 4. Mapa del Ecuador con niveles térmicos. Fuente:

<http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711587.pdf>, 2017.

CAPÍTULO 3.- METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1 Zonificación climática

El Ecuador por su ubicación geográfica, por la presencia de la Cordillera de los Andes y la Corriente de Humboldt, tiene una diversidad climas y de pisos climáticos. En 1978, Luis Cañadas elaboró un mapa bioclimático del Ecuador con 32 regiones climáticas, con la clasificación climática del Sistema Holdridge (figura 3). De acuerdo a esta categorización hay zonas que pueden tener hasta 13 variedades de microclimas, por lo que es importante el análisis de clima del lugar de emplazamiento.

Según Cañadas (1978), el clima depende de las condiciones atmosféricas como la temperatura, las precipitaciones, humedad, el viento y la vegetación, las mismas que no son constantes y varían de acuerdo a la manera de cómo se combinan los factores naturales y ambientales. El clima tiene relación con la altitud y latitud.

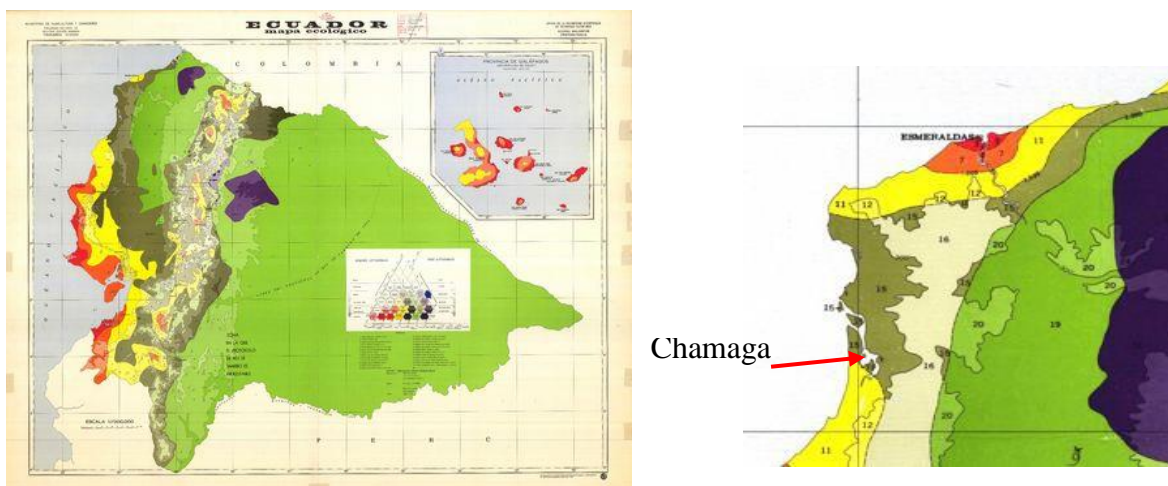


Figura 5; Mapa bioclimático del Ecuador (Cañadas, 1978)

San José de Chamanga de acuerdo al mapa bioclimático de Cañadas se encuentra en la zona 15 sub húmeda tropical en un piso altitudinal tropical con una temperatura entre 23° C a 26°C.

En relación con la clasificación climática de Köppen y Geiger, Chamanga se encuentra en Aw, clima de sabana tropical. La temperatura promedio en San José de Chamanga es 25.3°C. La precipitación media aproximada es de 1379 mm. De acuerdo al Instituto Nacional de

Eficiencia Energética y Energías Renovables INER, en la Guía de estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas, la Provincia de Esmeraldas (Tabla 3 y Figura 6) se encuentra en la zona 1, húmeda muy calurosa. (INER, 2016).

Tabla 3: Clasificación de las zonas climáticas del Ecuador – INER 2015

Zona Climática	Nombre	Localidades de referencia	Criterio térmico
1	Húmeda muy calurosa	Machala, Guayaquil, Esmeraldas, Babahoyo, Portoviejo, Santa Elena, Nueva Loja, Francisco de Orellana	5000 m < CDD 10°C
2	Húmeda calurosa	Santo Domingo, Tena, Puyo, Macas, Zamora, Galápagos	3500 m < CCD 10°C < 5000 m
3	Continental lluviosa	Quito, Loja, Cuenca	CDD 10°C < 2500 m y HDD 18°C < 2000 m
4	Continental templada	Ibarra, Ambato, Guaranda, Azogues	2000 m < HDD 18°C < 3000 m
5	Fría	Latacunga, Riobamba, Tulcán	3000 m < msnm < 5000 m
6	Muy fría	Páramos	5000 m < altura

Fuente: Elaboración propia en basa a datos de INER, 2015, p 18.

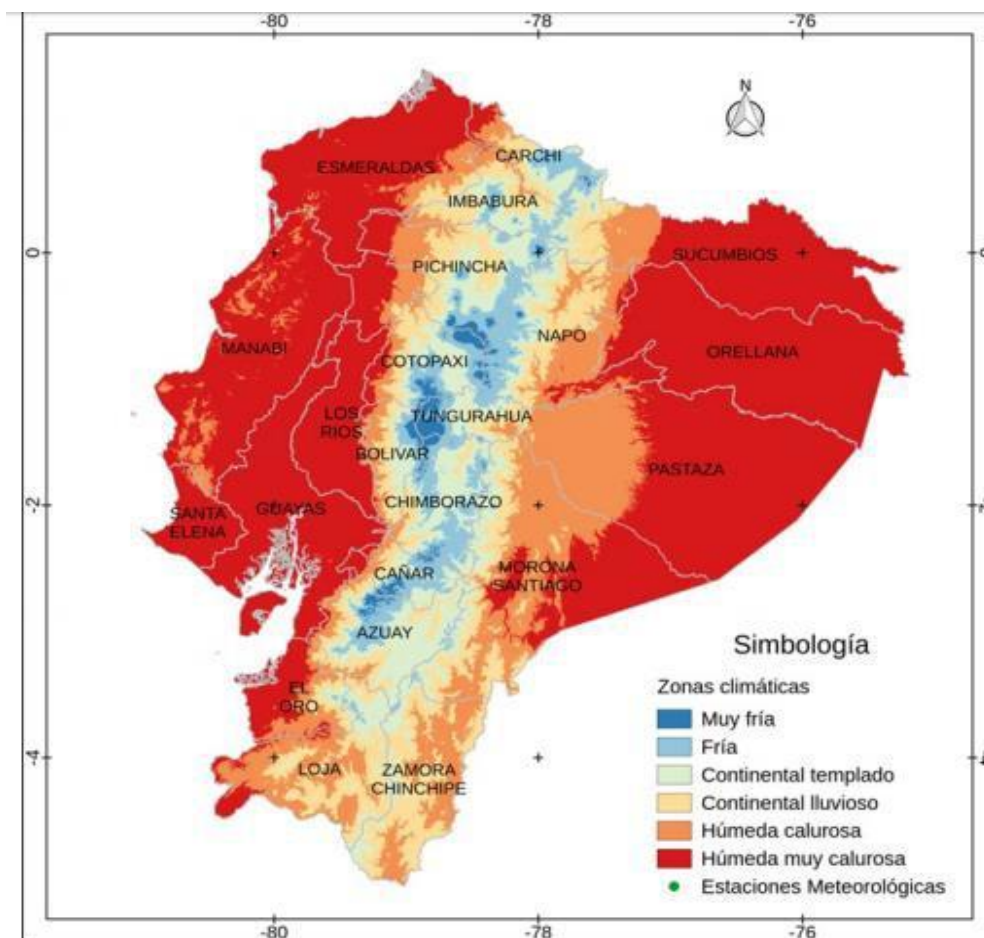


Figura 6: Mapa de zonificación climática del Ecuador – INER (2015)

Para el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI existen 6 zonas climáticas en el Ecuador de acuerdo a los rangos de temperatura (Tabla 4), la zona ZT6 es la calurosa, que corresponde a Chamanga (NEC-11, 2011)

Tabla 4: Clasificación de las zonas climáticas de acuerdo al rango de temperatura

Zona climática	Rango de temperatura
ZT1	6 a 10
ZT2	10 a 14
ZT3	14 a 18
ZT4	18 a 22
ZT5	22 a 25
ZT6	25 a 27

3.1.1 Análisis de Clima

Para determinar el clima de la zona de Chamanga se parte de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas que son:

Muisne M153, ubicada a latitud 0° 36' 34.47" N a una longitud de 80° 1' 15" W y a una elevación de 5.00 msnm, a una distancia de 72,5 km. por la ruta del Spondylus / Troncal del Pacífico E15, con temperaturas mínima de 21,37°C, media 25,06°C y máxima de 27,40°C (MIDUVI, 2011), esta estación dejó funcionar a partir del 2015 y, Pedernales se encuentra a 0,07° N de latitud, a una longitud de 80,05° O y a 32 msnm. A 72,5 km. por la ruta del Spondylus / Troncal del Pacífico E15.

De acuerdo al reporte de Weather Quality (marzo 2017) los datos obtenidos de la estación meteorológica del aeropuerto General Rivadeneira, Esmeraldas, Tachina, SEES 84018, ubicada a una latitud: 0°:58' 43" N 0, 9786° N, una longitud: 79° 37' 36" W 79, 6267° W y una elevación: 7 msnm, encontrándose a una distancia de 86 km en línea recta y por la vía troncal de Pacífico a 132,8 Km., obteniendo temperaturas promedio de 27,47 °C, máxima 28,89°C y mínima de 24,78°C (Tabla 5 y 6).

Tabla 5: Datos meteorológicos Estación aeropuerto General Rivadeneira, Esmeraldas, Tachina, SEES 84018

N o .	Fecha y hora (UTC)	Temperatura (grados C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (mph)	Dirección del viento (grados)
1	26/05/2017 15:00	26,11	92,00	7,00	190,00
	26/05/2017 21:00	27,61	82,00	10,00	280,00
2	27/05/2017 18:00	28,22	89,00	5,00	310,00
	27/05/2017 21:00	28,39	83,00	5,00	300,00
3	28/05/2017 15:00	27,11	89,00	10,00	190,00

28/05/2017 18:00	28,89	82,00	9,00	200,00
28/05/2017 21:00	28,39	79,00	10,00	220,00
29/05/2017 18:00	24,78	100,00	10,00	290,00
29/05/2017 21:00	27,72	84,00	13,00	270,00
PROMEDIO °C	27,47	86,7	8,8	250,0
MÁXIMA °C	28,89	100,00	13,00	310,00
MÍNIMA °C	24,78	79,00	5,00	190,00

Fuente: Elaboración propia, en base a datos tomados de Weather Quality Reporter Synop Information for SEES (84018) in Esmeraldas-Tachina, Ecuador, 2018.

Tabla 6: Datos históricos del tiempo de San José de Chamanga

Temperatura / mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octu	Nov	Dic	Promedio
Temperatura media °C	25,70	26,00	26,20	26,30	25,80	25,00	24,60	24,70	24,40	24,70	24,70	25,20	25,28
Temperatura mínima °C	22,20	22,40	22,50	22,50	22,40	21,90	21,50	21,40	21,20	21,40	21,30	21,80	21,88
Temperatura máxima °C	29,30	29,70	30,00	30,20	29,30	28,20	27,80	28,00	27,70	28,10	28,10	28,60	28,75
Precipitación mm	225	250	265	172	107	118	61	34	32	33	23	59	114,92

Fuente: Climate data.org obtenido de <https://es.climate-data.org/location/180911/> mayo 29, 2017

3.2 Recolección de datos

3.2.1 Delimitación de la zona de estudio

Para determinar la selección de los casos de estudio se partió de la información levantada por la Maestría de Diseño Urbano y Territorial - MDUT (MDUT, 2016) luego del terremoto del 16 de abril del 2016. Chamanga está conformada por 11 barrios: Pan y Sonrisas María Auxiliadora, Nuevo Milenio, Nueva Jerusalén, 30 de enero, Loma Norte, Norte Unido, Loma Sur, Nueva Esperanza, La Católica, Centenario y Nueva Unión (figura 7)



Figura 7: Planos de barrios y alturas de edificaciones de Chamanga. Fuente: PDOT de San José de Chamanga 2016 – 2025 GAD-P, 2016.

La zona de estudio está conformada por 10 viviendas de 3 pisos 5%, 145 de 2 pisos 27% y 685 viviendas de un piso 68% (Figura 8), de acuerdo al levantamiento realizado por la Cruz Roja Ecuatoriana (CRE, 2016), de las cuales 5 son de estructura metálica, 162 son en ladrillo y bloque, 145 viviendas son de estructura mixta, 340 de madera, 171 en hormigón, 13 de caña y 8 tienen otro tipo de cimentación (GAD, 2016).

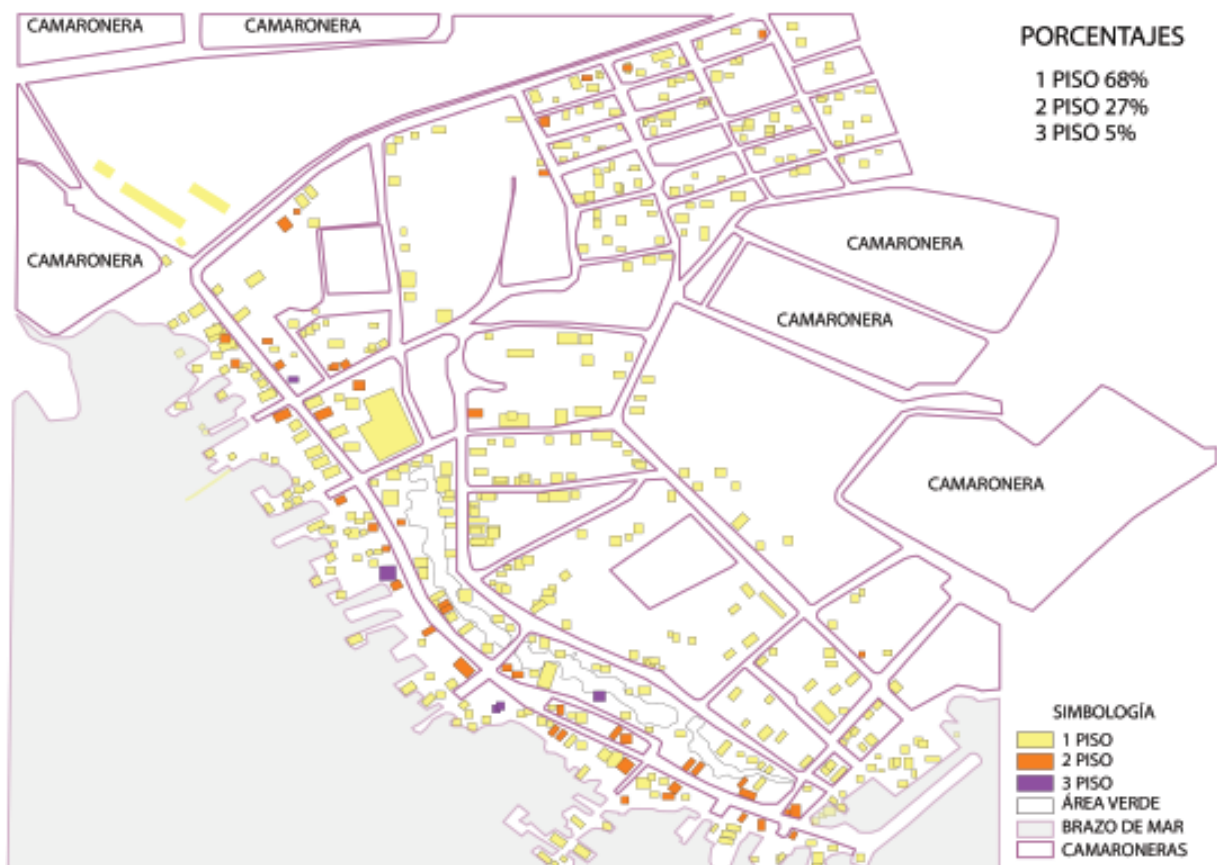


Figura 8: Mapeo de altura de edificaciones en Chamanga. Fuente:PDOT de San José de Chamanga 2016 – 2025 GAD-P, 2016.

Los barrios escogidos para la selección de la muestra son Norte Unido Loma Sur por encontrarse en el eje este – oeste. Para determinar los casos de estudio se seleccionaron las casas de un piso debido al porcentaje mayoritario. La selección de las viviendas se realizó en base a la fórmula para calcular la muestra población (APA, 2017), tomado en cuenta el universo de población de 650 viviendas de un piso, donde:

- **n** es el tamaño de la muestra,
- **N** es el universo de la población que tenga similares características en este caso son 650 viviendas de una planta,
- **Z** el nivel de confianza, **p** es probabilidad a favor, **q** probabilidad en contra y
- **e** es el margen de error.

La fórmula para el cálculo de la muestra es:

Variable	Valor
Población N	650
Intervalo de confianza	95%
Z	1,96
Probabilidad a favor	50%
Probabilidad en contra	50%
Error de estimación %	25%
Tamaño de muestra	6

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2 (N-1) + Z^2 pq}$$

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2.2 Casos de estudio

Las viviendas de San José de Chamanga en su mayoría no tienen una buena orientación debido a la conformación de la trama urbana, como se ilustra en la figura 8. Para el análisis cualitativo de las viviendas se escogió las de una planta que corresponden al 68% de las viviendas. De acuerdo a Olgyay, Vassig y otros, las viviendas que se encuentran en clima cálido húmedo deben garantizar una buena ventilación cruzada, con orientación NS evitando la radicación directa, una geometría óptima en este caso debe ser rectangular con orientación este oeste y forma de agrupación aislada.

Las 19 viviendas de la calle América, orientada norte sur, no todas cumplen con las variables de selección, en su mayoría son muy precarias. La zona que cumple con estos parámetros son las viviendas ubicadas en los barrios Norte Unido y Loma Sur, ubicadas en la Calle 8 entre la calle América y San José, si bien no tienen orientación NS es NE, la geometría es correcta, con aberturas norte sur.

Para la selección de las viviendas se partió del análisis cualitativo teniendo como variables la orientación norte sur, la forma de la envolvente, el movimiento del aire, ventilación cruzada, el número de pisos, el tipo de material de construcción, la accesibilidad para realizar la toma

de datos (tabla7)

Tabla 7: Cuadro de viviendas seleccionadas

CÓDIGO	ORIENTACIÓN	FORMA	FORMA AGRUPACIÓN	VENTILACIÓN CRUZADA	SISTEMA CONSTRUCTIVO			
					madera	hormigón	mixto	
CASA 1	NE		Aislada	Si			x	
CASA 2	NE		Aislada	Si	x			
CASA 3	N		Aislada	No		x		
CASA 4	N		Adosada	No	x	x		
CASA 5	N		Aislada	Si	x			
CASA 6	S		Adosada	No		x		

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo a estos criterios al menos dos viviendas cumplen las variables antes mencionadas y el consentimiento de los propietarios que permitieron colocar los equipos de monitoreo





La toma de datos en los casos de estudio se realizó de acuerdo a la norma ISO 7626 -2001 y cómo se evalúa la calidad térmica de acuerdo a Kvisgaard, 1997, por lo tanto la ubicación de los sensores de medición de temperaturas físicas de un ambiente para sitios homogéneos se colocan a nivel de cabeza a 1,70 m., abdomen a 1,10 m. y a la altura del tobillo a 0,10m. (Kvisgaard, 1997).

La recolección de datos en situ se realizó en dos etapas, entre 26 y 28 de mayo de 2017, tres días de monitoreo y entre el 14 y 21 de agosto de 2018, se realizó los registros por ocho días, de forma simultánea en las dos viviendas, mediante la ubicación de 2 dataloggers EL-2LLCD-USB RH Y TEMP marca HOBO, con lecturas cada 15 min, en las viviendas C1 y C2 los dataloggers se ubicaron a 1.80 m de altura en la pared más favorable SW y a 0,50 de distancia de la cubierta.

3.2.3 Información general de las viviendas

Las viviendas se encuentran ubicadas en la zona geográfica ZT6 de acuerdo al mapa de isotermas elaborado por el INAMHI, con un rango de temperatura que va de 25 a 27°C (MIDUVI, 2011), ilustradas en la Tabla 8.

Tabla 8: Información general de los casos de estudio Viviendas C1 y C2

Vivienda	Años construcción	Sector - Localización	Diseño	Sistema constructivo	Materiales			
					Paredes	Techo	Piso	Aperturas
Vivienda 1	17 años	 Barrio Norte Unido Calle América Familia Solorzano		Construcción mixta	Bloque enlucido estructura de hormigón armado	Estructura metálica y techo de Galvalumen (Aluminio y zinc)	Piso de cemento sin revestimiento	Ventanas y puertas de madera con visagras
Vivienda 2	20 años	 Barrio Loma Sur calle San Jo Familia Ortiz		Construcción de madera	Tablas de madera de colorado de 22x2 cm, unidas con clavos sobre estructura de madera colorado de 10x10 cm.	Estructura de madera, alfagias de 10x10 cm, con techo de zinc	Estructura de madera y entablado de colorado 22x2 cm.	Ventanas y puertas de madera con visagras

Fuente; Elaboración propia, 2017

Vivienda C1

Ubicada en el barrio Norte Unido entre las calles América y San José, con orientación norte – sur, con una rotación en su eje este-oeste de 29°, pertenece a la familia Solórzano. El sistema constructivo de la vivienda C1 es mixto, la estructura es de hormigón armado con paredes de bloque de 10 cm de espesor, contrapiso elevado de cemento y cubierta alivianada de estructura metálica y planchas de Galvalumen (aleación de aluminio y zinc) a dos aguas. Las puertas y ventanas de madera. La vivienda es de una planta, con 132,00 m² de construcción, conformada por dos dormitorios, sala, comedor, cocina; el baño se encuentra fuera de la vivienda en el patio posterior y con 166, 00 m² de terreno, la forma de la vivienda es rectangular compacta, no existe vegetación a su alrededor. Antes del terremoto la vivienda era adosada a los dos lados, en la actualidad es aislada,

De acuerdo al diagrama de la carta solar la vivienda C1 y C2 con un azimut de 351, 71°, con una elevación de 68, 61° (figura 9)

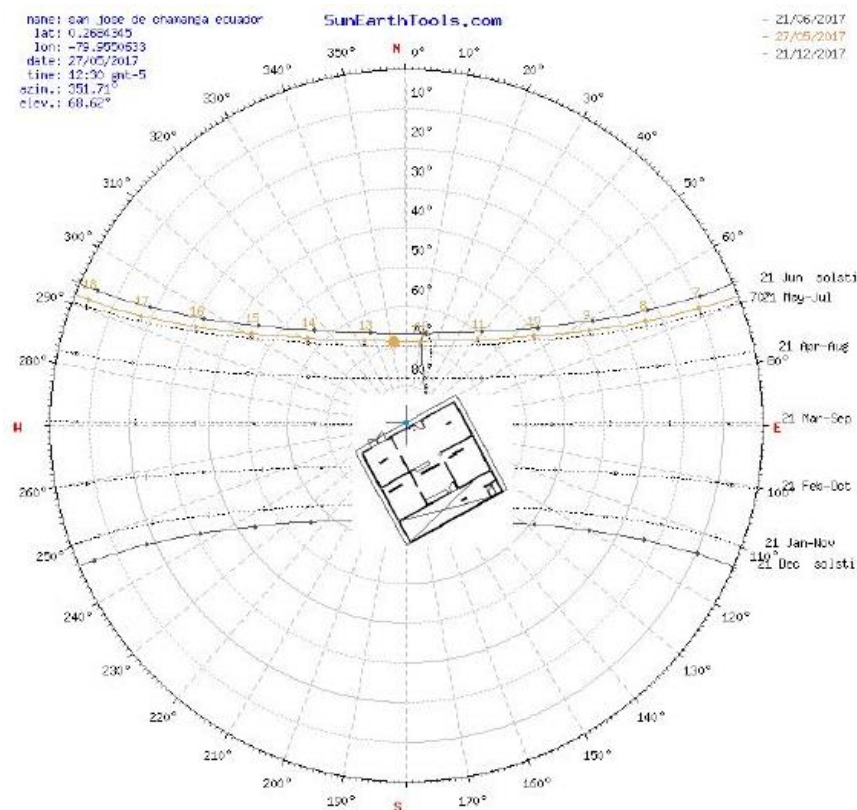


Figura 9: Carta solar de Vivienda C1. Elaboración propia. Fuente Sun Earth Tools.com

Vivienda C2

Perteneciente a la familia Ortiz, ubicada en la calle San José con orientación norte-sur, rotado en su eje este oeste 29° , en el barrio Lomas del Sur, con una superficie de $80,64 \text{ m}^2$. La vivienda C2 es de una planta, aislada, constituida por área social, cocina, 1 dormitorio y un taller. La estructura y las paredes son de madera de 2cm de espesor, se encuentra elevada 50 cm del suelo, con contrapiso de madera y cubierta con planchas de zinc a dos aguas, las puertas y ventanas también son de madera. Es de forma rectangular, con vegetación baja escasa. (figura10)

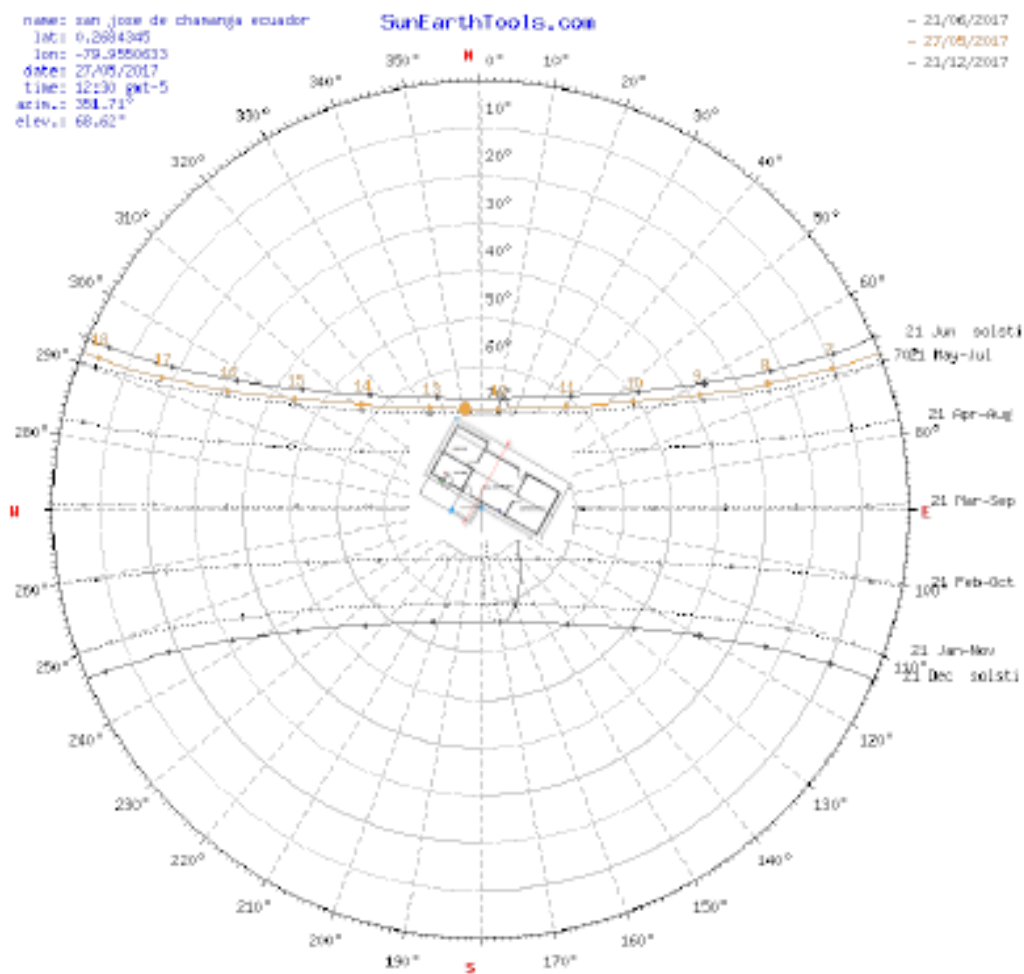


Figura 10: Carta solar de Vivienda C2. Elaboración propia. Fuente Sun Earth Tools.com



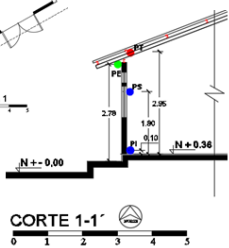

3.2.4 Evaluación in-situ

La Medición a escala real in-situ de temperatura del aire y humedad relativa de las viviendas seleccionadas se realizó con equipos datalogger, los mismos que fueron colocados en el interior y exterior de cada vivienda de acuerdo a las normativas y protocolos de la ISO 7726 – 2001 (Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas), arrojando datos reales en los que se encuentran las viviendas sobre la temperatura y humedad.

La toma de datos de los casos de estudio se realizó en dos períodos, el primero durante tres días con registros cada 15 minutos, entre el 26 y 9 de mayo del 2017 y el segundo del 13 al 20 de agosto del 2018.

El registro de datos de la vivienda C1 durante el primer periodo de medición inició a las 11h30, con 4 dataloggers (ElsyLog EL USB – 2LC – Tabla 9, ubicados en el área social donde los ocupantes de la vivienda pasan la mayor la parte del tiempo, en la pared norte (P-S) a una altura de 1,80 evitando fuentes de calor, en el techo (P-T) a 2,95 m2 de altura y en el exterior a 2, 80 m de altura evitando la radiación directa. El segundo período durante siete días entre el 14 y 21 de agosto del 2018, con las mismas condiciones.


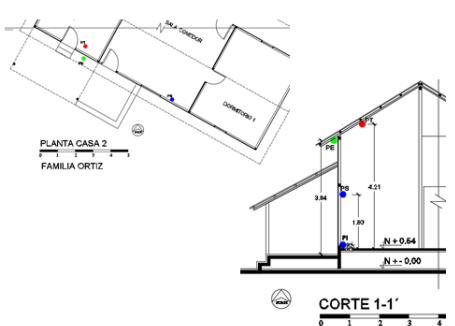
Tabla 9: Protocolo de recopilación de datos Vivienda C1

FAMILIA SOLORZANO		PROTOCOLO DE MEDIDAS CASA 1					
DATA LOGGER	NOMBRE	ESPECIFICACIONES	CODIGO	UBICACIÓN	ALTURA M.	UBICACIÓN EN PLANTA	UBICACIÓN EN CORTE
	EasyLog EL-USB-2-LCD Temp & RH Data Logger with USB and Display	35 ° C a 80 ° C (-31 ° F a 176 ° F) Resolución interna 0,5 ° C (1 ° F) Precisión (error general) 0,35 ° C (1,04 ° F) típico (5 a 60 ° C)	P - T	TECHO	2,95		
	EasyLog EL-USB-2-LCD Temp & RH Data Logger with USB and Display	Estabilidad a largo plazo <0,02 ° C (0,04 ° F) / año Humedad relativa: Rango de medición 0 a 100% de HR	P - E	EXTERIOR	2,81		
	EasyLog EL-USB-2-LCD Temp & RH Data Logger with USB and Display	Resolución interna 0,5% RH Precisión (error general) 2,25% de HR típica (20 a 80% de HR)	P - S	INTERIOR SUPERIOR	1,8		
	EasyLog EL-USB-1 Temperature Data Logger with USB	Rango de medición -35 a + 80 ° C / -31 a + 176 ° F Precisión (error general) +/- 0,5 ° C típico	P - I	INTERIOR INFERIOR	0,1		

Fuente Elaboración propia, 2017

En la vivienda C2 se utilizaron con 4 dataloggers (Hobo UX 100-003) ubicados en la pared sur del dormitorio 2 a 1,80 m de altura (P-S), en el techo a 4,20 m (P-T) y en el exterior (P-E) a una altura de 3,80 m. bajo el alero evitando la radiación directa. (Tabla 10)

Tabla 10: Protocolo de recopilación de datos Vivienda C2

FAMILIA ORTIZ		PROTOCOLO DE MEDIDAS CASA 2						
DATA LOGGER	NOMBRE	ESPECIFICACIONES	CODIGO	UBICACIÓN	ALTURA M.	UBICACIÓN EN PLANTA	UBICACIÓN EN CORTE	
	HOBO UX100-003 Temperature/Relative Humidity data logger	Sensor de temperatura Rango: -20 ° a 70 ° C (-4 ° a 158 ° F) Precisión: ± 0,21 ° C de 0 ° a 50 ° C (± 0,38 ° F de 32 ° a 122 ° F) Resolución: 0,024 ° C a 25 ° C (0,04 ° F a 77 ° F) Tiempo de respuesta: 4 minutos en el aire en movimiento 1 m / s (2.2 mph) Deriva: <0.1 ° C (0.18 ° F) por año RH Sensor Range: 15% to 95% (non-condensing) Accuracy: ±3.5% from 25% to 85% including hysteresis at 25°C (77°F), below 25% and above 85% ±5% typical Resolution: 0.07% at 25°C (77°F) and 30% RH Response time: 43 seconds to 90% in airflow of 1 m/s (2.2 mph) Drift: <1% per year typical	P - T	TECHO	2,95			
			P - E	EXTERIOR	2,81			
			P - S	INTERIOR SUPERIOR	1,8			
			P - I	INTERIOR INFERIOR	0,1			

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2.4.1 Vivienda C1

3.2.4.1.1 Análisis de los resultados de las mediciones in situ del 26 al 28 de mayo 2017 de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C1

Para el análisis de los resultados de las mediciones de temperatura y de humedad parte de la ubicación de la zona de confort de acuerdo a la zona climática donde se encuentra la vivienda, para clima cálido húmedo de acuerdo a Olgay, la temperatura del aire va entre los 23,3 y 26,7°C no debe superar los 29, 4°C, con una humedad relativa entre los 30 y 70%.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el resumen de temperaturas máximas y mínimas durante el primer período de medición, se observa que se encuentran fuera de la zona de confort, dando un registro promedio de la temperatura máxima de 30,17°C, temperatura mínima de 28,00 °C con una humedad relativa promedio que va de 77, 33% a 67, 67% en la cubierta debido a que esta zona se encuentra expuesta todo el tiempo a la radiación. La temperatura interior promedio máxima y mínima va de 30,5 a 27, 50°C, con una humedad relativa de 78,67 a 67,83% y en el exterior con temperaturas máximas de 30, 73°C y mínimas de 25, 72°C con humedades que van del 89, 5 a 65,45 % (tabla 11).

Tabla 11: Resumen de temperatura y humedad máxima y mínima Vivienda C1

FECHA	CUBIERTA				INTERIOR				EXTERIOR			
	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	
	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %
26/05/217	31,00	29,50	70,50	63,00	31,50	28,50	74,00	60,50	32,75	26,68	82,59	55,11
27/05/217	31,50	28,00	78,50	67,50	31,00	27,00	83,00	69,00	32,54	24,68	94,27	65,55
26/05/218	28,00	26,50	83,00	72,50	29,00	27,00	79,00	74,00	26,90	25,80	91,63	75,69
PROMEDIO	30,17	28,00	77,33	67,67	30,50	27,50	78,67	67,83	30,73	25,72	89,50	65,45

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el período del 26 al 28 de mayo del 2017 (figura 11), se observa que las temperaturas de la vivienda C1 presentan un comportamiento variado de las tres temperaturas registradas, alcanzando las máximas temperaturas en horas de la mañana entre las 8:00 horas, consiguiendo su pico más alto a las 12:00 horas del mediodía y declinando pasadas las 16:30 horas en la tarde, estando fuera de los límites de confort aceptables explicado en el capítulo II. Los rangos aceptables son de 23 a 27°C.

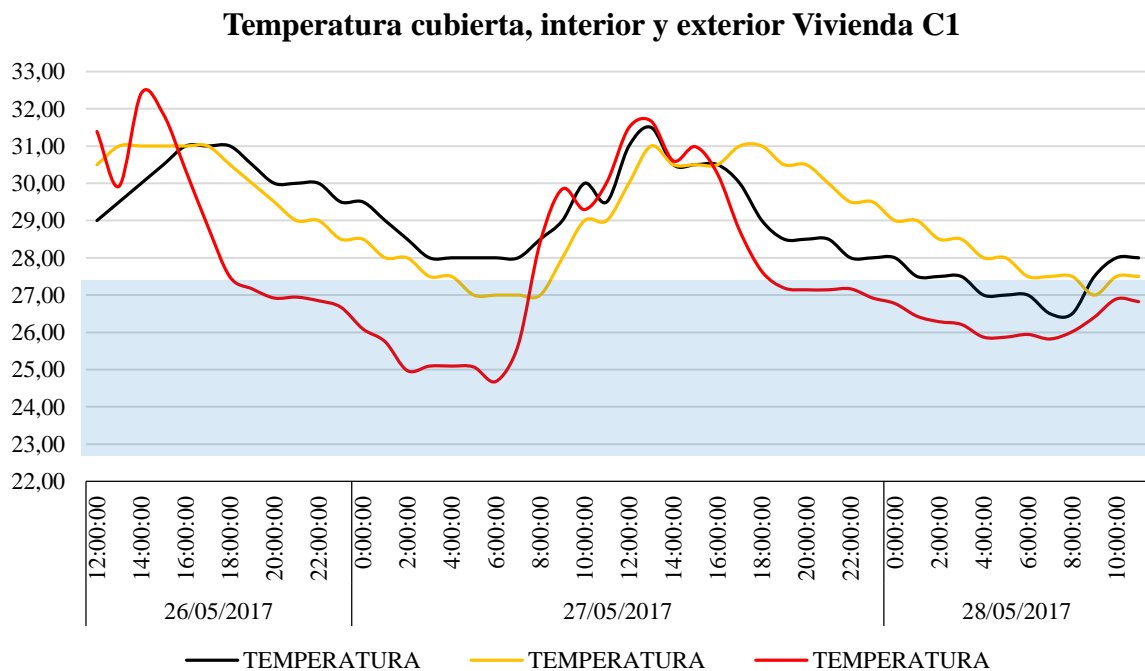


Figura 11: Valores de temperatura de cubierta, interior y exterior de la vivienda C1 en el período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente propia

Durante este período las tres temperaturas están fuera de la zona de confort, excepto la temperatura exterior del 26 al 27 de mayo entre la 19h00 y 07h30, se encuentra en la franja de confort; igual que 22h30 a las 11h30 del 27 al 28 de mayo debido al movimiento de aire o por nubosidad. La temperatura interior y exterior se encuentra en su totalidad fuera de confort, superando los 30,5°C en el interior y 30,97°C en el exterior, diurna y nocturna debido a la inercia térmica de los materiales de la envolvente.

3.2.4.1.2 Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort de las temperaturas interior y exterior de la vivienda C1

Temperatura interior

De acuerdo al análisis comparativo entre la temperatura interior promedio y el porcentaje de horas de confort (figura 12) se observa que entre el 26 y 28 de mayo, la temperatura interior de la cubierta alcanza el 100% de discomfort, oscilando entre los 30,18 a los 27,33°C, fuera de los rangos establecidos por Olgyay, esto se debe a la inercia térmica de los materiales de la envolvente de la cubierta de zinc al tener baja inercia térmica, permitiendo mayor transferencia de calor del exterior al interior.

En el primer día de monitoreo se tiene que de las 47 mediciones realizadas, el 100% se encuentra en discomfort, con temperaturas que van desde 29 a 31°C y con un promedio de 30,18°C, el segundo día también tiene el 100% de temperaturas fuera de la zona de confort, de 96 mediciones que van de 28 a 31,50°C y un promedio de 29,09°C., esto se debe a que la envolvente horizontal recibe el 100% de radiación solar directa y el tercer día, de las 47 mediciones realizadas el 48,94% está dentro de la franja de confort con temperaturas que van de 26,5 a 28,5°C, debido a que el día paso nublado.

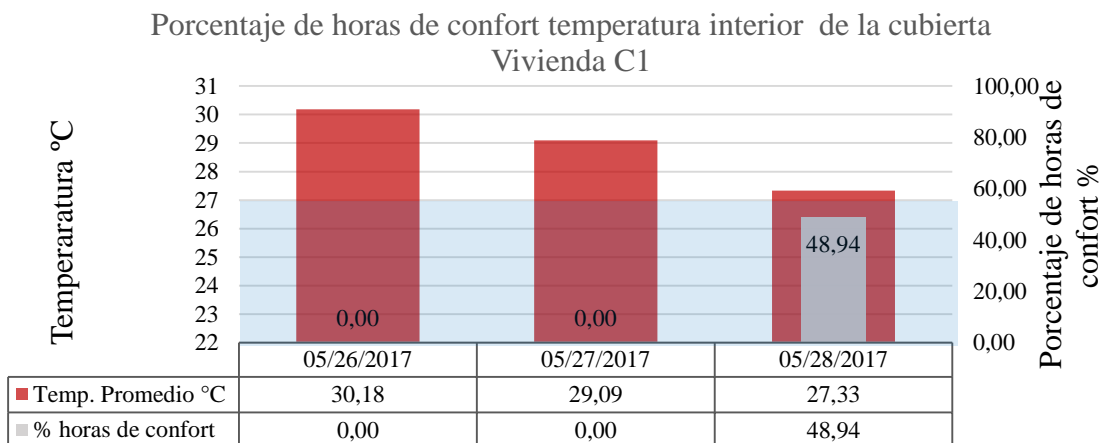


Figura 12: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la cubierta, vivienda C1. Fuente propia.

La temperatura interior de la envolvente vertical de la vivienda se observa que el día 26 de mayo se encuentra totalmente fuera de la zona de confort superado los 27°C (figura 13). En los días 27 y 28 de mayo se observa que tiene horas de confort debido al número de medidas diarias tomadas en estos días, el porcentaje de temperaturas dentro de la franja de confort va de 14,58 a 12,77°C. La relación de temperatura entre el primer día y segundo día es de 2,41°, entre el segundo y el tercer día es de 1,19°C.

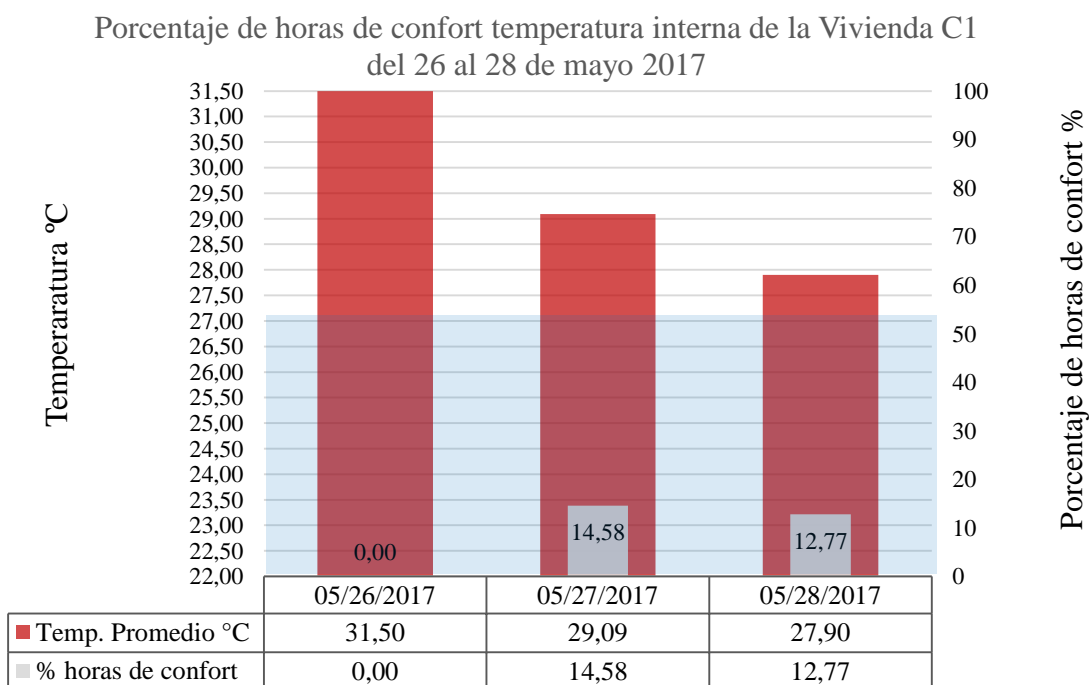


Figura 13: Análisis Comparativo del Porcentaje de Horas de Confort y Temperatura Promedio Interior Paredes de la Vivienda C1. Fuente propia.

Temperatura exterior

La temperatura exterior de la vivienda C1 se encuentra el día 26 entre los 32,76 y la 26,32°C y una temperatura promedio de 28,71°C, encontrando que de las 47 mediciones realizadas el primer día, 19 se encuentran en la zona de confort con el 40, 43%. El segundo día con un total de 96 mediciones, 36 se encuentran en la franja de confort que corresponde al 37, 50%, con temperaturas que varían de 32,54 a 24,68°C y con una temperatura promedio de 27,84°C y el tercer día la temperatura máxima de 27,63°C y una mínima de 25,80°C, contando con una temperatura promedio de 26,29, encontrándose con el 95,74% en el rango de confort (figura 14).

La diferencia de temperatura entre el primer día y segundo día es de -1°C y entre el segundo y tercer día es de 1,55°C.

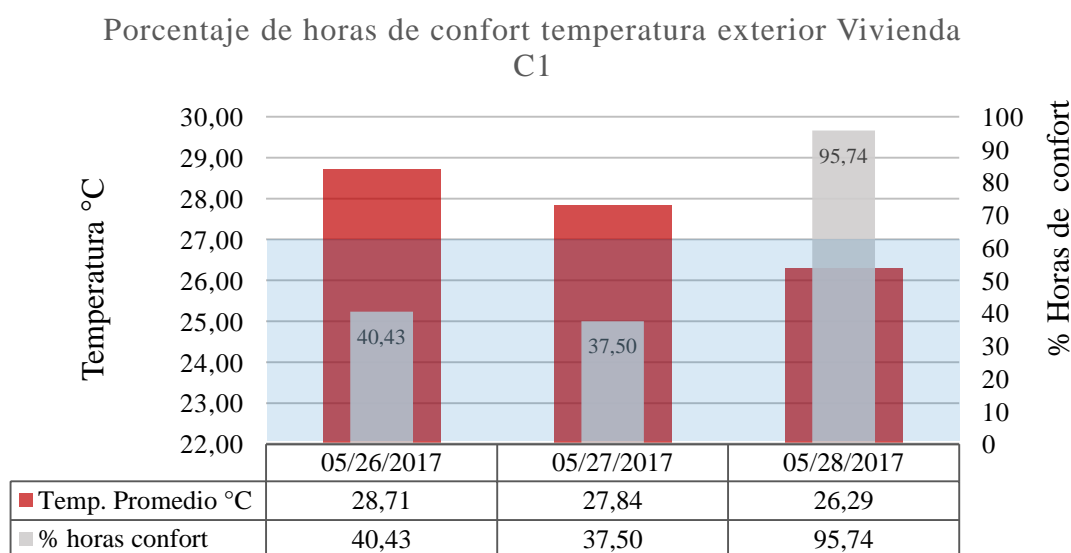


Figura 14: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura promedio exterior de la vivienda C1. Fuente propia.

3.2.4.1.3 Análisis comparativo de la humedad relativa interior y exterior de la vivienda C1

Como se ilustra en la figura 15, los resultados de las curvas de humedad relativa interior y de la cubierta se comportan de forma similar durante los tres días de monitoreo, manteniéndose dentro de la franja de confort desde las 23h30 hasta las 1h30 de la mañana y desde las 12h00

hasta las 17h00 aproximadamente fuera de confort, con una humedad máxima en el interior de la vivienda de 86,50%, una mínima de 60,50% y un promedio de 73,71% y la cubierta con una máxima de 83%, mínima de 63% y una promedio de 73,45%.

La humedad relativa exterior se encuentra fuera de la zona de confort, los valores de la curva son altos a partir de las 16h00 hasta la 10h00, llegando su pico máximo a las 6h00 con el 94,27% en una mínima de 55,11% y un promedio de 79,40%, esto se debe a que la vivienda se encuentra cerca del mar.

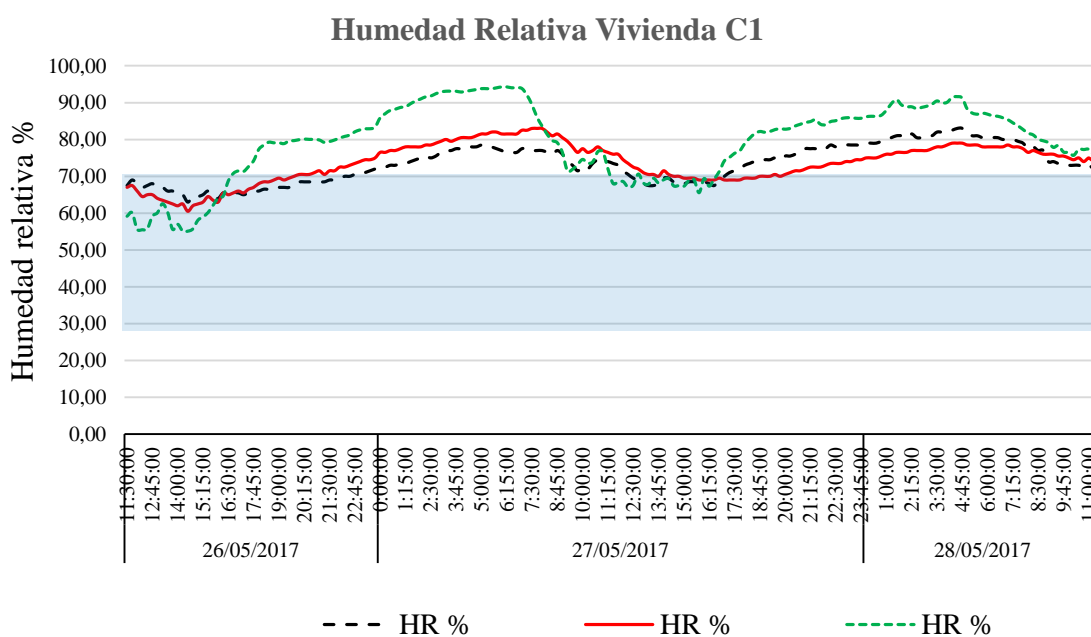


Figura 15: Análisis comparativo de humedad relativa en la vivienda C1. Fuente elaboración propia., 2018.

Como se ilustra en la figura 16, el porcentaje de horas de confort de humedad relativa en la cubierta es del 90%, durante el primer día de monitoreo se encuentra dentro de la franja de confort en donde la humedad promedio es de 67, 23%, es decir cumple con cuyo rango máximo del 70%. Los dos días siguientes se encuentran totalmente fuera de la zona de confort, con un promedio de humedad que supera el rango permitido que va del 74,09 al 78, 76%.

Porcentaje horas de confort humedad relativa cubierta vivienda C1

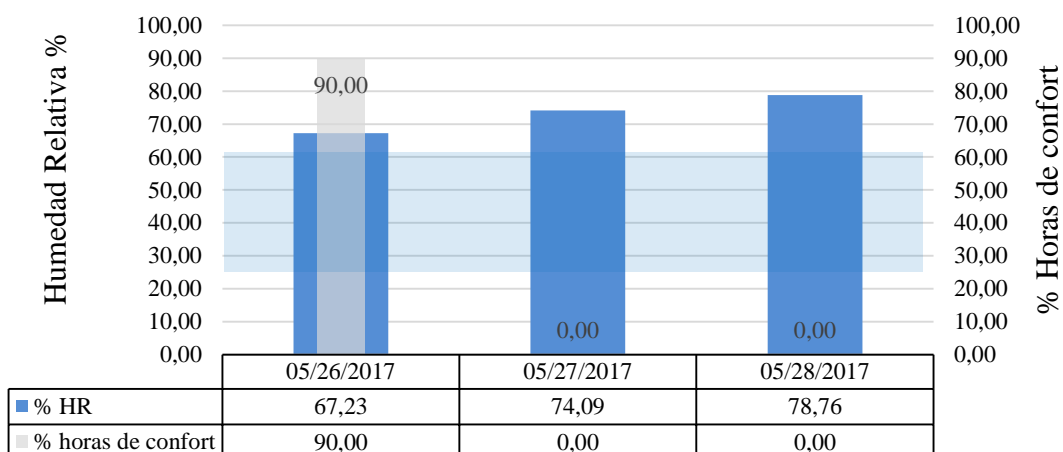


Figura 16: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Cubierta Vivienda C1. Fuente elaboración propia, 2018.

De acuerdo a la figura 17, el porcentaje de horas de confort en el interior de la vivienda es del 90%, con una HR promedio del 67,63%, cuyo comportamiento es similar a las horas de confort de la cubierta, con la diferencia que durante el segundo día se encuentra con el 22,92% de horas de confort con un promedio de 74,09% HR.

Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Interior Vivienda C1

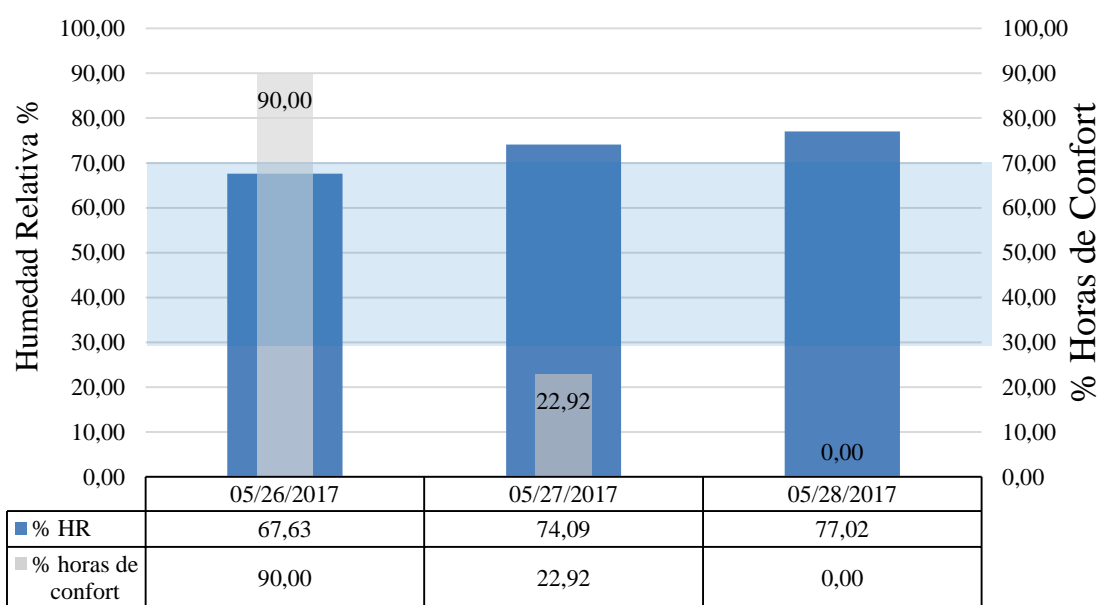


Figura 17: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Interior Vivienda C1. Fuente elaboración propia, 2018.

La humedad exterior tiene el 42% de porcentaje de horas de confort durante el 26 de mayo, el día dos el 22,92%, superando el pico del 84,71% de HR. Figura 18.

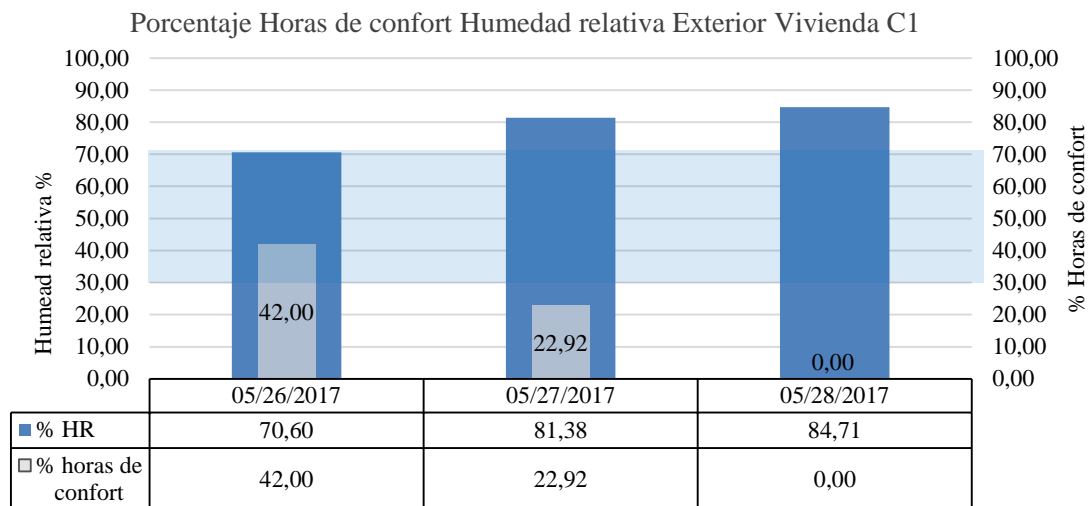


Figura 18: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Exterior Vivienda C1. Fuente: elaboración propia, 2018.

Concluyendo que, durante el período del 26 al 28 de mayo, el comportamiento es similar en las tres zonas de monitoreo cubierta, interior y exterior llegan al 74% de horas de confort y entre el 27 y 28 mayo se encuentran fuera totalmente fuera del rango de confort.

3.2.4.1.4 Análisis de los resultados de las mediciones in - situ de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C1 del 13 al 20 de agosto del 2018

Temperatura del aire

De acuerdo a los resultados obtenidos en el resumen de temperaturas máximas y mínimas por hora (tabla 12), durante este período de medición, se observa que se encuentran en la zona de confort, dando un registro promedio de la temperatura máxima exterior de 29,75°C y temperatura mínima de 23,56°C con una humedad relativa promedio que va de 86,75% a 66%. La temperatura interior promedio máxima es de 29,31° y la mínima de 24,19°C con una humedad relativa que va de 82 a 67,19% y en la cubierta se eleva la temperatura máxima debido a que esta zona se encuentra expuesta todo el tiempo a la radiación a 31,56°C, con una temperatura mínima 23,75°C y una humedad relativa de 86,31% a 62%

Tabla 12: Temperatura y humedad máxima y mínima

FECHA	EXTERIOR				INTERIOR				CUBIERTA			
	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	
	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %
13/08/2018	32,00	25,00	78,50	56,50	31,00	25,50	73,50	58,50	33,00	25,00	78,50	55,50
14/08/2018	31,50	23,50	88,00	60,50	30,00	24,00	83,00	63,50	32,50	23,50	88,00	60,50
15/08/2018	30,50	23,50	87,50	64,50	29,50	24,50	82,50	68,00	31,00	24,00	85,50	62,50
16/08/2018	25,00	23,50	87,50	64,50	29,50	24,00	82,50	67,50	31,50	24,00	85,50	62,50
17/08/2018	30,00	23,50	87,50	67,50	29,00	24,00	83,00	69,50	30,50	23,50	88,00	66,50
18/08/2018	29,00	23,00	90,00	70,50	28,50	24,00	85,00	70,00	30,50	23,50	90,00	65,50
19/08/2018	33,00	23,50	85,50	59,00	30,50	24,00	81,00	63,50	34,50	23,50	85,00	55,00
20/08/2018	27,00	23,00	89,50	77,00	26,50	23,50	85,50	77,00	29,00	23,00	90,00	72,00
PROMEDIO	29,75	23,56	86,75	65,00	29,31	24,19	82,00	67,19	31,56	23,75	86,31	62,50

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el período de medición del 13 al 20 de agosto del 2018, se observa que las curvas de temperatura de la vivienda C1 exterior, interior y la cubierta tienen un comportamiento similar, a partir de las 17h00 hasta las 10h00 aproximadamente, se encuentran en zona de confort, entre 23 a 27°C, teniendo su pico más alto entre las 13h00 y 15h00 con algunas variaciones. (figura 19)

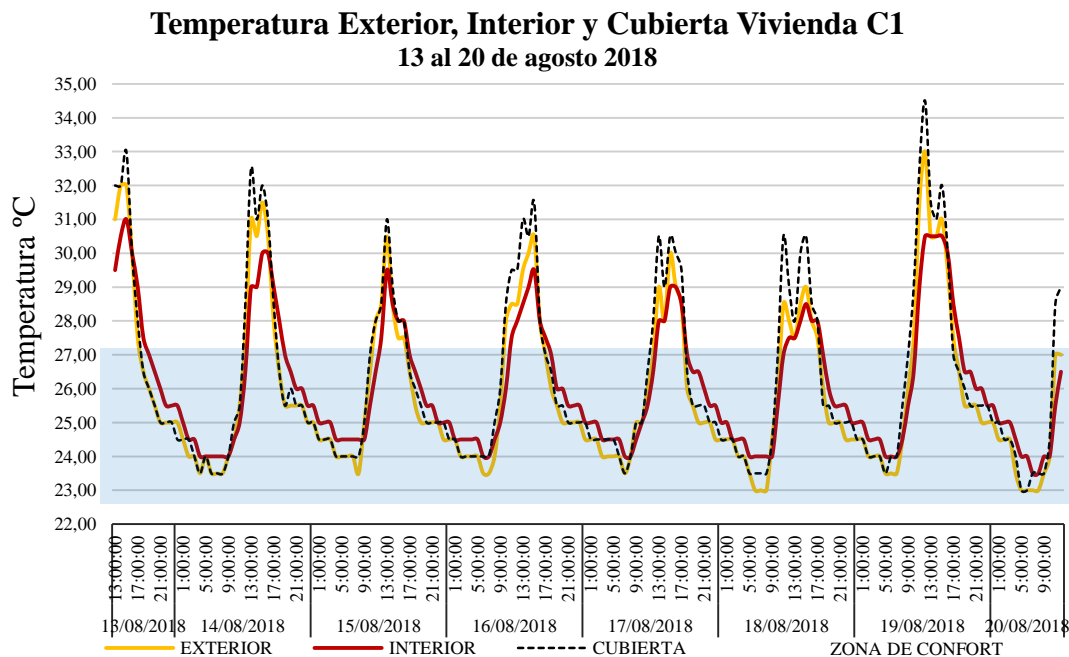
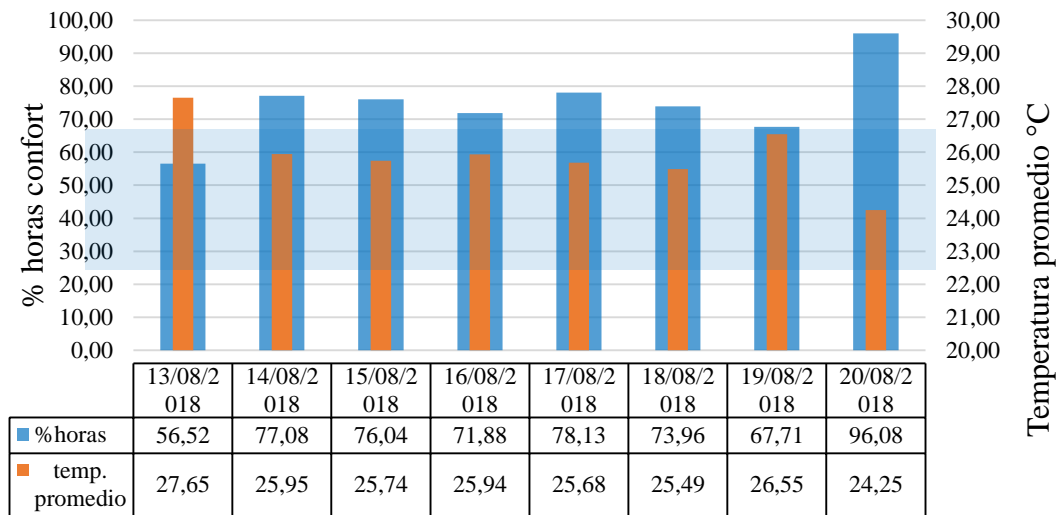


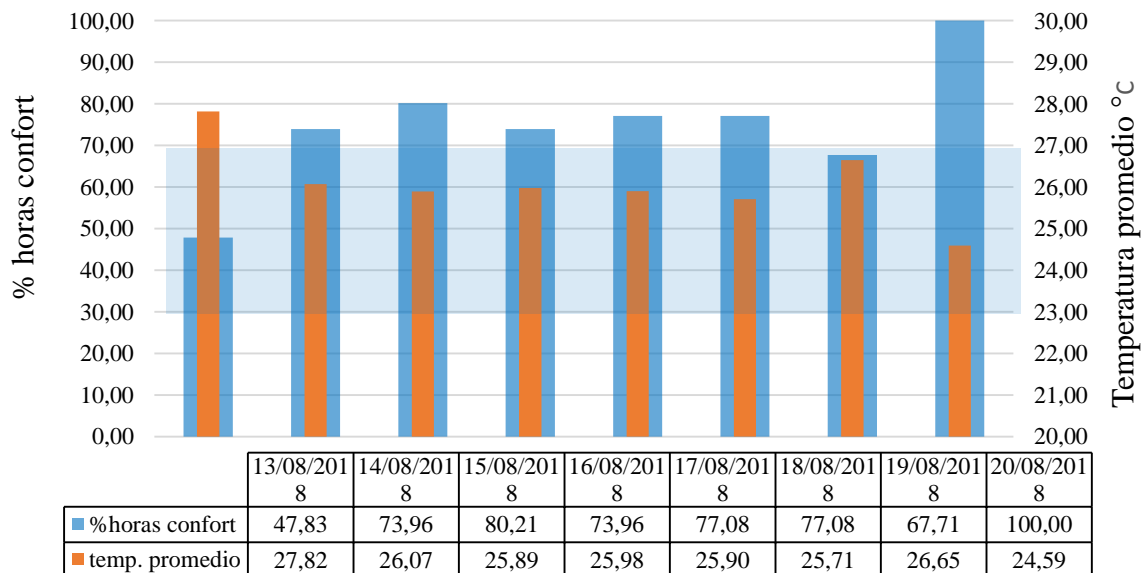
Figura 19: Valores de temperaturas de cubierta, interior y exterior de la vivienda C1 en el período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente elaboración propia, 2018.

Como se ilustra en la figura 20, la temperatura exterior, interior y de cubierta de la vivienda C1, se encuentra totalmente dentro del rango de confort con ligeras variaciones en el primer día donde se sale de la zona de confort, con 1°C aproximadamente. El comportamiento térmico en las tres zonas monitoreadas es similar.

Porcentaje de horas de confort temperatura exterior
Vivienda C1 13 al 20 agosto-2018



Porcentaje horas de confort temperatura interior
vivienda C1 13 al 20 agosto 2018



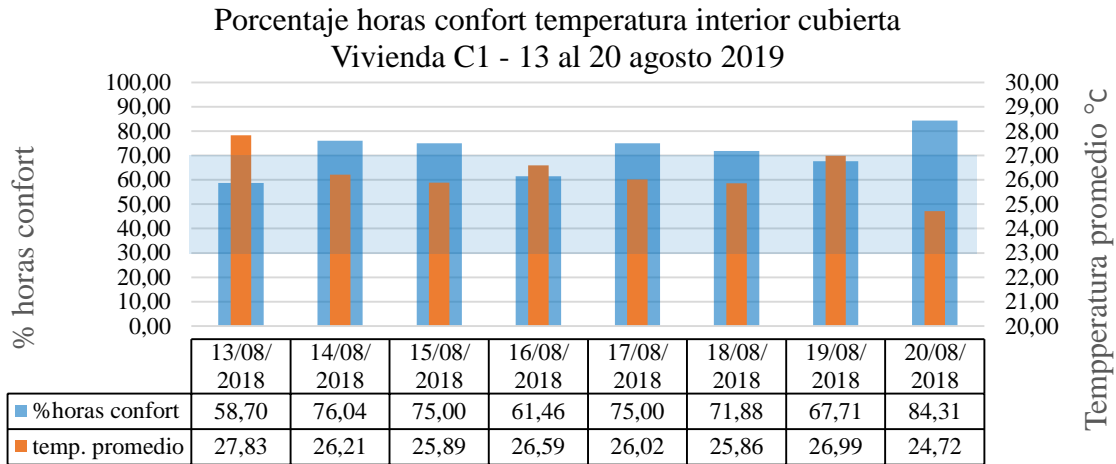


Figura 20: Valores de temperaturas exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente elaboración propia, 2018.

3.2.4.1.5 Humedad relativa Vivienda C1 del 13 al 20 de agosto del 2018

En la figura 21, los resultados de las curvas de humedad relativa exterior, interior y de cubierta, su comportamiento es similar durante los ocho días de monitoreo, se observa en las tres zonas monitoreadas entre las 17h00 y las 10h00 se encuentra fuera de la franja de confort del 70 a 90% de humedad. Se debería ventilar para mejorar los rangos altos de humedad dentro de la vivienda.

Los valores de humedad exterior y de cubierta son similares. La curva interior registra valores más bajos debido al descenso de temperatura.

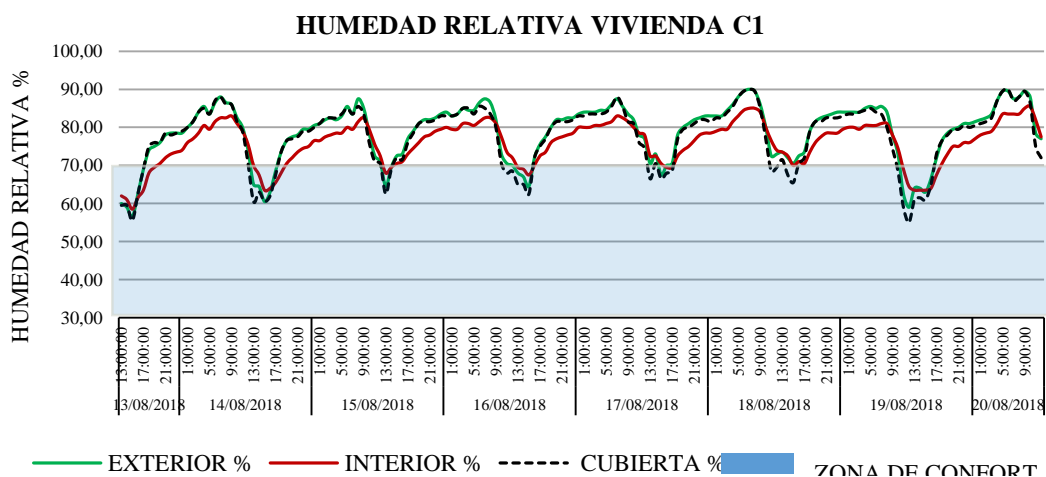
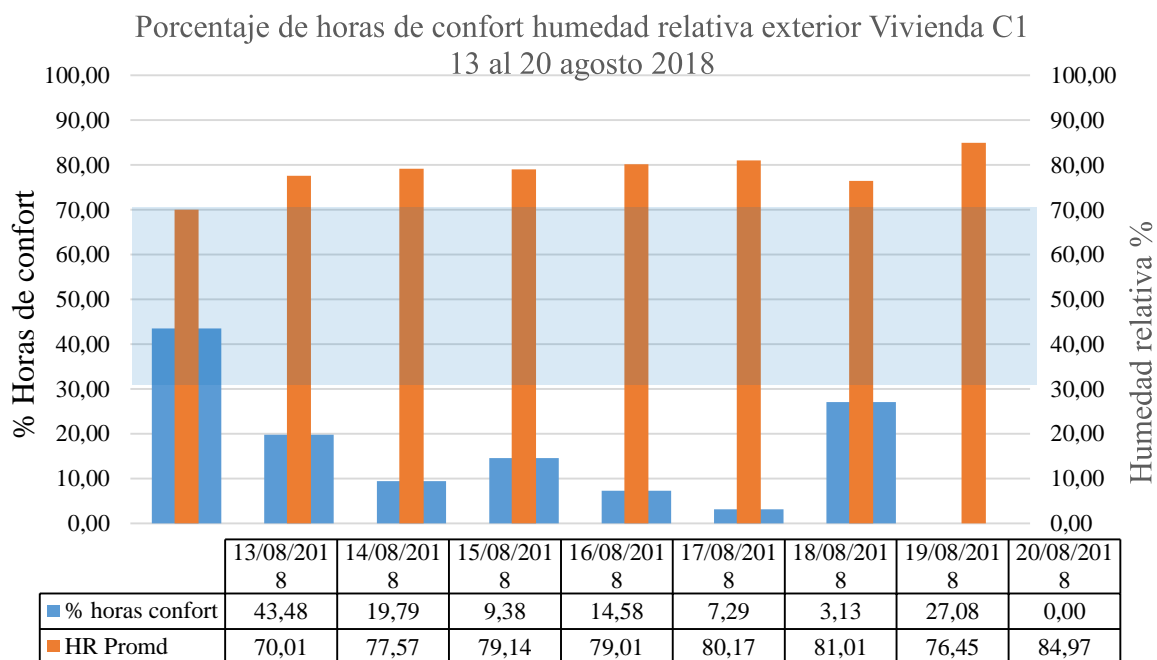


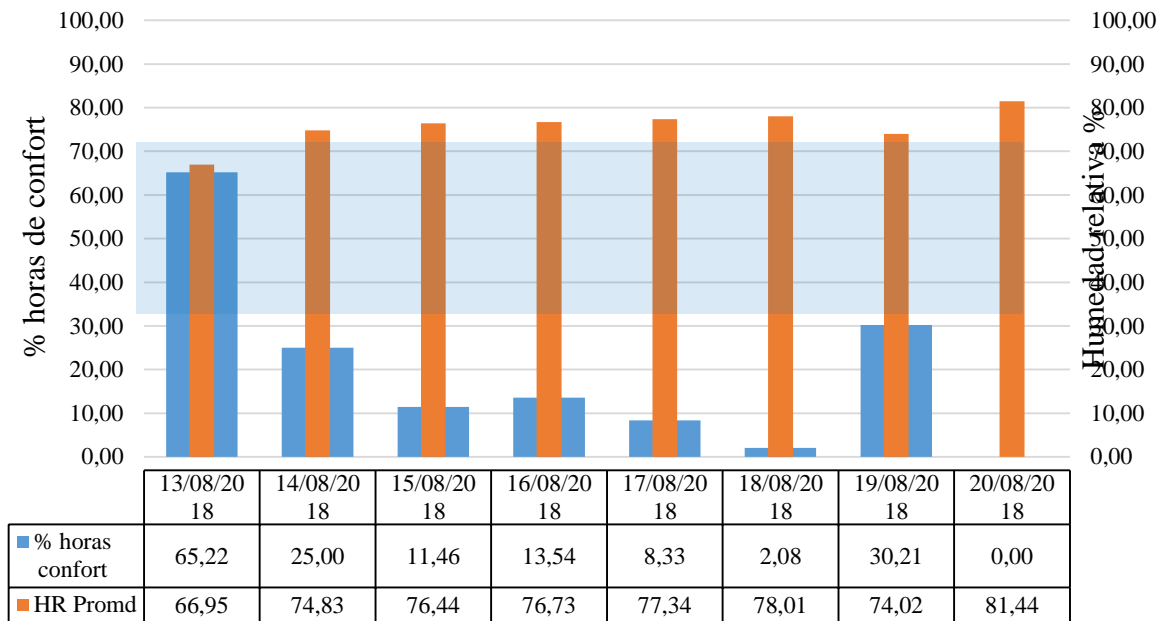
Figura 21: Valores de Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente: elaboración propia, 2018.

El porcentaje de horas de confort con respecto a la humedad relativa exterior en la figura 22, se observa que el primer día tiene un registro del 43,48% de confort con una HR promedio de 70,01%, en el resto de días tiene variaciones que se encuentran fuera de la zona de confort recomendable entre 30 y 70 %, que van del 77 al 84,97%, siendo el 20 de agosto el día más crítico con el 100% de di confort, con el 84,97% de humedad promedio, esto se debe a que las brisas del brazo de mar, elevando la humedad.

Lo mismo sucede con las curvas internas y de cubierta, donde los registros oscilan de forma similar que la exterior, en la figura 21, el comportamiento del primer día es similar a la curva exterior, la HR se encuentra dentro de la franja de confort con un promedio de 66,95%, fluctuando entre el 25 y 2% de horas de confort, entre el segundo y sexto día, ascendiendo al 33% en el séptimo día y siendo más crítico en el octavo día de medición, lo que puede generar enfermedades por humedad: presencia de hongos y daño en los materiales por condensación. La cubierta interna sufre el mismo comportamiento que las HR exterior y la interior, esta es la zona que está en contacto directo con la radiación, la misma que trasmite calor por convección a igual que la envolvente vertical por el bajo desempeño térmico de los materiales que conforman la cubierta.



Porcentaje horas de confort humedad relativa interior
Vivienda C1 13 al 20 mayo 2018



Porcentaje horas de confort humedad realtiva cubierta vivienda C1 13 al 20 agosto 2018

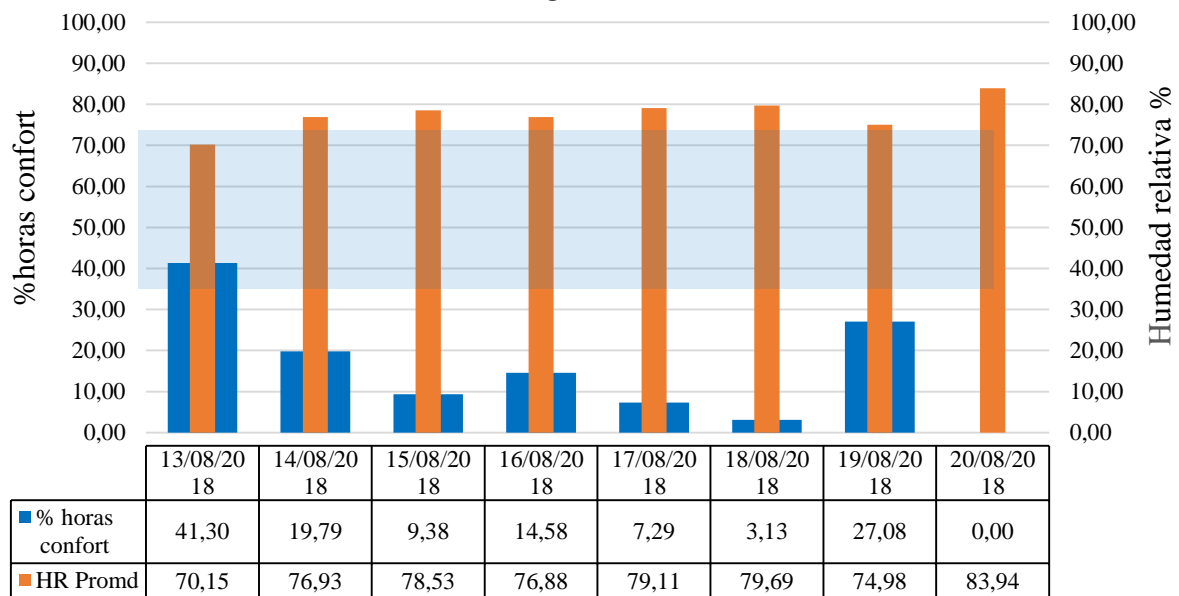


Figura 22: Porcentaje de horas de confort Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C1, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente: elaboración propia, 2018.

3.2.4.1.6 Comportamiento térmico de los materiales de la vivienda C1

La materialidad de la envolvente de la vivienda C1 está conformada por una estructura de

hormigón armado con plintos, columnas y vigas. La envolvente vertical se encuentra compuesta por paredes de bloque de hormigón de 20x40x10 cm., enlucido con mortero de 2cm de espesor por las dos caras y pintura látex, piso de cemento y cubierta a dos aguas apoyada en estructura metálica con chapas de zinc de 2 mm de espesor. Las ventanas y puertas son de madera.

A partir de las características físicas y térmicas de los componentes de la envolvente se realizó el cálculo de la transmitancia térmica, el porcentaje de amortiguación de la onda térmica y el desfase térmico en horas de los elementos en contacto con el exterior en base a la tabla de cálculo de Ytong, (tabla 18), dando como resultados del cálculo, una resistencia térmica R el cerramiento vertical de 0,25m²K/W, con una transmitancia térmica U de 2,39 W/m²K, valor menor a lo recomendado por la NEC 11-Cap. 13-24 que para la zona climática ZT6 cálido húmeda, el coeficiente U máximo de 3,00 W/m²K y a la norma NRB 15575, cumpliendo con la norma con climatización pasiva. (Tabla 13)

El porcentaje de amortiguación de la onda térmica es del 40,99%, con un desfase térmico de 4,60 horas, por lo que el sistema constructivo no requiere de modificación, se encuentra dentro de los rangos permitidos, no así la cubierta que tiene cero en resistencia térmica R (m²K/W y una elevada transmitancia térmica U de 7,14 W/m³K, superando los rangos máximos permitidos.

Observando esta tabla podemos concluir que los materiales que tienen conductividad térmica y densidad térmica menor son más resistentes de transmitir de calor, los valores altos se transmiten fácilmente (Roux Guierrez & García Izaguirre, 2014), el zinc tiene altos los valores de la densidad y de conductividad, por lo que su resistencia es cero y la transmitancia es alta.

Tabla 13: Cálculo del comportamiento térmico de la envolvente vertical y horizontal de la vivienda C1

Componente	Composición	Espesor	Conductividad térmica	Calor específico	Densidad	Resistencia térmica del material	
		m	W/mK	J/kgK	kg/m ³	m ² K/W	
Pared exterior envolvente vertical	Pintura látex	0,001	0,40	1460	1240	0,00	
	Mortero de cemento (1800-2000 kg/m ³)	0,020	1,30	1000	1900	0,02	
	Bloque de hormigón áridos ligeros perforado	0,100	0,47	1000	1000	0,21	
	Mortero de cemento (1800-2000 kg/m ³)	0,020	1,30	1000	1900	0,02	
	Pintura látex	0,001	0,40	1460	1240	0,00	
	Resistencia térmica del componente R= m²K/W						0,25
	Transmitancia térmica del cerramiento vertical U= W/m²K						2,39
	Inercia Térmica <u>Amortiguación de la onda térmica %</u>						40,99
Desfase térmico en horas						4,60	
Cubierta envolvente horizontal	Zinc	0,002	110,00	380	7200	0,00	
	Resistencia térmica del componente R= m²K/W						0,00
	Transmitancia térmica del cerramiento horizontal U= W/m²K						7,14
	Inercia Térmica <u>Amortiguación de la onda térmica %</u>						0,00
Desfase térmico en horas						0,00	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el cálculo de la transmitancia térmica de Ytong no toma en cuenta las temperaturas máximas y mínimas de la envolvente, por lo que se procede al cálculo de la amplitud de la curva que es la diferencia entre la temperatura media y la temperatura máxima o mínima del exterior, interior y cubierta diaria, obteniendo como resultado el promedio de la amplitud (Tabla 14).

En el período del 26 al 28 de mayo del 2017, el promedio de la amplitud térmica exterior es de 5,4°C, en el interior la amplitud térmica tiene una diferencia de 3°C y en la cubierta de 2,5°C, teniendo una diferencia de 2,4°C entre la temperatura exterior e interior del cerramiento vertical, debido a las altas temperaturas nocturnas por lo que se debe ventilar.

Tabla 14: Amplitud térmica de la envolvente vertical y horizontal de la Vivienda C1 26 al 18 de mayo 2017

Fecha	EXTERIOR			INTERIOR			CUBIERTA		
	Temperatura		Amplitud térmica	Temperatura		Amplitud térmica	Temperatura		Amplitud térmica
	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C
26/05/217	32,75	26,24	6,51	31,50	28,50	3,00	31,00	29,00	2,00
27/05/217	32,54	24,68	7,86	31,00	27,00	4,00	31,50	28,00	3,50
26/05/218	27,63	25,80	1,83	29,00	27,00	2,00	28,50	26,50	2,00
Promedio	30,97	25,57	5,40	30,50	27,50	3,00	30,33	27,83	2,50

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Con el cálculo de la amplitud el comportamiento de la envolvente sufre variaciones frente a la temperatura exterior e interior en el que se calcula el porcentaje de amortiguación de la onda y el desfase en hora, que es el tiempo que se demora en pasar el calor del exterior al interior (Tabla 15).

Tabla 15: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento

Fecha		Temperatura Máxima °C	Temperatura promedio °C	Amplitud °C	Amortiguamiento F	Factor de amortiguamiento FRO
26/05/217	A _{text}	32,75	28,71	4,04	0,33	0,67
	A _{tint}	31,50	30,16	1,34		
27/05/217	A _{text}	32,54	27,84	4,70	0,41	0,59
	A _{tint}	31,00	29,09	1,91		
26/05/218	A _{text}	27,63	26,29	1,34	0,82	0,18
	A _{tint}	29,00	27,90	1,10		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El cálculo de la inercia térmica durante este periodo de monitoreo da como resultado promedio de amortiguamiento de la onda del 47,33 % con un desfase de 6,45 horas. En este período el cerramiento cumple con la normativa. (Tabla 16)

Tabla 16: Inercia Térmica Vivienda C1

FECHA	EXTERIOR TEM MAX C°	INTERIOR TEMP MAX C°	DESFAZC Horas	AMORTIGUAMIENTO C°	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO FRO%
Hora	14:15:00	15:45:00	1:30:00		
13/08/2018	32,75	31,50		0,33	67,00
Hora	12:15:00	18:30:00	6:15:00		
14/08/2018	32,54	31,00		0,41	57,00
Hora	11:30:00	0:00:00	12:30:00		
15/08/2018	27,63	29,00		0,82	18,00
PROMEDIO			6:45:00	0,52	47,33

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el segundo período del 13 al 20 de agosto, la amplitud térmica promedio entre la temperatura máxima y mínima es 1,06°C, no requiere modificar los materiales de la vivienda. Los registros de temperatura máxima y mínima en el exterior promedio van de 29,75°C máximo y una mínima de 23,56°C, con una amplitud térmica de 6,19°C. El promedio máximo en el interior es de 29,31°C y una temperatura mínima de 24,19°C con una amplitud de 5,13°C de diferencia y en la cubierta la temperatura máxima es de 31,56°C y una mínima de 23,75°C, teniendo una diferencia de 7,81 °C. (Tabla 17)

Tabla 17: Cálculo de la amplitud térmica con respecto a la temperatura máxima y mínima interior exterior de la vivienda C1, 13 al 20 de agosto 2018

FECHA	EXTERIOR			INTERIOR			CUBIERTA		
	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD
	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C
13/08/2018	32,00	25,00	7,00	31,00	25,50	5,50	33,00	25,00	8,00
14/08/2018	31,50	23,50	8,00	30,00	24,00	6,00	32,50	23,50	9,00
15/08/2018	30,50	23,50	7,00	29,50	24,50	5,00	31,00	24,00	7,00
16/08/2018	25,00	23,50	1,50	29,50	24,00	5,50	31,50	24,00	7,50
17/08/2018	30,00	23,50	6,50	29,00	24,00	5,00	30,50	23,50	7,00
18/08/2018	29,00	23,00	6,00	28,50	24,00	4,50	30,50	23,50	7,00
19/08/2018	33,00	23,50	9,50	30,50	24,00	6,50	34,50	23,50	11,00
20/08/2018	27,00	23,00	4,00	26,50	23,50	3,00	29,00	23,00	6,00
PROMEDIOS	29,75	23,56	6,19	29,31	24,19	5,13	31,56	23,75	7,81

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para realizar el cálculo de la inercia térmica en base a la temperatura máxima exterior e interior respecto a la temperatura promedio, se calcula la amplitud térmica de la onda, el amortiguamiento y el factor de amortiguamiento que es en porcentaje. (Tabla 18)

Tabla 18: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento

Fecha		Temperatura Máxima °C	Temperatura promedio °C	Amplitud °C	Amortiguam iento F	Factor de amortiguamien to FRO
13/08/2018	Atext	33,50	27,65	5,85	0,63	0,3699
	Atint	31,50	27,82	3,68		
14/08/2018	Atext	32,50	25,95	6,55	0,68	0,3230
	Atint	30,50	26,07	4,43		
15/08/2018	Atext	32,50	25,74	6,76	0,53	0,4661
	Atint	29,50	25,89	3,61		
16/08/2018	Atext	31,00	25,94	5,06	0,70	0,3045
	Atint	29,50	25,98	3,52		
17/08/2018	Atext	30,00	25,68	4,32	0,83	0,1663
	Atint	29,50	25,90	3,60		
18/08/2018	Atext	29,50	25,49	4,01	0,82	0,1795
	Atint	29,00	25,71	3,29		
19/08/2018	Atext	33,50	26,55	6,95	0,63	0,3733
	Atint	31,00	26,65	4,35		
20/08/2018	Atext	27,50	24,25	3,25	0,74	0,2590
	Atint	27,00	24,59	2,41		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La inercia térmica de la envolvente de la diferencia entre la temperatura exterior e interior máxima, tiene apenas 0,37 horas de retardo térmico, el tiempo en que tarda en pasar la temperatura de exterior al interior es inmediato, con un amortiguamiento de la onda de 30,52% (Tabla 19).

Tabla 19: Inercia Térmica Vivienda C1

FECHA	TEM MAX EXTERIOR C°	TEM MAX INTERIOR C°	DESFACE HORAS	AMORTIGUA- MIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO %
Hora	14:45:00	14:45:00	0:00:00		
13/08/2018	33,50	31,50		0,63	36,99
Hora	13:30:00	15:15:00	1:45:00		
14/08/2018	32,50	30,50		0,68	32,30
Hora	12:45:00	13:00:00	0:15:00		
15/08/2018	32,50	29,50		0,53	46,61
Hora	14:15:00	15:15:00	1:00:00		
16/08/2018	31,00	29,50		0,70	30,45
Hora	15:00:00	15:30:00	0:30:00		
17/08/2018	30,00	29,50		0,83	16,63
Hora	14:30:00	14:45:00	0:15:00		
18/08/2018	29,50	29,00		0,82	17,95
Hora	12:15:00	12:30:00	0:15:00		
19/08/2018	33,50	31,00		0,63	37,33
Hora	11:30:00	12:30:00	1:00:00		
20/08/2018	27,50	27,00		0,74	25,90
PROMEDIO			0:37:30	0,69	30,52

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2.4.2 Vivienda C2

3.2.4.2.1 Análisis de los resultados de las mediciones en situ del 26 al 28 de mayo 2017 de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C2

Como se ilustra en la tabla 20, los resultados obtenidos en el resumen de temperaturas máximas y mínimas diarias durante el primer período de medición, se observa que en este promedio tanto la temperatura como la humedad máxima de encuentra fuera de la zona de confort y las mínimas se encuentran dentro de la franja de confort. En la cubierta la temperatura máxima llega a 34,25°C, mientras que la temperatura mínima se encuentra a 25,95°C, con una humedad relativa promedio que va de 89,45 a 55,91%.

La temperatura interior promedio máxima y mínima va de 30,66 a 26,38°C, con una humedad relativa de 82,35 a 67,48% y en el exterior con un promedio de temperatura máxima de 30 °C, 33°C y mínima de 25,73°C con humedades que van del 85,93 a 66,49 %.

Tabla 20: Resumen de temperatura y humedad máximas y mínimas Vivienda C2

FECHA	CUBIERTA				INTERIOR				EXTERIOR			
	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	
	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %
26/05/217	36,78	26,77	82,28	46,50	32,49	27,29	76,67	59,64	32,42	26,68	82,59	56,99
27/05/217	38,26	25,09	97,19	47,09	32,21	25,77	85,12	65,98	31,67	24,68	85,12	65,98
26/05/218	27,71	25,97	88,87	74,13	27,27	26,07	85,25	76,81	26,90	25,82	90,09	76,51
PROMEDIO	34,25	25,95	89,45	55,91	30,66	26,38	82,35	67,48	30,33	25,73	85,93	66,49

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La vivienda C2 durante el período del 26 al 28 de mayo del 2017, se observa en la figura 23, que las temperaturas de cubierta, interior y exterior tienen oscilaciones similares, elevándose en la mañana y declinando en horas de la tarde, alcanzando estado de confort en horas de la madrugada y elevándose en horas de la mañana y tarde. Las temperaturas de la cubierta se encuentran totalmente fuera de la zona de confort con picos elevados alrededor del mediodía sobre los 38°C el 26 de mayo y el 27 de mayo alcanzando a los 40°C totalmente fuera de los rangos aceptables de 23 a 27°C (figura 23)

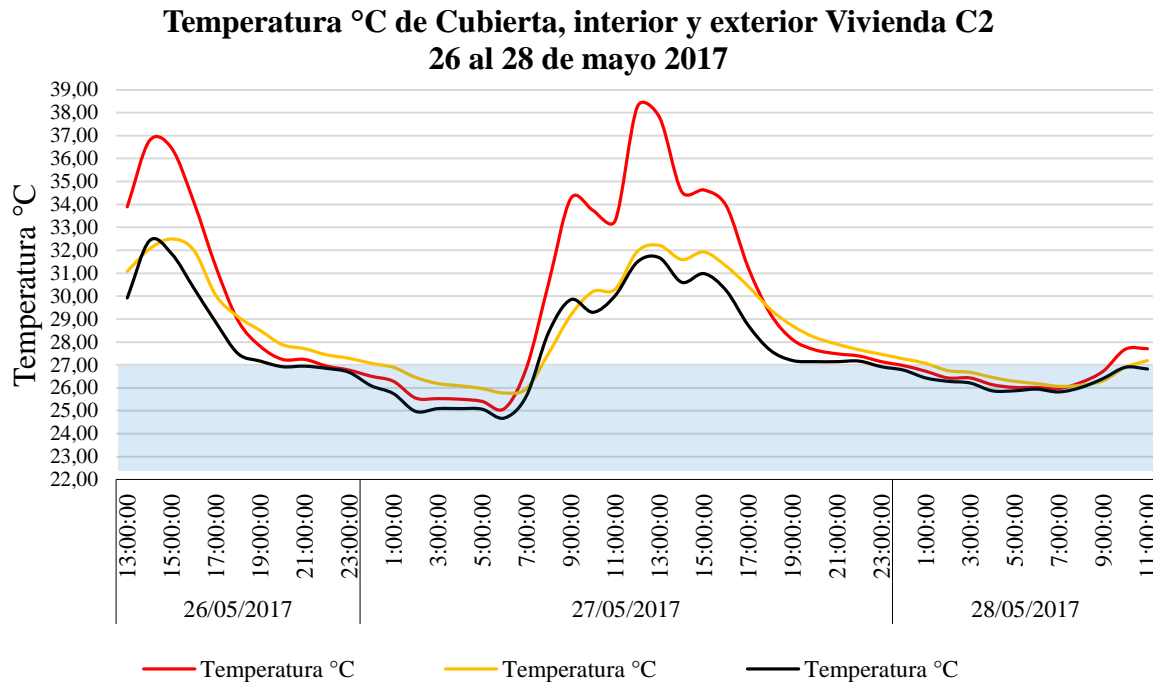


Figura 23: Valores de temperatura de cubierta, interior y exterior de la vivienda C2 en el período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente elaboración propia, 2018.

3.2.4.2.2 Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort de la temperatura interior y exterior de la vivienda C2 del 26 al 28 de mayo 2017

Temperatura interior cubierta

El porcentaje de horas de confort con respecto a la temperatura interior de la cubierta (figura 24) se observa que entre el 26 y 28 de mayo, la temperatura interior de la cubierta alcanza el 100% de desconfort, oscilando entre los 30,18 a los 27,33°C, fuera de los rangos, esto se debe a la baja inercia térmica de los materiales de la envolvente de la cubierta de zinc, permitiendo mayor transferencia de calor del exterior al interior.

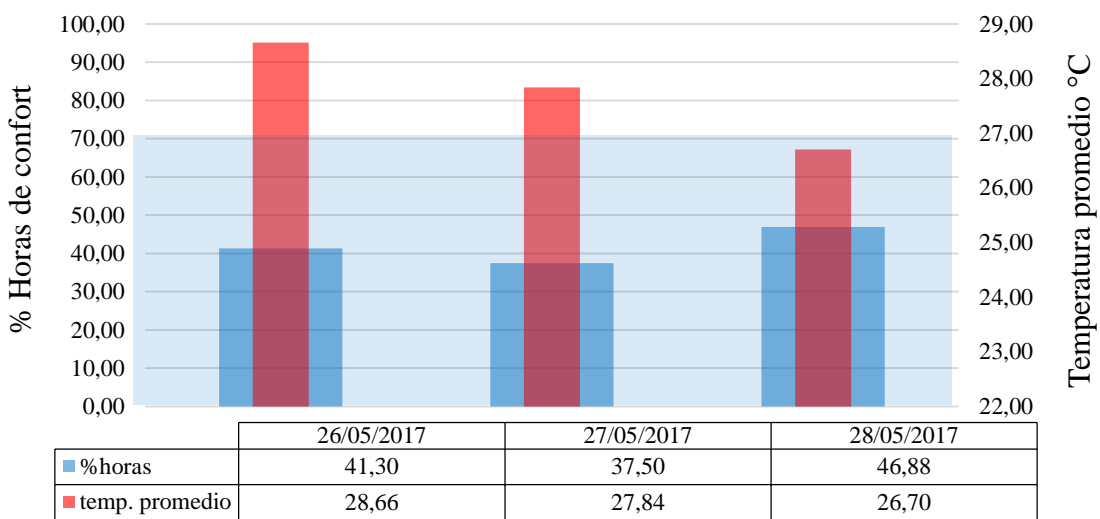


Figura 24: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la cubierta, vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

Como se observa en la figura 25, la temperatura interior de la pared, de las 46 mediciones realizadas, el 100% se encuentra totalmente fuera de la franja de confort, con temperaturas que van desde 27,09 a 32,83°C y con un promedio de 29,54°C durante el primer día; de las 96 mediciones, el segundo día varía, se tiene 29,17% de horas de confort, con temperaturas que van desde los 25,68 a 32,57°C, con un promedio de temperatura de 28,65°C y el tercer día aumenta el porcentaje de horas de confort a 37,50% en 65 mediciones que van de 26,07 a 29,30°C con un promedio de temperatura de 27,05°C.

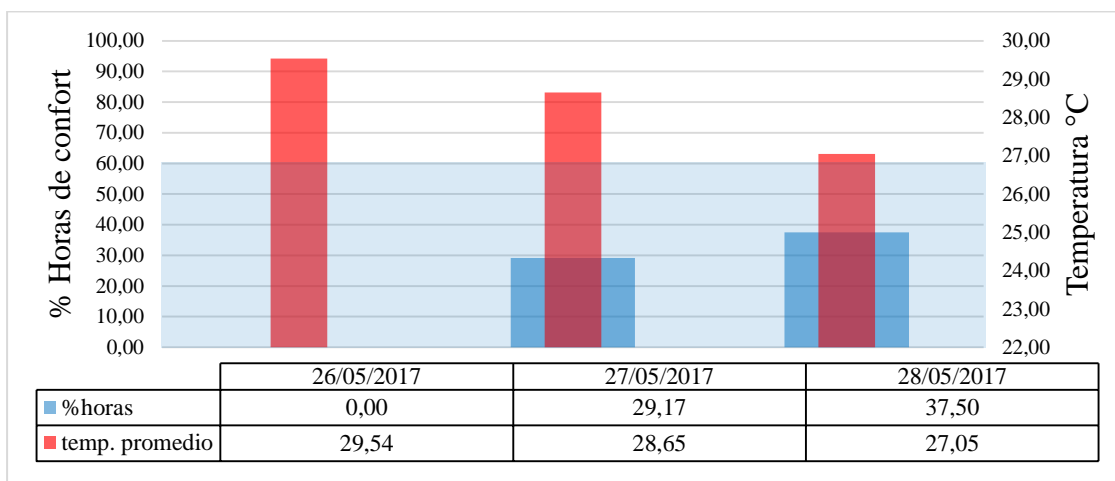


Figura 25: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y de temperatura promedio interior de la pared, vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

Temperatura exterior

El porcentaje de horas de confort de la temperatura exterior de la vivienda C2 es del 19,57%, con un promedio de temperatura de 30,71°C de una fluctuación que va de 26,46° a 38,43°C, durante el primer día con 46 mediciones. En el segundo día con un total de 96 mediciones, el 30,21% se encuentran en la franja de confort, con temperaturas que varían de 25 a 40,13°C y con una temperatura promedio de 27,84°C y el tercer día tiene el 58,46% de horas de confort, con una temperatura máxima de 31, 01°C y una mínima de 25,24°C, contando con una temperatura promedio de 27,22°C (figura 26).

La diferencia de temperatura entre el primer día y segundo día es de -1°C y entre el segundo y tercer día es de 1,55°C.

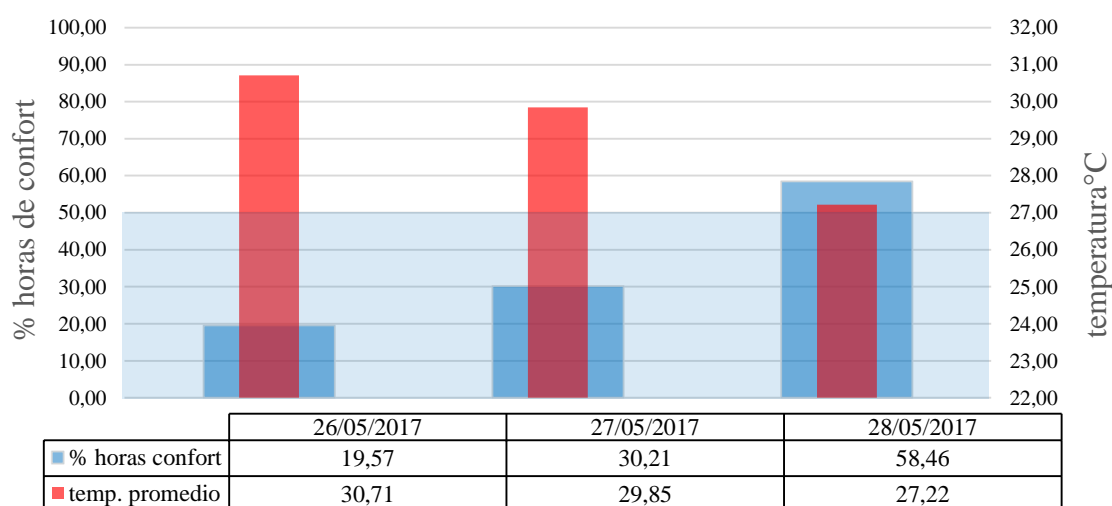


Figura 26: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura promedio exterior de la vivienda C1. Fuente elaboración propia, 2018.

3.2.4.2.3 Análisis comparativo de la humedad relativa interior y exterior de la vivienda C2

Como se ilustra en la figura 27, los resultados de las curvas de humedad relativa interior y exterior se comportan de forma similar durante los tres días de monitoreo, manteniéndose dentro de la franja de confort desde las 9h00 hasta las 17h30 los días 26 y 27 de mayo y desde 17h00 aproximadamente fuera de confort la noche y parte de la mañana, con una humedad máxima en el interior de la vivienda de 83,03%, una mínima de 59,10% y un promedio de 75,68% y la cubierta con una máxima de 97,19%, mínima de 40,90% y una promedio de 74,64%.

La humedad relativa exterior se encuentra dentro de la zona de confort, los valores de la

curva son bajos 12h30 a las17h00 el primer día y fluctuando entre las 8h00 hasta las 17h00, del 27 de mayo con porcentajes que van del 94,27% con máximo y mínimo 55,11% y un promedio de 79,33 %.

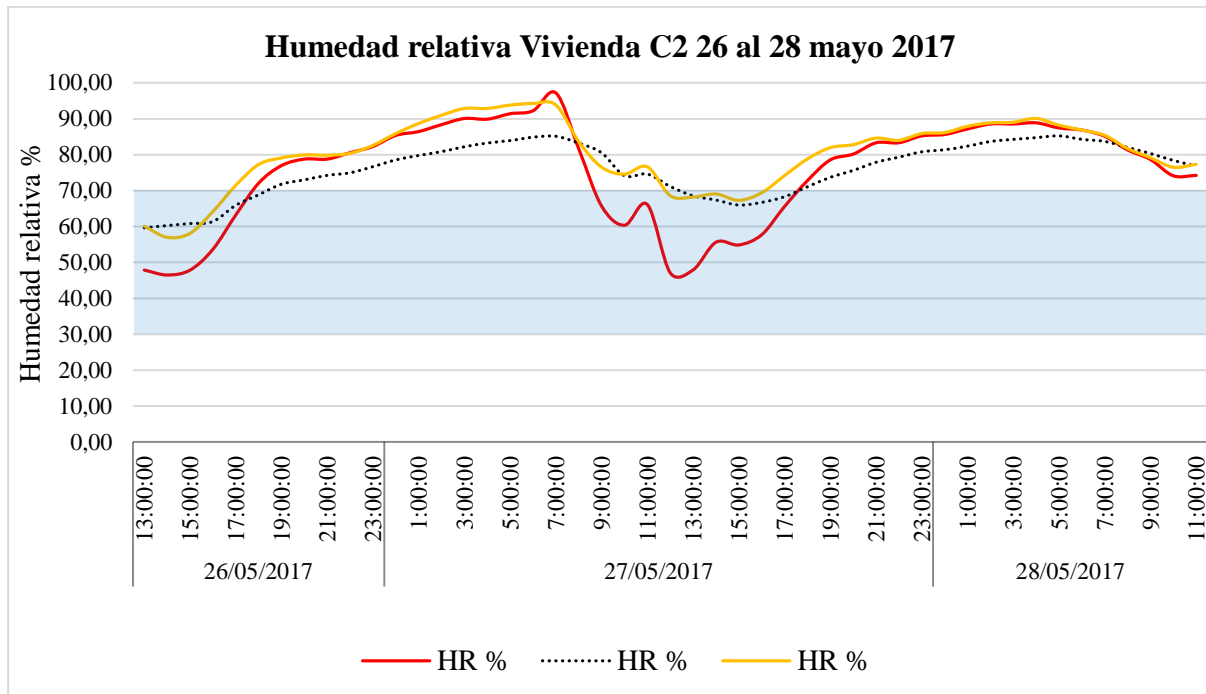


Figura 27: Análisis comparativo de humedad relativa en la vivienda C2 interior, exterior y cubierta. Fuente elaboración propia, 2018.

En la figura 28, el porcentaje de horas de confort de humedad relativa interior de la cubierta es del 47,83% de 22 de 46 mediciones durante el primer día de monitoreo, donde la humedad promedio es de 69,29% en un rango que va desde el 40,90% a 83,69% de humedad relativa. En el segundo día de 96 registro solo 35 están en confort con 36,46%, con una humedad promedio de 74,87% con registros de 45,83 al 97, 19% de humedad relativa y el tercer día descendiende a 10,77% de horas de confort de las 65 mediciones solo 7 horas se encuentran en confort de acuerdo a los rangos aceptables, con un promedio de humedad que supera el rango permitido del 80,47%, registros que van del 61,75 al 90,66%.

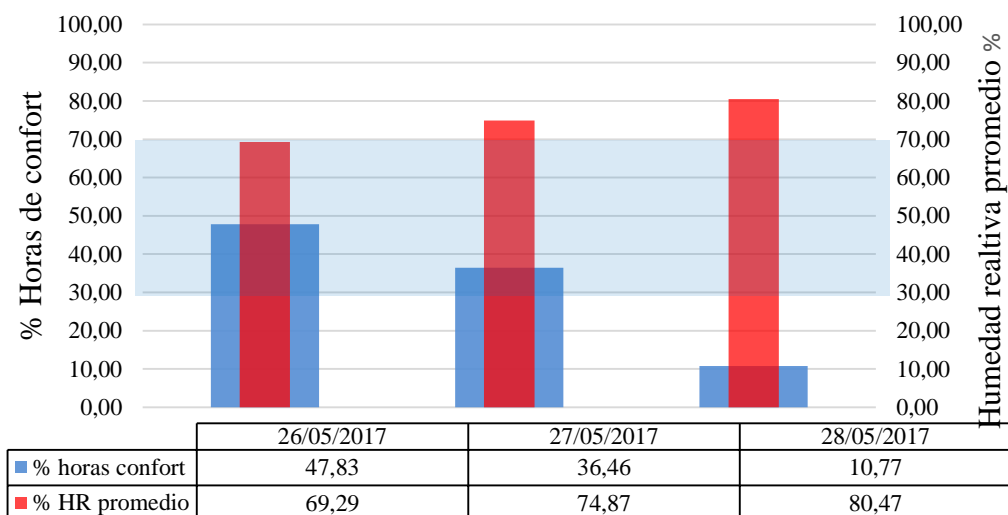


Figura 28: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa HR Cubierta Vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

De acuerdo a la figura 29, el porcentaje de horas de confort en el interior de la vivienda es 52,17% de los 46 registros tomados el primer día solo 24 se encuentran dentro de la zona de confort con una HR promedio del 68,12%, cuyos rangos van de 59,10 a 77,30% de HR. Durante el segundo día las horas de confort decrece al 22,92% de 96 registro solo 35 se encuentran dentro de la franja de confort, con un promedio de HR 76,56% de rangos 65,98 a 85,13%. Y el tercer día de los 65 registros realizados todos se encuentran fuera de la zona de confort con una HR promedio de 80% en registros que van de 71,67 a 86,03%.

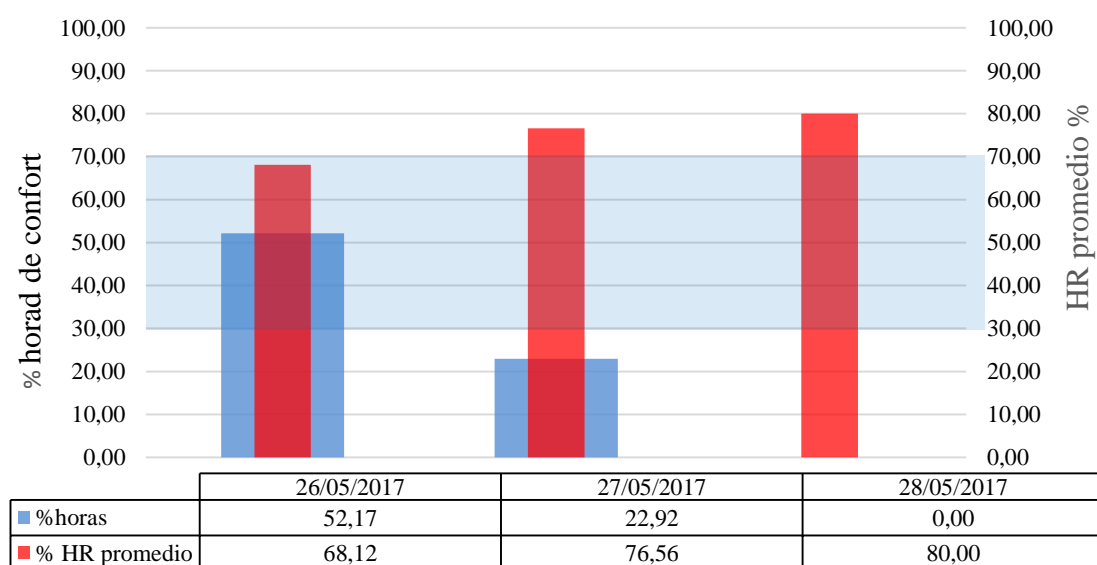


Figura 29: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Interior Vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

La humedad relativa exterior de la vivienda C2 tiene un comportamiento similar a la humedad interior con el 36,96% de horas de confort de las 46 mediciones 17 se encuentran dentro de la zona de confort con una HR promedio de 71,74%. El segundo día de los 96 registros 20 se encuentran en el rango de confort que representa el 20,83% de horas de confort, con una HR promedio de 81,38% con registros de 65,55 a 94,275 HR y el último día de las 65 mediciones una se encuentra en confort teniendo el 1,04% de horas de confort durante el 28 de mayo, con una HR promedio de 82,04% en rangos que van de 69,04 a 91,63%, figura 30.

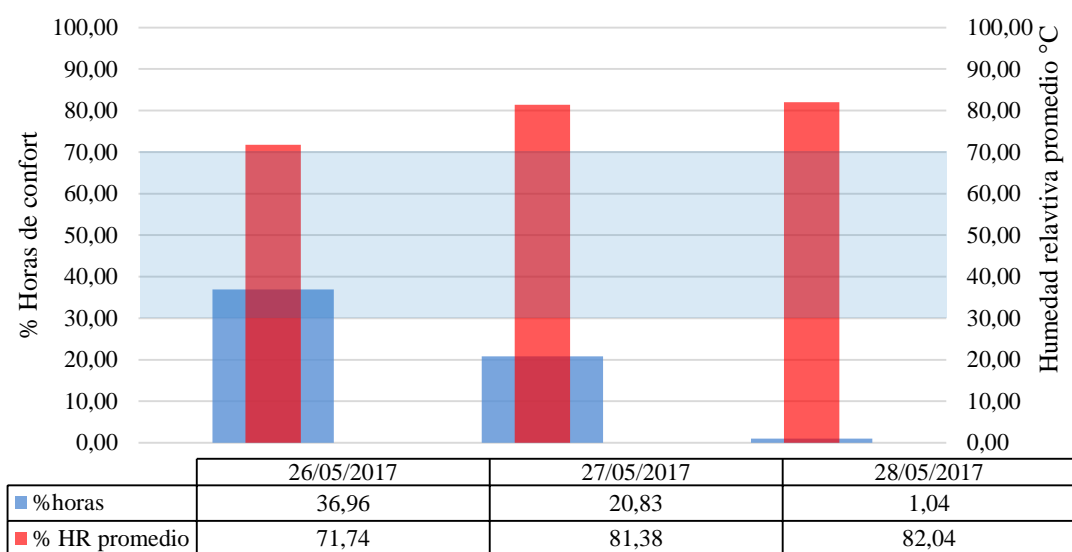


Figura 30: Porcentaje Horas de Confort Humedad Relativa Exterior Vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

3.2.4.2.4 Análisis de los resultados de las mediciones de temperatura del aire y humedad relativa de la Vivienda C2 del 13 al 20 de agosto del 2018

Temperatura del aire

De acuerdo a los resultados obtenidos en el resumen de temperaturas máximas y mínimas (Tabla 21), durante este período de medición, se observa que se encuentran en la zona de confort, dando un registro promedio de la temperatura máxima exterior de 29,44°C y temperatura mínima de 23,13°C con una humedad relativa promedio que va de 8,19% a 66,69%. La temperatura interior promedio máxima es de 28,50° y la mínima de 23,31°C con una humedad relativa que va de 82 a 67,19% y en la cubierta se eleva la temperatura máxima

debido a que esta zona se encuentra expuesta todo el tiempo a la radiación a 31,56°C, con una temperatura mínima 23,75°C y una humedad relativa de 83,13% a 69,81%. La cubierta tiene una temperatura promedio máxima de 30,06°C, una mínima de 22,75°C y una humedad relativa máxima de 87,13 decreciendo a 63, 815%.

Tabla 21 **Resumen de Temperatura y humedad máxima y mínima**

FECHA	Exterior				Interior				Cubierta			
	Tempertatura		Humedad Relativa		Tempertatura		Humedad Relativa		Tempertatura		Humedad Relativa	
	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %
13/08/2018	31,50	24,50	80,00	58,50	30,00	24,50	76,50	62,00	30,00	24,00	80,00	57,50
14/08/2018	31,00	22,50	88,50	61,50	29,00	23,00	83,50	66,00	31,00	22,50	88,00	60,00
15/08/2018	30,00	23,00	90,50	67,00	28,00	23,50	82,00	71,50	30,00	23,00	87,00	65,00
16/08/2018	24,00	23,00	91,00	70,50	28,50	23,50	83,50	71,00	29,50	23,00	88,50	68,50
17/08/2018	29,50	23,50	88,00	70,00	28,00	23,50	84,00	72,50	29,50	22,50	87,00	67,00
18/08/2018	29,00	23,00	90,00	70,50	27,50	23,00	85,50	73,00	30,50	22,50	90,00	65,50
19/08/2018	32,50	23,00	87,50	58,50	30,50	23,00	84,00	64,00	31,50	22,50	86,50	55,00
20/08/2018	28,00	22,50	90,00	77,00	26,50	22,50	86,00	78,50	28,50	22,00	90,00	72,00
PROMEDIO	29,44	23,13	88,19	66,69	28,50	23,31	83,13	69,81	30,06	22,75	87,13	63,81

Fuente elaboración propia, 2018.

Las oscilaciones de las temperaturas: exterior, interior y de cubierta de la vivienda C2, durante el período de medición del 13 al 20 de agosto del 2018, tienen un comportamiento similar, a partir de las 17h00 hasta las 10h00 aproximadamente, se encuentran en zona de confort, entre 23 a 27°C, teniendo sus picos más altos entre las 12h00 y 17h00 con algunas variaciones. Las temperaturas que se encuentran dentro de estos rangos son entre 27 y 31,5°C. Durante la noche y madrugada las tres temperaturas se encuentran dentro del franja confort dentro de los 22 y 27°C (figura 31)

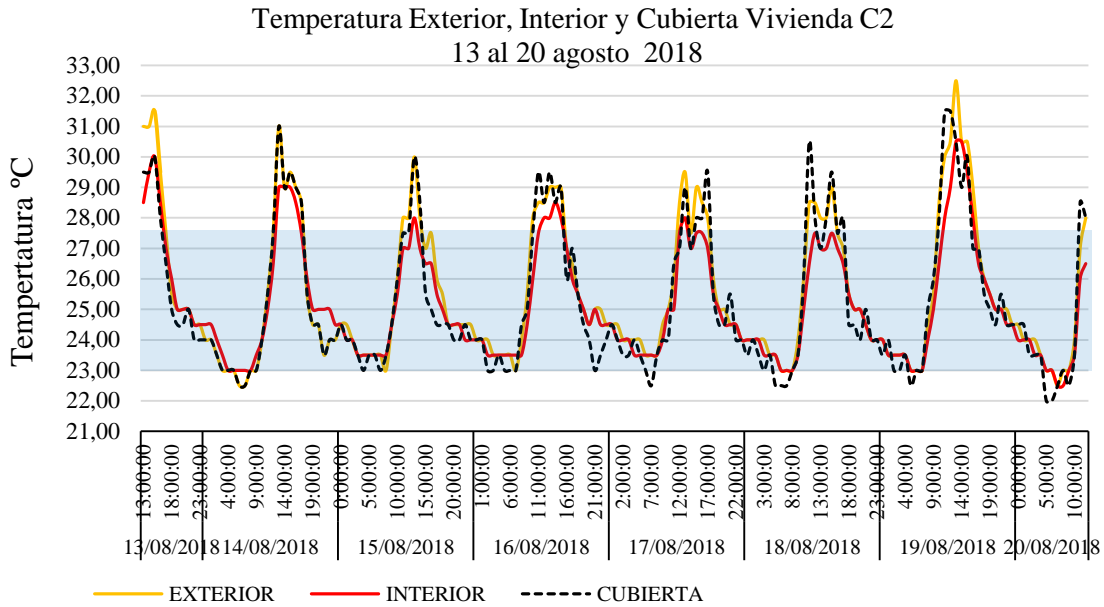
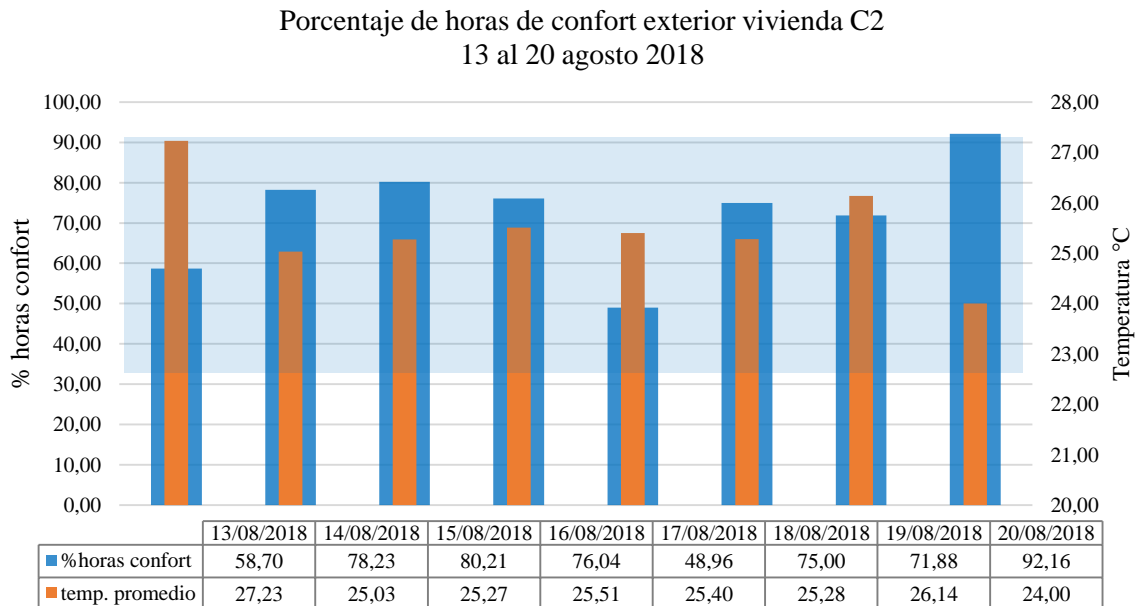
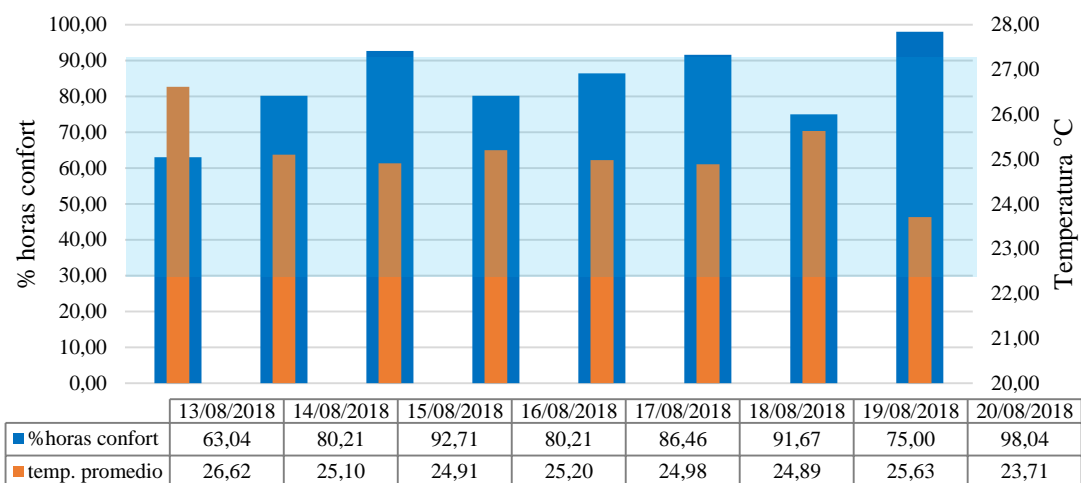


Figura 31: Valores de temperaturas de cubierta, interior y exterior de la vivienda C2 en el período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente elaboración propia.

Como se ilustra en la figura 32, la temperatura exterior, interior y de cubierta de la vivienda C2, se encuentran totalmente dentro del rango de confort, el comportamiento térmico en las tres zonas monitoreadas es similar. El porcentaje promedio de horas de confort en exterior es del 72,65%, en el interior es del 83,42% y en la cubierta del 79,35%.



Porcentaje horas de confort interior vivienda C2
13 al 20 agosto 2018



Porcentaje horas de confort temperatura interior cubierta
Vivienda C2 13 al 20 agosto 2018

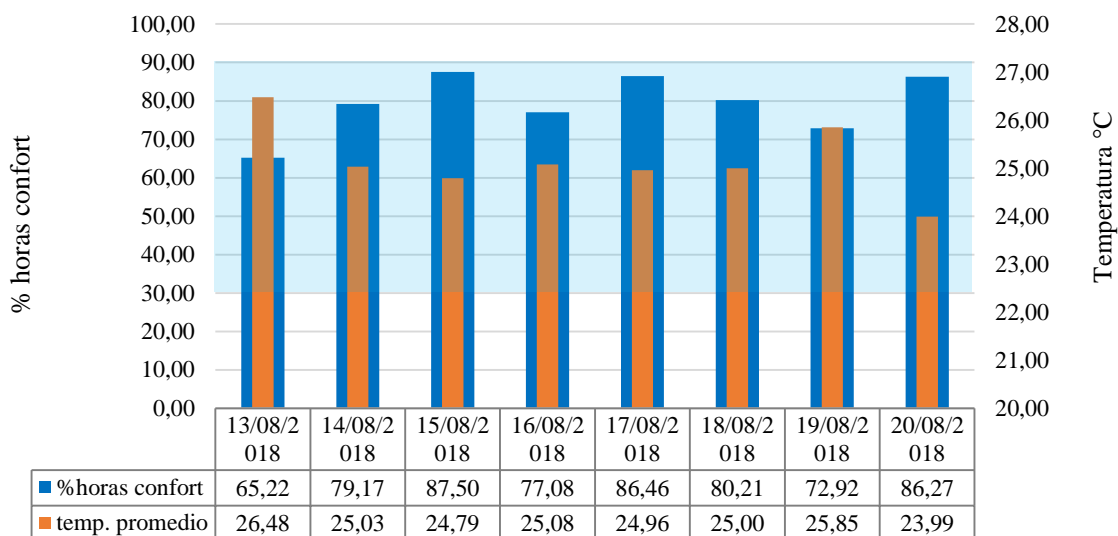


Figura 32: Análisis comparativo del porcentaje de horas de confort y la temperatura exterior, interior y de cubierta de la vivienda C2. Fuente elaboración propia, 2018.

Humedad relativa Vivienda C2 del 13 al 20 de agosto del 2018

La humedad relativa exterior, interior y de cubierta como se ilustra en la figura 33, su comportamiento es similar durante los ocho días de monitoreo, la humedad relativa de las tres zonas monitoreadas, se encuentra fuera de la franja de confort sobre el 70 % de humedad. Se debería ventilar para mejorar los rangos altos de humedad dentro de la vivienda

Los valores de humedad exterior y de cubierta son similares. La curva interior registra valores más bajos debido al descenso de temperatura.

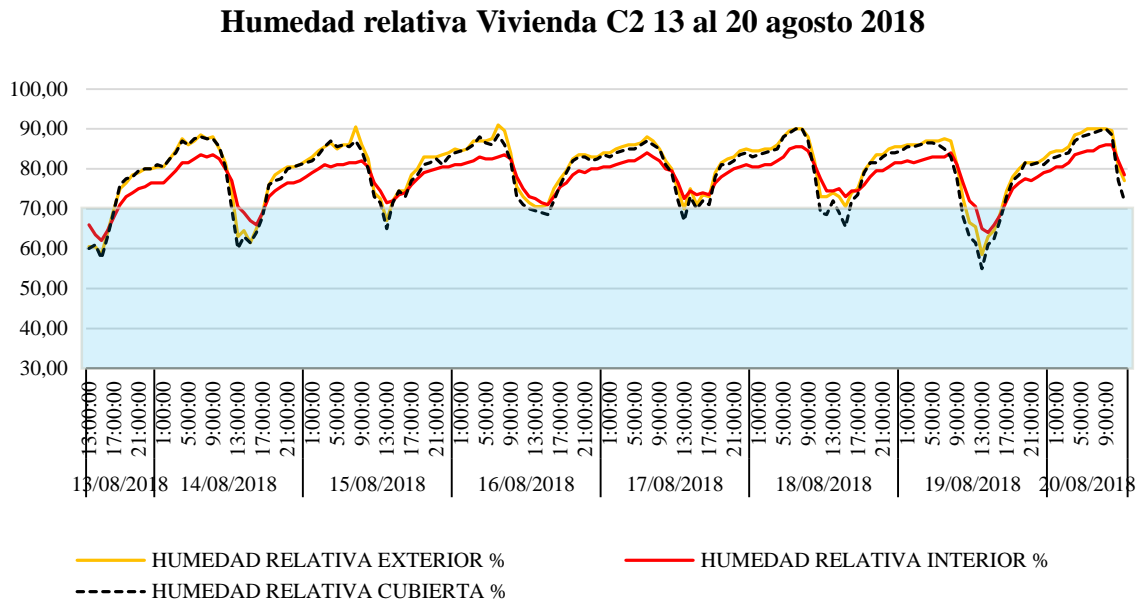
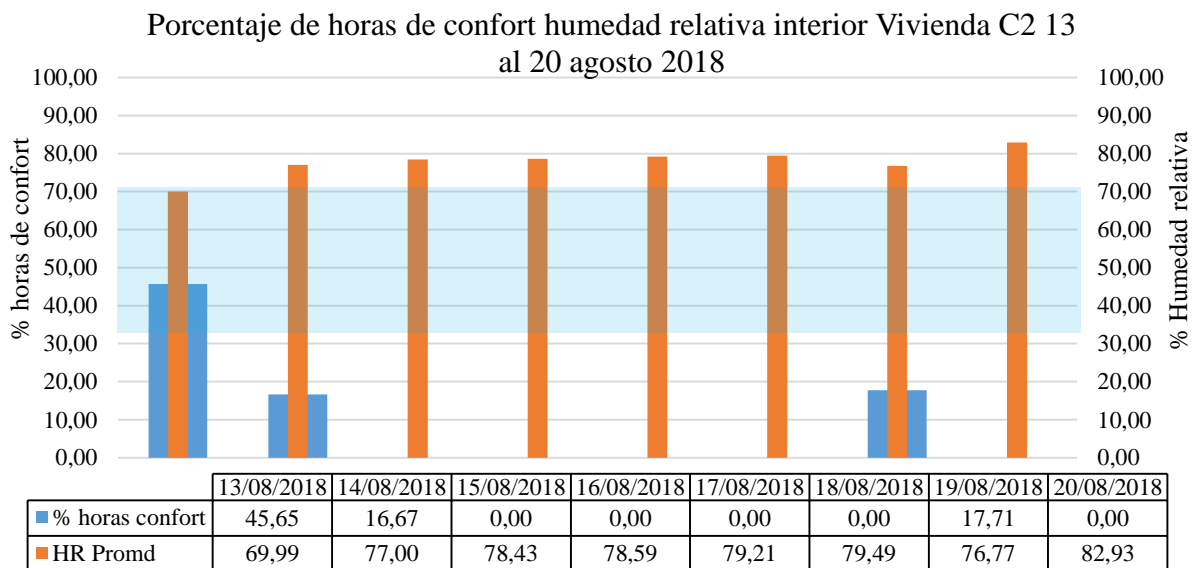
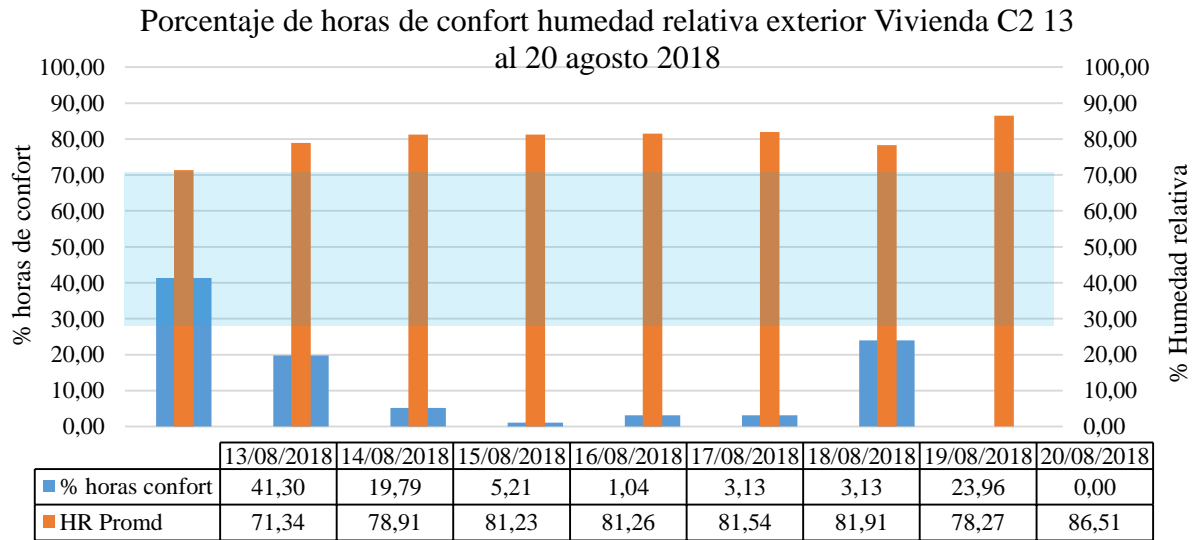


Figura 33: Valores de Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente: elaboración propia 2019.

El porcentaje de horas de confort con respecto a la humedad relativa exterior en la figura 34, se observa que el primer día tiene un registro del 41,30% de confort con una HR promedio de 71,34%, en el resto de días tiene variaciones entre el 78% y 86,51% de humedad, encontrándose la HR totalmente fuera de la zona de confort recomendable entre 30 y 70 %, debido a la presencia de las brisas del brazo de mar, elevando la humedad alcanzando el 12,20% de horas de confort en el exterior.

El porcentaje de horas de confort durante el primero, segundo y séptimo día son similares en el exterior y el interior. Las variaciones de porcentaje de humedad en el interior de la vivienda el comportamiento del primer día es similar a la curva exterior y a la de la cubierta, siendo más críticos los días tercero, cuarto, quinto, sexto y octavo donde la humedad pasa todos estos días 100% en discomfort, lo que puede generar enfermedades por la presencia de hongos y daño en los materiales por condensación, con el 10% de horas de confort

La cubierta interna sufre el mismo comportamiento que la HR exterior y la interior, esta es la zona que está en contacto directo con la radiación, la misma que trasmite calor por convección a igual que la envolvente vertical por el bajo desempeño térmico de los materiales que conforman la cubierta alcanzando el 18,10% de horas de confort.



Porcentaje de horas de confort HR Cubierta Vivienda C2
13 al 20 de agosto 2018

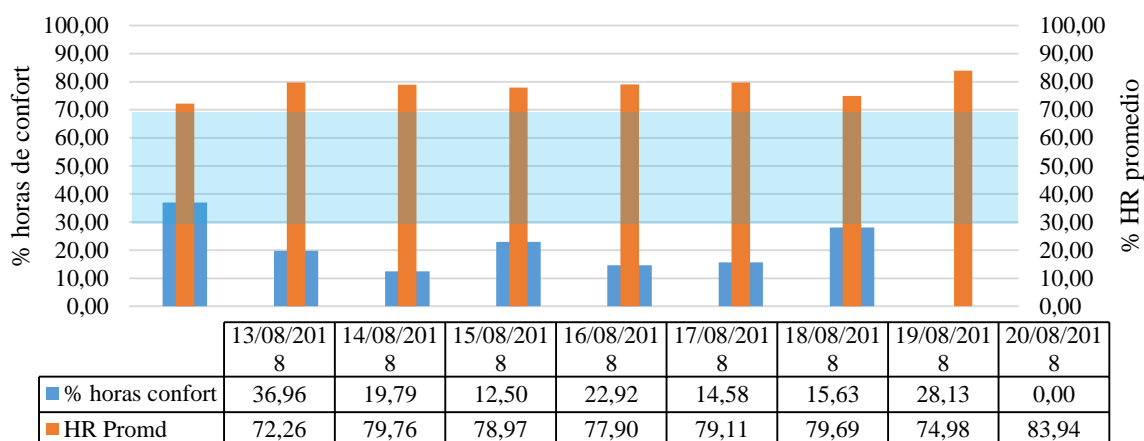


Figura 34: Porcentaje de horas de confort Humedad exterior, interior y cubierta de la vivienda C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente elaboración propia.

3.2.4.2.5 Comportamiento térmico de los materiales de la vivienda C2

Las características de los materiales de construcción de la vivienda C2 está conformada por estructura de madera con alfajías de colorado de 10x10cm, la envolvente vertical con tablas de madera de colorado de 22x2 cm y la cubierta a dos aguas sobre estructura de madera del mismo tipo de 10x10cm y planchas de zinc de 2 mm de espesor.

El cálculo de la transmitancia térmica, el porcentaje de amortiguación de la onda térmica y el desfase térmico se realizó en base a la tabla de cálculo de Ytong, Tabla 22, los resultados del cálculo da una resistencia térmica R de la envolvente vertical de 0,13 m²K/w, con una transmitancia térmica U de 3,30 valor menor al máximo recomendado para paredes sobre el nivel del terreno de acuerdo a la zona climática Z1 el valor máximo de U= 4,61 W/m²k (MIDUVI, 2018), con porcentaje de amortiguación de la onda térmica del 0,49 y un desfase térmico de 0,50 horas, por lo que el sistema constructivo no requiere de modificación, se encuentra dentro de los rangos máximo permitidos, no así la cubierta que tiene cero en resistencia térmica y una elevada transmitancia térmica de 7,14, superando los rangos máximos permitidos U=3,5 w/m²k, por lo que se debe aislar y ventilar. (MIDUVI, 2018)

Tabla 22: Cálculo del comportamiento térmico de la envolvente vertical y horizontal de la vivienda C2

Componente	Composición	Espesor	Conductividad térmica	Calor específico	Densidad	Resistencia	
						térmica del material	
		m	W/mK	J/kgK	kg/m ³	m ² K/W	
Pared exterior envolvente vertical	Madera	0,020	0,15	2100	600	0,13	
	Resistencia térmica del componente R= m²K/W						0,13
	Transmitancia térmica del cerramiento vertical U= W/m²K						3,30
	Inercia Térmica	Amortiguación de la onda térmica %					0,49
		Desfase térmico en horas					0,50
Cubierta envolvente horizontal	Zinc	0,002	110,00	380	7200	0,00	
	Resistencia térmica del componente R= m²K/W						0,00
	Transmitancia térmica del cerramiento horizontal U= W/m²K						7,14
	Inercia Térmica	Amortiguación de la onda térmica %					0,00
		Desfase térmico en horas					0,00

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cálculo de la amplitud e inercia térmica tomando en cuenta las temperaturas máximas y mínimas de la envolvente, (Tabla 23), teniendo una amplitud de 5, 40° de diferencia entre la máxima y la temperatura mínima exterior, en el interior de 3° de amplitud y en la cubierta de 2, 5°.

Tabla 23: Amplitud térmica de la envolvente vertical y horizontal de la Vivienda C2 26 al 18 de mayo 2017

Fecha	EXTERIOR			INTERIOR			CUBIERTA		
	Temperatura		Amplitud térmica °C	Temperatura		Amplitud térmica °C	Temperatura		Amplitud térmica °C
	MAX. °C	MIN. °C		MAX. °C	MIN. °C		MAX. °C	MIN. °C	
26/05/217	32,75	26,24	6,51	31,50	28,50	3,00	31,00	29,00	2,00
27/05/217	32,54	24,68	7,86	31,00	27,00	4,00	31,50	28,00	3,50
26/05/218	27,63	25,80	1,83	29,00	27,00	2,00	28,50	26,50	2,00
Promedio	30,97	25,57	5,40	30,50	27,50	3,00	30,33	27,83	2,50

Fuente elaboración propia, 2018.

Con el cálculo de la amplitud e inercia térmica tomando en cuenta las temperaturas máximas y mínimas de la envolvente, el comportamiento de la envolvente sufre variaciones frente a la temperatura exterior e interior en el que se calcula el porcentaje de amortiguación de la onda y el desfase en hora, que es el tiempo que se demora en pasar el calor del exterior al interior (Tabla 24).

Tabla 24: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento

Fecha		Temperatura Máxima °C	Temperatura promedio °C	Amplitud °C	Amortiguamiento F	Factor de amortiguamiento FRO
26/05/2017	Atext	32,75	28,71	4,04	0,33	0,67
	Atint	31,50	30,16	1,34		
27/05/2017	Atext	32,54	27,84	4,70	0,41	0,59
	Atint	31,00	29,09	1,91		
26/05/2018	Atext	27,63	26,29	1,34	0,82	0,18
	Atint	29,00	27,90	1,10		

Fuente elaboración propia, 2018.

El cálculo de la inercia térmica durante este periodo de monitoreo da como resultado promedio de amortiguamiento de la onda del 47,33 % con un desfase de 6,45 horas. En este período el cerramiento cumple con la normativa (tabla 25)

Tabla 25: Inercia Térmica Vivienda C1

FECHA	EXTERIOR TEM MAX C°	INTERIOR TEMP MAX C°	DESFACE Horas	AMORTIGUAMIENTO C°	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO FRO%
Hora	14:15:00	15:45:00	1:30:00	0,33	67,00
13/08/2018	32,75	31,50			
Hora	12:15:00	18:30:00	6:15:00	0,41	57,00
14/08/2018	32,54	31,00			
Hora	11:30:00	0:00:00	12:30:00	0,82	18,00
15/08/2018	27,63	29,00			
PROMEDIO			6:45:00	0,52	47,33

Fuente elaboración propia, 2018.

En el segundo período del 13 al 20 de agosto, la amplitud térmica promedio entre el exterior e interior es 1,12°C, no requiere modificar los materiales de la vivienda. Los registros de temperatura máxima y mínima en el exterior promedio van de 29,44°C máximo y una mínima de 23,13°C con una amplitud térmica de 6,31°C. El promedio máximo en el interior es de 28,50°C y una temperatura mínima de 23,31°C con una amplitud de 5,19°C de diferencia y en la cubierta la temperatura máxima es de 30,06°C y una mínima de 22,75°C, teniendo una diferencia de 7,31 °C. (Tabla 26)

Tabla 26 Cálculo de la amplitud térmica con respecto a la temperatura máxima y mínima interior exterior de la vivienda C2, 13 al 20 de agosto 2018

FECHA	EXTERIOR			INTERIOR			CUBIERTA		
	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD
	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C
13/08/2018	31,50	24,50	7,00	30,00	24,50	5,50	30,00	24,00	6,00
14/08/2018	31,00	22,50	8,50	29,00	23,00	6,00	31,00	22,50	8,50
15/08/2018	30,00	23,00	7,00	28,00	23,50	4,50	30,00	23,00	7,00
16/08/2018	24,00	23,00	1,00	28,50	23,50	5,00	29,50	23,00	6,50
17/08/2018	29,50	23,50	6,00	28,00	23,50	4,50	29,50	22,50	7,00
18/08/2018	29,00	23,00	6,00	27,50	23,00	4,50	30,50	22,50	8,00
19/08/2018	32,50	23,00	9,50	30,50	23,00	7,50	31,50	22,50	9,00
20/08/2018	28,00	22,50	5,50	26,50	22,50	4,00	28,50	22,00	6,50
PROMEDIO	29,44	23,13	6,31	28,50	23,31	5,19	30,06	22,75	7,31

Fuente elaboración propia, 2018.

Para realizar el cálculo de la inercia térmica en base a la temperatura máxima exterior e interior respecto a la temperatura promedio, se calcula la amplitud térmica de la onda, el amortiguamiento y el factor de amortiguamiento que se encuentra en porcentaje (tabla 27)

Tabla 27: Cálculo de amplitud, amortiguamiento y factor de amortiguamiento

		Temperatura		Amplitud	Amortiguamiento	Factor de amortiguamiento
		Max - Min °C	Promedio	°C	F	FRO
13/08/2018	Atext	32,50	27,23	5,27	0,64	0,36
	Atint	30,00	26,62	3,38		
14/08/2018	Atext	31,00	25,03	5,97	0,74	0,26
	Atint	29,50	25,10	4,40		
15/08/2018	Atext	31,00	25,27	5,73	0,63	0,37
	Atint	28,50	24,91	3,59		
16/08/2018	Atext	29,50	25,51	3,99	0,83	0,17
	Atint	28,50	25,20	3,30		
17/08/2018	Atext	30,00	25,40	4,60	0,66	0,34
	Atint	28,00	24,98	3,02		
18/08/2018	Atext	30,00	25,28	4,72	0,66	0,34
	Atint	28,00	24,89	3,11		
19/08/2018	Atext	33,50	26,14	7,36	0,73	0,27
	Atint	31,00	25,63	5,38		
20/08/2018	Atext	28,00	23,43	4,57	0,64	0,36
	Atint	26,50	23,25	3,25		

Fuente elaboración propia, 2018.

La inercia térmica de la envolvente de la diferencia entre la temperatura exterior e interior máxima, tiene apenas 0,37 horas de retardo térmico, el tiempo en que tarda pasar la temperatura del exterior al interior, es inmediato, con un amortiguamiento de la onda de 30,52% (tabla 28)

Tabla 28: Inercias Térmica Vivienda C2

FECHA	MAX C° EXTERIOR	MAX C° INTERIOR	DESFACE	AMORTIGUAMI ENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMI ENTO %
HORA	14:30:00	14:30:00	0:00:00		
13/08/2018	32,50	30,00		0,64	35,88
HORA	13:00:00	13:45:00	0:45:00		
14/08/2018	31,00	29,50		0,74	26,42
HORA	12:45:00	12:45:00	0:00:00		
15/08/2018	31,00	28,50		0,63	37,36
HORA	14:15:00	14:15:00	0:00:00		
16/08/2018	29,50	28,50		0,83	17,34
HORA	12:45:00	12:30:00	0:15:00		
17/08/2018	30,00	28,00		0,66	34,43
HORA	14:30:00	14:30:00	0:00:00		
18/08/2018	30,00	28,00		0,66	34,07
HORA	12:15:00	13:30:00	1:15:00		
19/08/2018	33,50	31,00		0,73	26,96
HORA	12:00:00	11:30:00	0:30:00		
20/08/2018	28,00	26,50		0,64	35,88
PROMEDIO			0:34:38	0,69	31,05%

Fuente elaboración propia, 2018.

Por lo que se puede concluir que en la vivienda C2 se recomienda mejorar el comportamiento térmico de la materialidad aislando y ventilando, sobre todo en la cubierta se debe mejorar con: cámara de aire, con aislamiento, con techo frio o doble cubierta,

3.2.5 Comparación de resultados de las Viviendas C1 y C2

3.2.5.1 Comparación de temperaturas interiores y exteriores de las viviendas C1 y C2 período 26 al 28 de mayo 2017

Como se ilustra en la figura 35, la temperatura interior de la vivienda C1 con respecto a la C2 tiene un comportamiento térmico diferente, esto se debe a las características de la envolvente de la casa C1, los materiales tienen inercia térmica. La temperatura interior de la vivienda C1 se encuentra totalmente fuera de franja de confort, entre 27 y 31°C, mientras que en la vivienda C2, la temperatura interior durante el día tiene una amplitud que llega a 32°C, con una diferencia de 1°C debido al material de la envolvente; la transferencia de calor es inmediata superando los 32°C. Sin embargo, la temperatura interior de la vivienda C2 baja durante la madrugada entre la 1:00 y las 7:00 horas alcanza los 26°C.

La relación del porcentaje de horas de confort entre las Viviendas C1 y C2, es de 36,84% la C2 con respecto a la C1 que tiene el 35,79 % de horas de confort, pasando alrededor del 65% en disconfort, esto se debe al sistema constructivo de la vivienda C2, en este caso la

envolvente vertical es de madera sin aislamiento y cubierta de zinc, la radiación directa pasa por conducción por lo que requiere de ventilación natural.

Las temperaturas exteriores de la vivienda C1 y las temperaturas interior y exterior de la vivienda C2 tiene un comportamiento similar, sus oscilaciones no varían

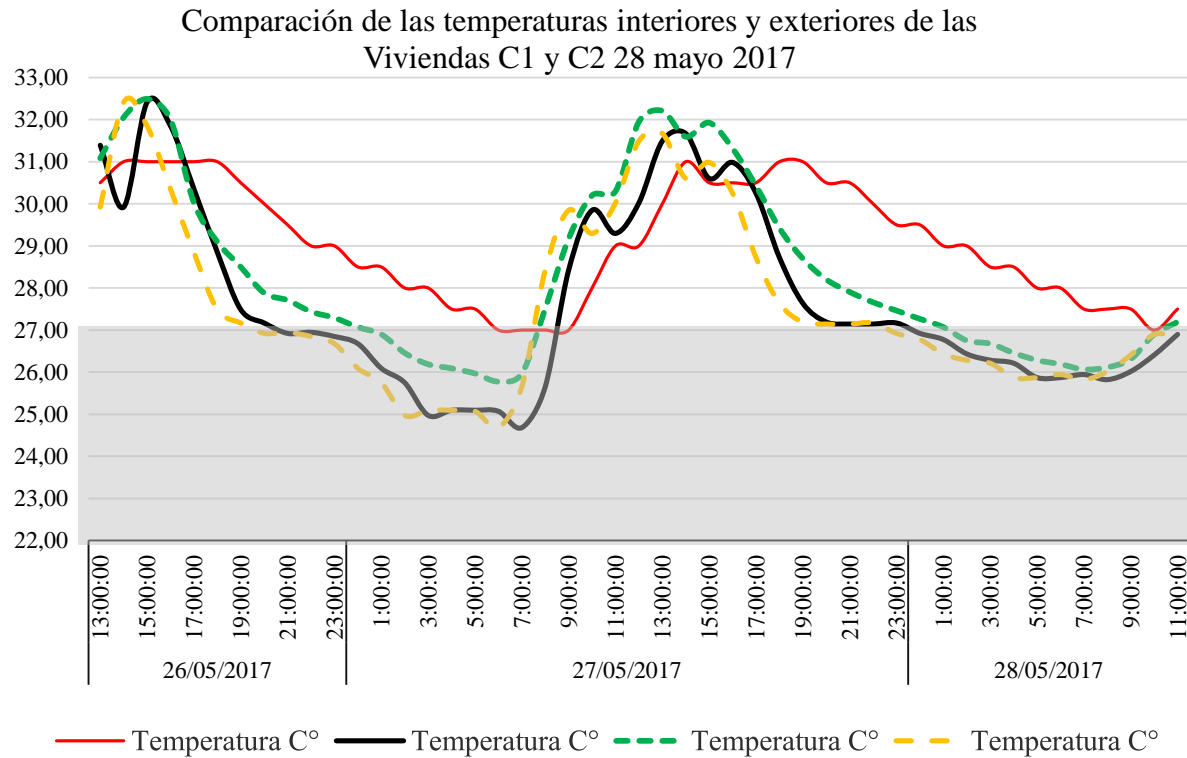


Figura 35: Análisis comparativo de la temperatura interior y exterior de las vivienda C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 29, la relación entre la temperatura interior y exterior de las viviendas C1 y C2 es similar a pesar de tener diferente sistema constructivo. La temperatura interior máxima de las dos viviendas es apenas 0,99°C de diferencia, temperatura mínima difiere en 1,21°C, mientras que la temperatura exterior máxima tiene una diferencia 0,33°C y la mínima de 0°C.

Tabla 29 Comparación de la temperatura interior y exterior de las viviendas C1 y C2

	INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR	
	VIVIENDA C1				VIVIENDA C2			
FECHA	MAX. °C	MIN. °C	MAX. °C	MIN. °C	MAX. °C	MIN. °C	MAX. °C	MIN. °C
26/05/217	31,50	28,50	32,75	26,68	32,49	27,29	32,42	26,68
27/05/217	31,00	27,00	32,54	24,68	32,21	25,77	31,67	24,68
26/05/218	29,00	27,00	26,90	25,80	27,27	26,07	26,90	25,82
PROMEDIO	30,50	27,50	30,73	25,72	30,66	26,38	30,33	25,73

Fuente elaboración propia, 2018.

Comparación de la temperatura interna de las cubiertas de las Viviendas C1 y C2, período 26 al 28 de mayo

De acuerdo a la tabla 30, la diferencia entre los promedios de las temperaturas máximas y mínimas de la temperatura interna de las cubiertas de las viviendas C1 y C2 es de 4,08°C y de 2,05°C respectivamente. Esto se debe a que la cubierta en los dos casos de estudio es de zinc la misma que capta y transmite la radiación durante todo el día, por las características físicas del material de la envolvente horizontal con baja inercia y alta transmitancia térmica.

Tabla 30: Comparación de la temperatura exterior de la cubierta

	VIVIENDA C1		VIVIENDA C2	
FECHA	MAX. °C	MIN. °C	MAX %	MIN %
26/05/217	31,00	29,50	36,78	26,77
27/05/217	31,50	28,00	38,26	25,09
26/05/218	28,00	26,50	27,71	25,97
PROMEDIO	30,17	28,00	34,25	25,95

Fuente elaboración propia, 2018.

En la figura 36, las temperaturas de las cubiertas de las viviendas C1 y C2 varían completamente, la temperatura interior de la cubierta de la casa C1 se encuentra durante los tres días de las mediciones fuera de la franja de confort y las oscilaciones son homogéneas.

En el caso de la C2 las variaciones de temperatura supera los 32°C de temperatura el día 26 al medio día y los 39°C el 27 de mayo en el mismo rango, por lo que se puede concluir que durante este período la cubierta de la vivienda C1 se encuentra el 83% fuera de la zona de confort y la C2 con un 58,10% (Tabla 31)

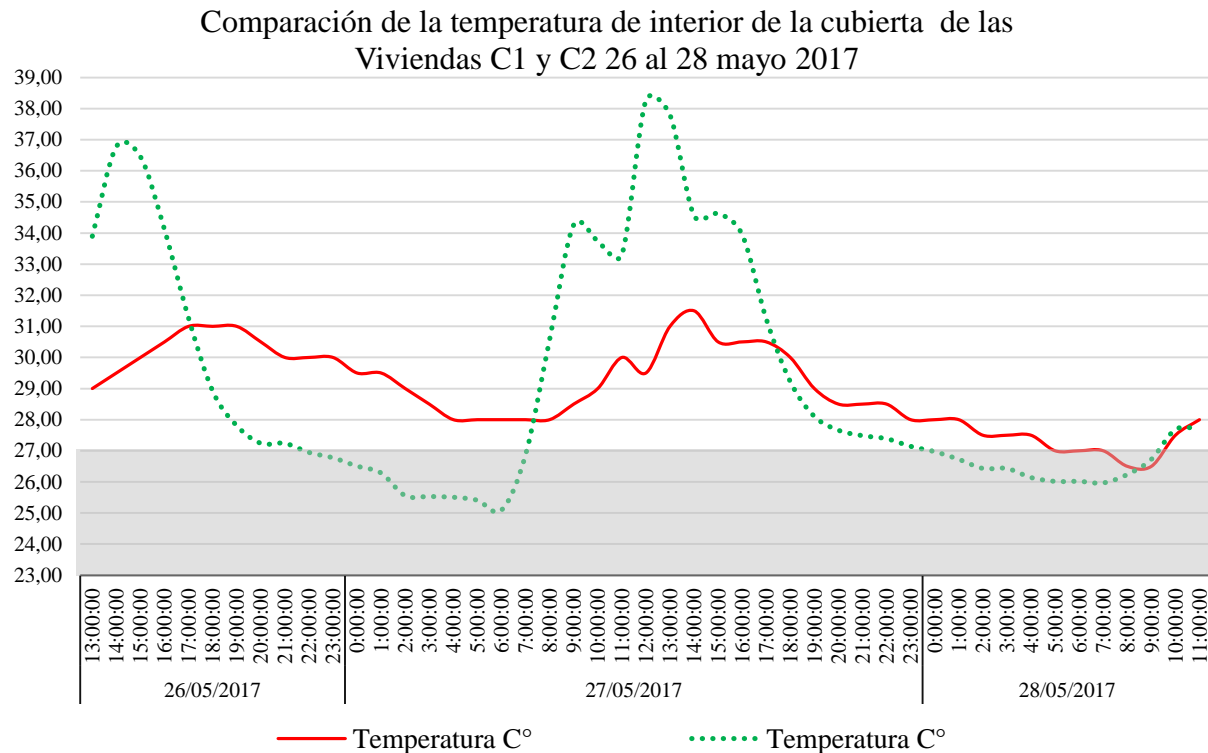


Figura 36: Análisis comparativo de la temperatura de la cubierta interior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente elaboración propia.

Tabla 31: Resumen del porcentaje de horas de confort de la cubierta

	VIVIENDA C1	VIVIENDA C2
CONFORT	16,31%	41,90%
DISCONFORT	83,69%	58,10%
	100,00%	100,00%

Fuente elaboración propia, 2018.

Los resultados de la temperatura interior de las viviendas C1 y C2 durante el período del 13 al 18 de agosto del 2018 (figura 36), el comportamiento térmico en las dos viviendas es similar. Las ganancias de calor por la mañana entre las 10h00 y 17h00 horas con elevada amplitud entre medio día y las 17 horas, debido a la baja inercia térmica de los materiales de la envolvente vertical, bajando la temperatura en la noche. Comparando el porcentaje de

horas de confort entre las dos viviendas, la vivienda C2 durante este período de monitoreo alcanza el 83,95% de confort con respecto a la vivienda C1 que tiene el 75,03%.

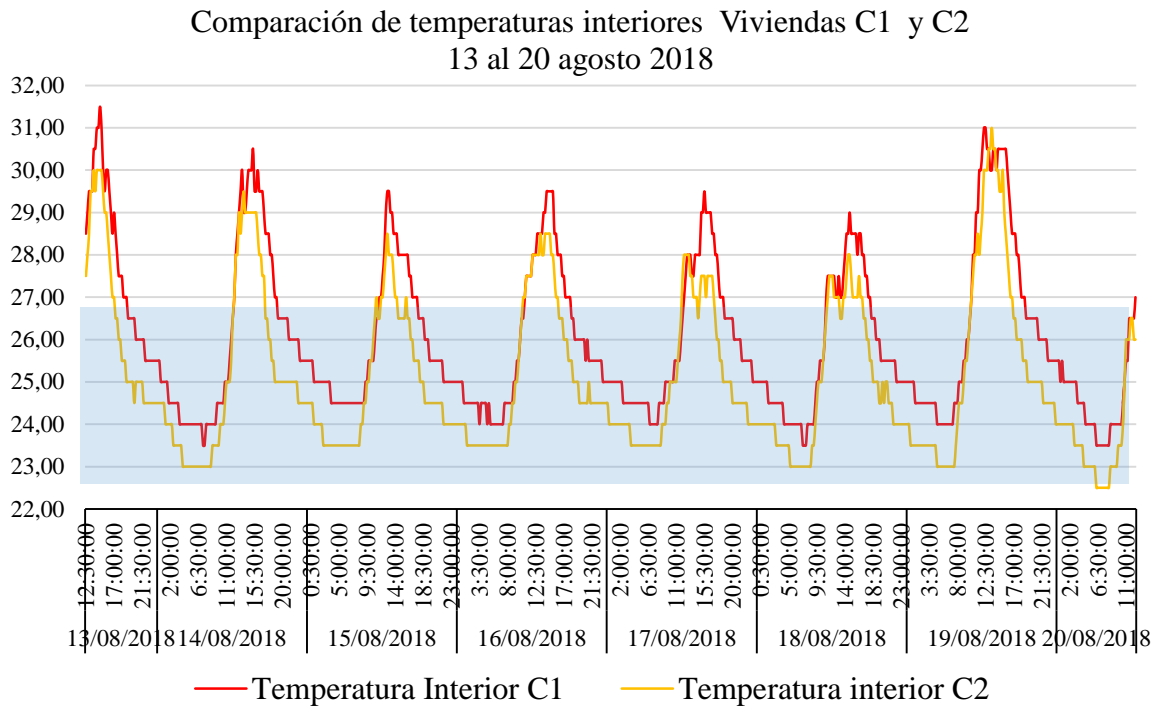


Figura 37: Análisis comparativo de la temperatura interior de las vivienda C1 y C2, período del 13 al 20 de agosto 2018. Fuente elaboración propia.

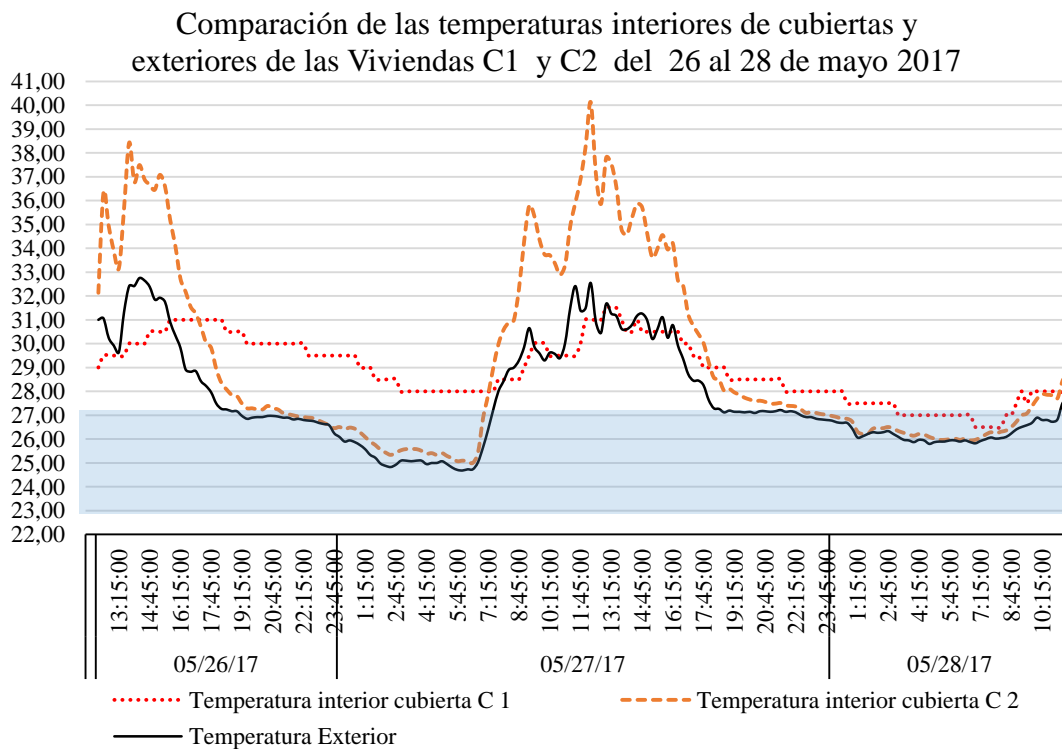


Figura 38: Comparación de la temperatura interior de la cubierta y la exterior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente elaboración propia.

En la figura 40, el comportamiento térmico de la cubierta de la vivienda C1 tiene fluctuaciones homogéneas semejantes a la temperatura interior de la cubierta C2, con grandes amplitudes debido a la condición de los materiales la envolvente con baja inercia térmica.

Comparación de temperaturas interiores de la cubierta y exteriores Viviendas C1 y C2 13 al 20 de agosto 2018

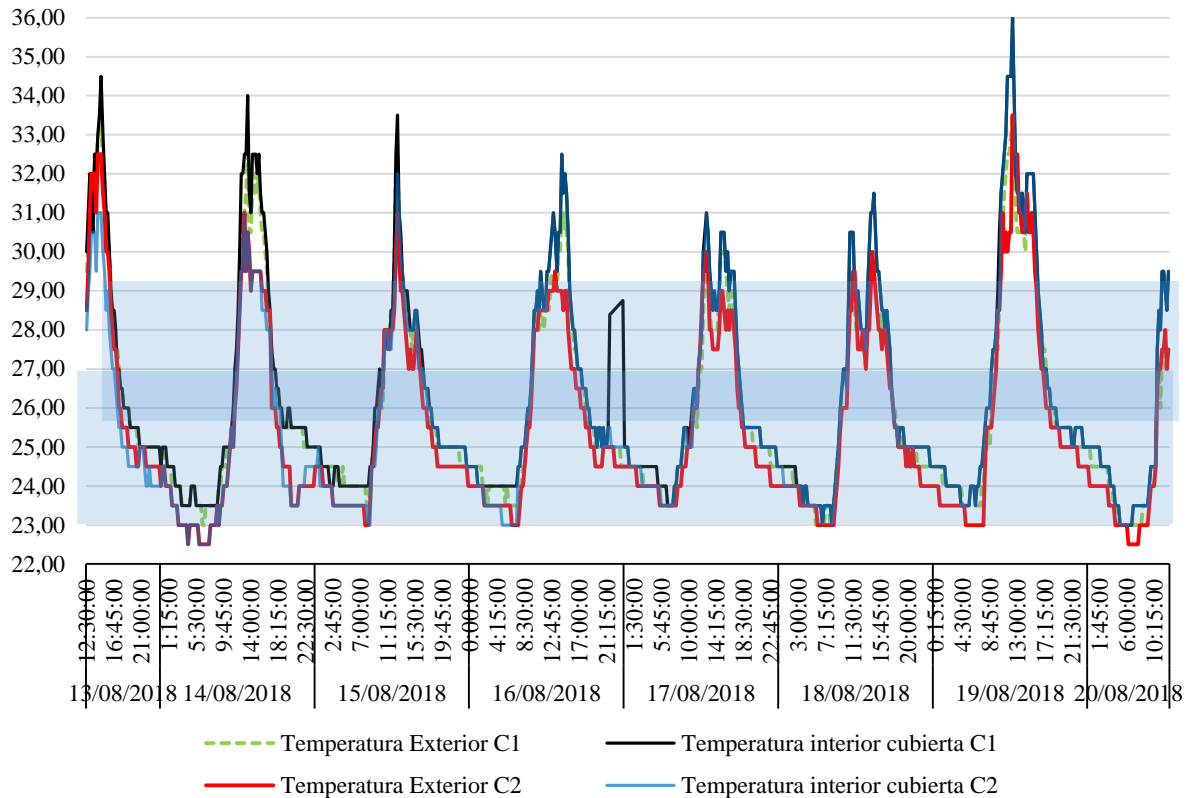


Figura 39: Comparación de la temperatura interior de la cubierta y la exterior de las viviendas C1 y C2, período del 26 al 28 de mayo 2017. Fuente elaboración propia, 2019.

De acuerdo a la tabla 32, la diferencia de temperatura en la cubierta de las viviendas C1 y C2 de las mismas características la temperatura máxima promedio tiene una diferencia de 1,31°C y de 1,06°C entre las mínimas. Esta diferencia que existe entre la C1 y C2 se debe sus componentes constructivos, inercia térmica vivienda C1 y la C2 tiene materialidad ligera.

Tabla 32 Comparación de la temperatura de cubierta Viviendas C1 – C2 13 al 20 de agosto 2019

	Vivienda C1		Vivienda C2	
	MAX. °C	MIN. °C	MAX. °C	MIN. °C
13/08/2018	33,00	25,00	31,00	24,00
14/08/2018	32,50	23,50	31,00	22,50
15/08/2018	31,00	24,00	30,00	23,00
16/08/2018	31,50	24,00	29,50	23,00
17/08/2018	30,50	23,50	29,50	22,50
18/08/2018	30,50	23,50	30,50	22,00
19/08/2018	34,50	23,50	32,00	22,50
20/08/2018	29,00	23,00	28,50	22,00
PROMEDIOS	31,56	23,75	30,25	22,69

Fuente elaboración propia, 2018.

Comparación del comportamiento térmico de la cubierta de la vivienda C1 y C2

La cubierta es la zona más expuesta a la radiación solar por lo que se debe tener en cuenta la inclinación de la cubierta y la protección dada por los aleros, para absorber lo menos posible dependiendo de las horas y los materiales que tenga mayor resistencia para transmitir calor del exterior al interior, con una buena inercia térmica.

En resumen, la diferencia de la amplitud térmica promedio en el exterior, interior y cubierta entre la vivienda C1 y C2 es menos de 1°C (Tabla 33). Esto se debe a que el material de la cubierta es delgado lo que hace que tenga pérdidas y ganancias de calor inmediatas.

Tabla 33 Comparación de la amplitud térmica de la viviendas C1 y C2

	EXTERIOR			INTERIOR			CUBIERTA		
	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD	TEMPERATURA		AMPLITUD
	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C	MAX. °C	MIN. °C	°C
VIVIENDA C1	29,75	23,56	6,19	29,31	24,19	5,13	31,56	23,75	7,81
VIVIENDA C2	29,44	23,13	6,31	28,50	23,31	5,19	30,06	22,75	7,31

Fuente elaboración propia, 2018.

Para evitar el flujo de calor recomiendan para clima cálido húmedo considerar estrategias pasivas como utilizar cubierta con cámara de aire, con material aislante, con techo frío y doble cubierta con cámara de aire, ventilación natural cruzada.

Comparando el sistema constructivo que componen la vivienda tenemos que la vivienda C1 es de bloque de hormigón alivianado de 10cm de espesor y la Vivienda C2 su estructura y envolvente vertical es de madera, las dos viviendas tienen cubierta de zinc a dos aguas, como se observa en la tabla 34, el valor promedio del desfase y el amortiguamiento de las dos viviendas son similares. En el factor de amortiguamiento varía debido a la inercia y características térmicas de los materiales.

Tabla 34: Comparación de la inercia térmica de la envolvente vertical de las viviendas C1 y C2

	DESFACE	AMORTIGUAMIENTO	FACTOR DE AMORTIGUAMIENTO %
VIVIENDA C1	0:37:30	0,69	30,50
CALCULO YTONG	4:60:00		49,99
VIVIENDA C2	0:34:38	0,690	31,00
CALCULO YTONG	0:50:00		0,49

Fuente elaboración propia, 2018.

3.2.6 Modelización y simulación de los casos de estudio

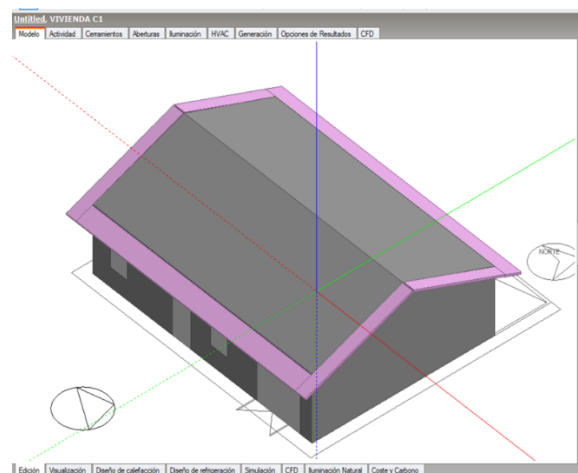
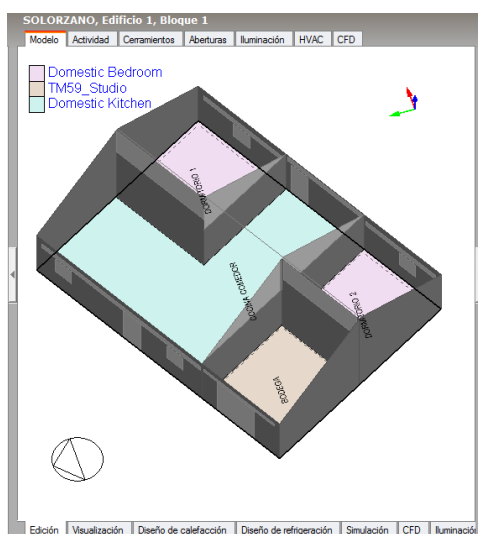
Para la modelización y simulación de los casos de estudio se utilizó el software Design Builder Tm versión 6.1.0.006 – Energy Plus 8,6, donde se evalúa el comportamiento térmico de la vivienda semejante al que se realizó en situ, con datos climáticos diario y horarios de un año tipo proporcionado por el INAMHI. A través de este software se analiza el desempeño térmico de cada vivienda, con el propósito de mejorar el estado actual de la vivienda y realizar las recomendaciones pertinentes,

Se ubica la zona geográfica de la estación más cercana a los casos de estudio, la estación de Muisne, se ingresan los datos del archivo climático MUISNE-hour.epw. del año 2005. Para este análisis se realizó las simulaciones de la envolvente vertical y horizontal considerando solo el mes de agosto.

La simulación de las viviendas originales se realizó con las características térmicas de cada uno de los materiales que componen cada envolvente de acuerdo a la tabla de Ytong tabla 14 de la C1 y 23 de la C2, capítulo 3.

3.2.6.1 Vivienda C1

Una vez realizado el modelado y definidas las zonas térmicas (figura 40), se asignó los materiales de la envolvente exterior como interior, pisos y cubiertas y a las propiedades de calor específico, densidad y conductividad térmica de cada una de las capas de afuera hacia dentro, creando una base de referencia para realizar las simulaciones en las propuestas de mejora en base a estrategias pasivas.



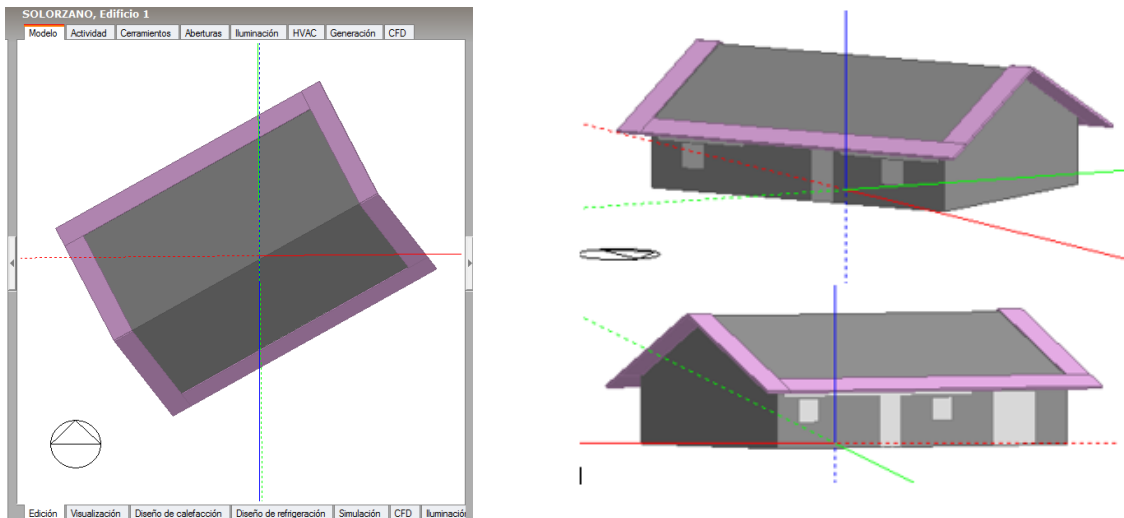
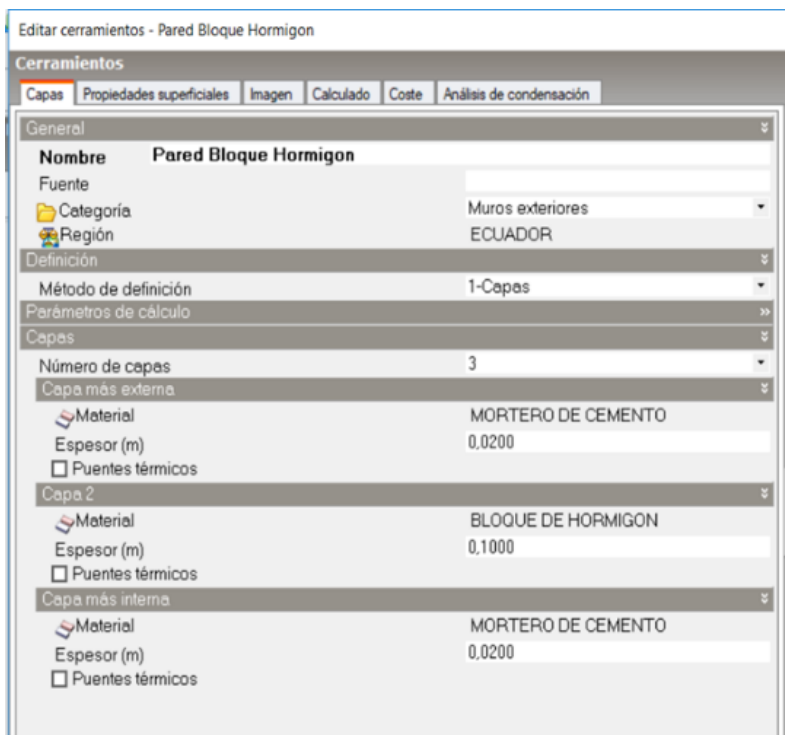


Figura 40: Modelado de la vivienda C1 en el software DesignBuilder 6.1.0.006- EnergyPlus 8.9. Fuente: elaboración propia, 2019.

Cada propuesta de mejora tiene una codificación para facilitar la referencia.

La simulación 1, casa original con paredes de bloque de hormigón de 10 cm de espesor, enlucidas y pintadas por las dos caras, contrapiso de hormigón y cubierta de zinc de 2 mm de espesor montada sobre estructura metálica, puerta y ventanas de madera



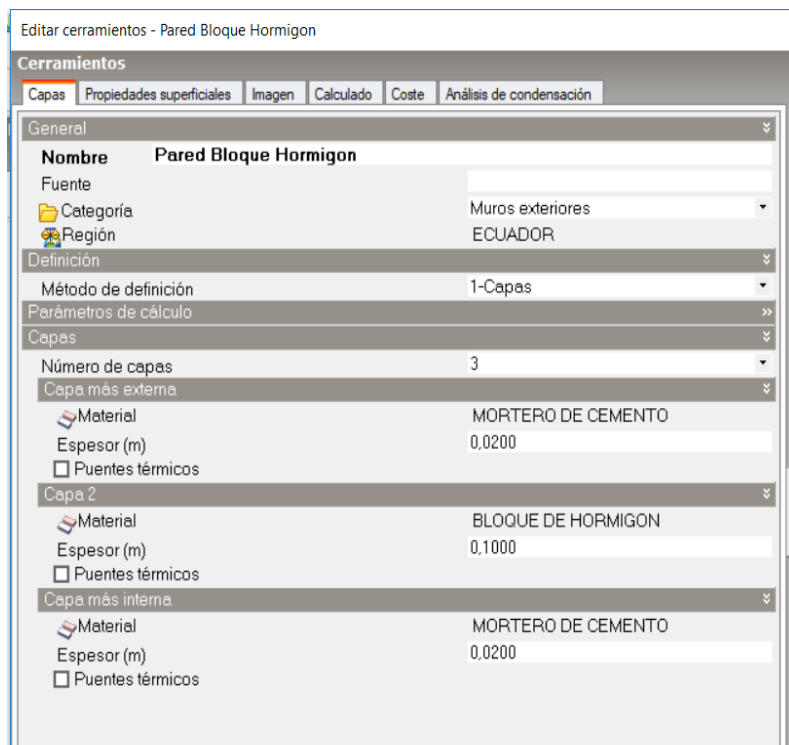


Figura 41: tabla de materiales de cerramiento software Design Builder . Fuente: elaboración propia, 2019.

De acuerdo al cuadro resumen de las temperaturas máximas, mínimas y de confort de la vivienda C1 de los datos obtenidos de las simulaciones realizadas con las propuestas de mejora obtenidas del software Design Builder (Tabla 35), el promedio de las temperaturas máximas es de 28,69°C y mínimas es de 21, 89°, con 15 horas de confort promedio que corresponden al 66,32%., con una amplitud entre las temperaturas máximas y mínimas de 6,8°C.

En la segunda simulación se propone mejorar la envolvente horizontal de la geometría base colocando en la cubierta aislante planchas de 5 cm de espesor EPS poliestireno expandido y tablero plywood de 12 mm de espesor de cielo raso, obteniendo temperaturas promedio de 27, 39°C en las máximas y 22°C en la mínimas, con 19,13 horas de confort que corresponden al 80,53%, alcanzando con esta propuesta de mejora de 1,30°C en relación a la vivienda original con una amplitud de 5,09°C en las temperaturas máximas y mínimas.

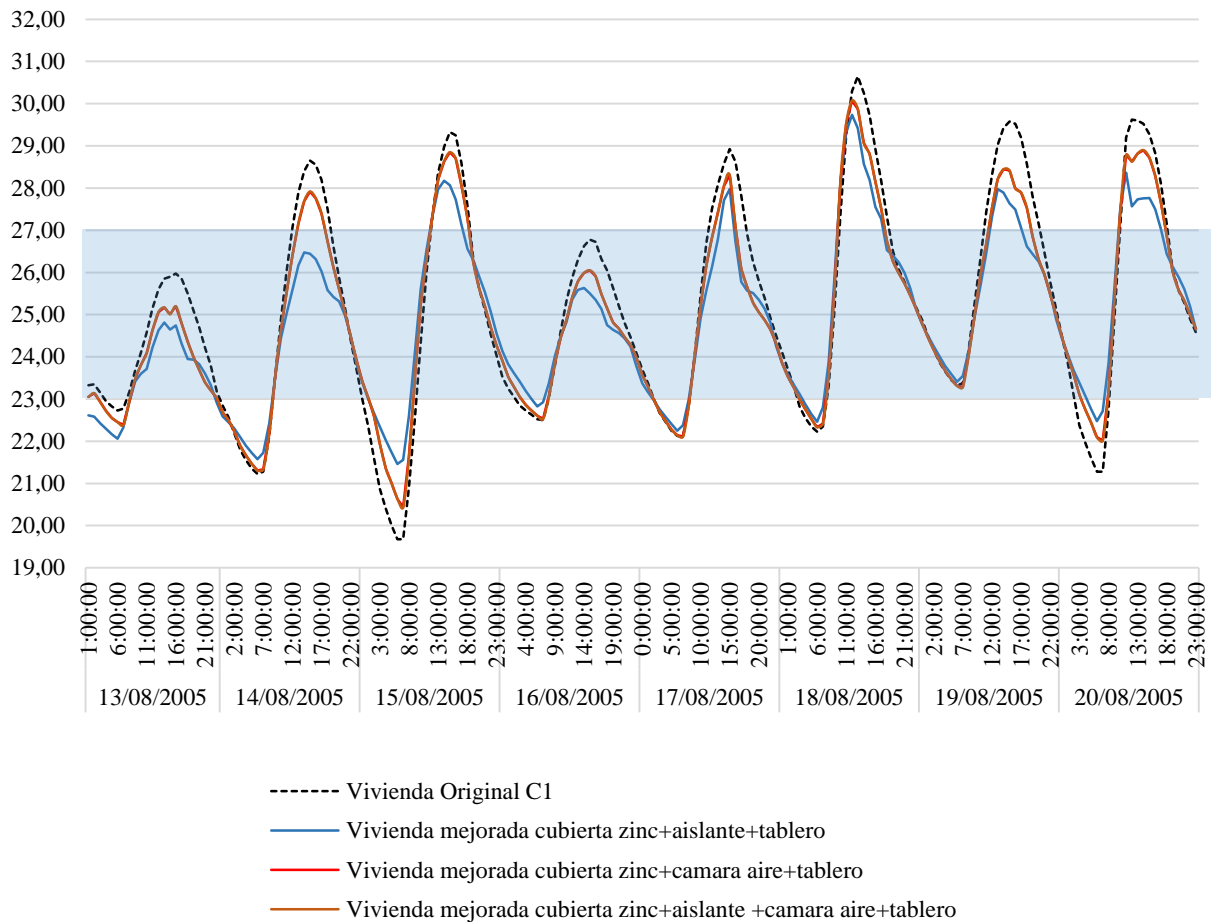


Figura 42: Comparación de Temperaturas - Simulaciones Vivienda C2 Propuestas de Mejora Cubierta

Con respecto a la simulación 3, la propuesta de mejora de la cubierta es manteniendo la cubierta de zinc con cámara de aire de 10 cm de espesor y tablero plywood de 12 mm de espesor, decreciendo $0,72^{\circ}\text{C}$ en relación al modelo base y en $0,58^{\circ}\text{C}$ con la simulación 2, $27,97^{\circ}\text{C}$ temperatura máxima y $22,05^{\circ}\text{C}$ el promedio de temperaturas mínimas, logrando mejorar $17,63^{\circ}\text{C}$ en las horas de confort con el $74,21\%$.

En la simulación 4 se propone mejorar la cubierta en base a la segunda simulación que es, la cubierta de zinc más $0,05\text{ m}$ de espesor de planchas de aislante poliestireno expandido, cámara de aire de 10 cm y tablero plywood de 12 mm, logrando reducir las temperaturas máximas de la original en 3°C y alcanzando el $94,21\%$ de horas de confort que representan $22,38$ horas de confort, mejorando el comportamiento térmico de la envolvente horizontal.

**Tabla 35. Resumen de las temperaturas máximas y mínimas y horas de confort
Vivienda C2 de las simulaciones de mejoras con el software Design Builder**

SIMULACIÓN 1 - VIVIENDA C1 - ORIGINAL						SIMULACIÓN 2 - VIVIENDA C1 ZINC + AISLANTE + TABLERO					
Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort	Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort
	Max. °C	Min. °C					Max. °C	Min. °C			
13/08/2005	25,98	22,73	24,24	23	96,84	13/08/2005	24,81	22,06	23,44	23	96,84
14/08/2005	28,65	21,23	24,72	12	50,53	14/08/2005	26,48	21,58	24,10	20	84,21
15/08/2005	29,33	19,68	24,43	10	42,11	15/08/2005	28,17	21,46	24,89	15	63,16
16/08/2005	26,78	22,50	24,53	24	100,00	16/08/2005	25,63	22,83	24,28	24	100,00
17/08/2005	28,93	22,10	25,17	18	75,79	17/08/2005	27,98	22,25	24,63	22	92,63
18/08/2005	30,65	22,23	25,95	15	63,16	18/08/2005	29,74	22,46	25,77	16	67,37
19/08/2005	29,58	23,33	26,26	14	58,95	19/08/2005	27,98	23,41	25,59	18	75,79
20/08/2005	29,63	21,28	25,51	10	42,11	20/08/2005	28,36	22,47	25,46	15	63,16
Promedio	28,69	21,89	25,10	15,75	66,32	Promedio	27,39	22,32	24,96	19,13	80,53

SIMULACIÓN 3 - VIVIENDA C1 ZINC+AIRE+TABLERO						SIMULACIÓN 4 - VIVIENDA C1 ZINC+AISLANTE+AIRE+TABLERO					
Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort	Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort
	Max. °C	Min. °C					Max. °C	Min. °C			
13/08/2005	25,20	22,38	23,70	23	96,84	13/08/2005	24,37	22,06	23,35	23	96,84
14/08/2005	27,92	21,31	24,47	14	58,95	14/08/2005	25,32	21,69	23,80	21	88,42
15/08/2005	28,85	20,44	24,76	11	46,32	15/08/2005	25,92	21,72	24,23	22	92,63
16/08/2005	26,05	22,53	24,28	24	100,00	16/08/2005	24,92	22,66	24,02	24	100,00
17/08/2005	28,31	22,11	24,72	20	84,21	17/08/2005	25,43	22,20	24,12	18	75,79
18/08/2005	30,07	22,33	25,81	16	67,37	18/08/2005	26,40	22,51	24,94	24	100,00
19/08/2005	28,45	23,28	25,76	17	71,58	19/08/2005	26,14	23,15	25,02	24	100,00
20/08/2005	28,90	22,01	25,57	16	67,37	20/08/2005	26,20	22,62	24,97	23	96,84
Promedio	27,97	22,05	24,88	17,63	74,21	Promedio	25,59	22,33	24,31	22,38	94,21

Fuente: elaboración propia, 2018.

3.2.6.2. Vivienda C2

Realizado el modelo se especifican las zonas térmicas de cada vivienda con la finalidad de obtener resultados lo más parecidos a la realidad, no se considera el cambio de materialidad de las viviendas, sino mejoras en el sistema constructivo de la envolvente horizontal, sin realizar cambios significativos para no elevar los costos de los materiales ya que las viviendas son precarias (figura 43).

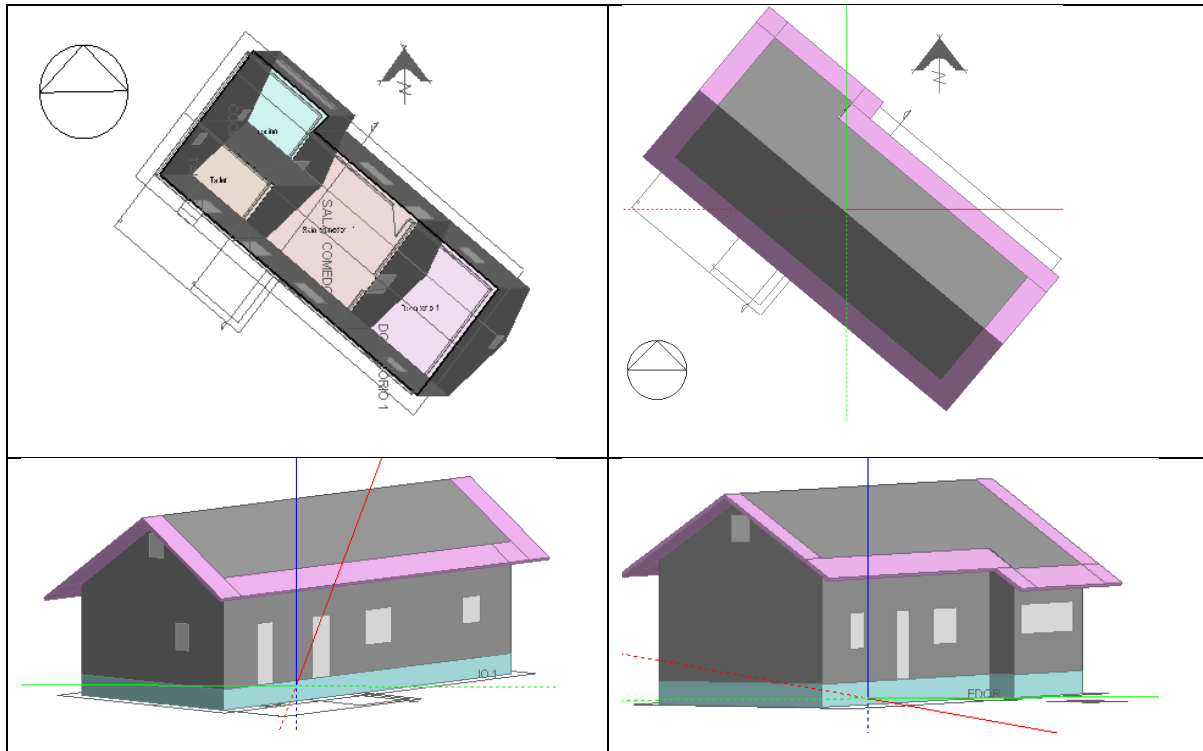


Figura 43: Modelo de la vivienda C2 en software Design Builder. Fuente: elaboración propia, 2019.

Para mejorar el confort térmico de las viviendas se plantea aislar la cubierta con cámara de aire de 10 cm. y un cielo raso de madera, resultando tener 13 horas de confort y reduciendo las temperaturas altas en 3°C las temperaturas altas.

El modelado original tiene las características de los materiales semejantes a los realizados con la Tabla de Ytong, con envolventes verticales externas de madera de 0,02 de espesor, con una cubierta de chapa de zinc de 0,002 de espesor, se corre la simulación 1, como se observa en la tabla 36. Los resultados promedios de la vivienda original son: temperatura máxima de 33,75°C, una mínima de 22,74°C con 13,13 horas de confort correspondiente al 55,6%, con una amplitud de 10,99°C.

Las propuestas de mejora de la vivienda C2 se realizan con estrategias pasivas. La simulación 2 se realiza en la cubierta a dos aguas con chapas de zinc de 0,002 m de espesor, con cámara de aire 0,10 y tablero de plywood de 12 mm, dando como resultado promedio de temperatura máxima de 32,76°C, con una reducción entre las temperaturas máximas de 0,96°C, con temperatura mínima de 23,65°C, aumentando 0,91°C entre la original y la simulación 2, con 12,13 horas de confort correspondiente al 51,05%, con una amplitud térmica entre las temperaturas máximas y mínimas de 9,11°C.

La simulación 3 se realiza en base a la simulación original colocando en la cubierta aislante de poliestireno expandido EPS de 0,05 m, cámara de aire de 0,10 m y tablero plywood de 0.012m de espesor, alcanzando temperaturas promedio máximas 31,75°C con una diferencia entre la simulación 3 y la original de 1,90°C y temperaturas mínimas 23,31°C, con una diferencia de 0,57°C entre esta simulación y la primera, con una amplitud de 8,44°C.

Y simulación 4 que es en base al modelo de la simulación 3, con mejora en la cubierta de zinc con aislante EPS de 0,05m de espesor, cama de aire de 10 cm y tablero plywood de 12 mm De espesor, obteniendo como resultado en las temperaturas máximas de 30, 55° y mínimas de 23,90°C, con una diferencia entre las temperaturas máximas de 3,18°C y entre las temperaturas mínimas elevándose 1,16°C, con 12,88 horas de confort que corresponde al 54,21% y una amplitud de 6,65°C, siendo la cuarta simulación la más favorable ya que logra bajar 3°C en las temperaturas pico.

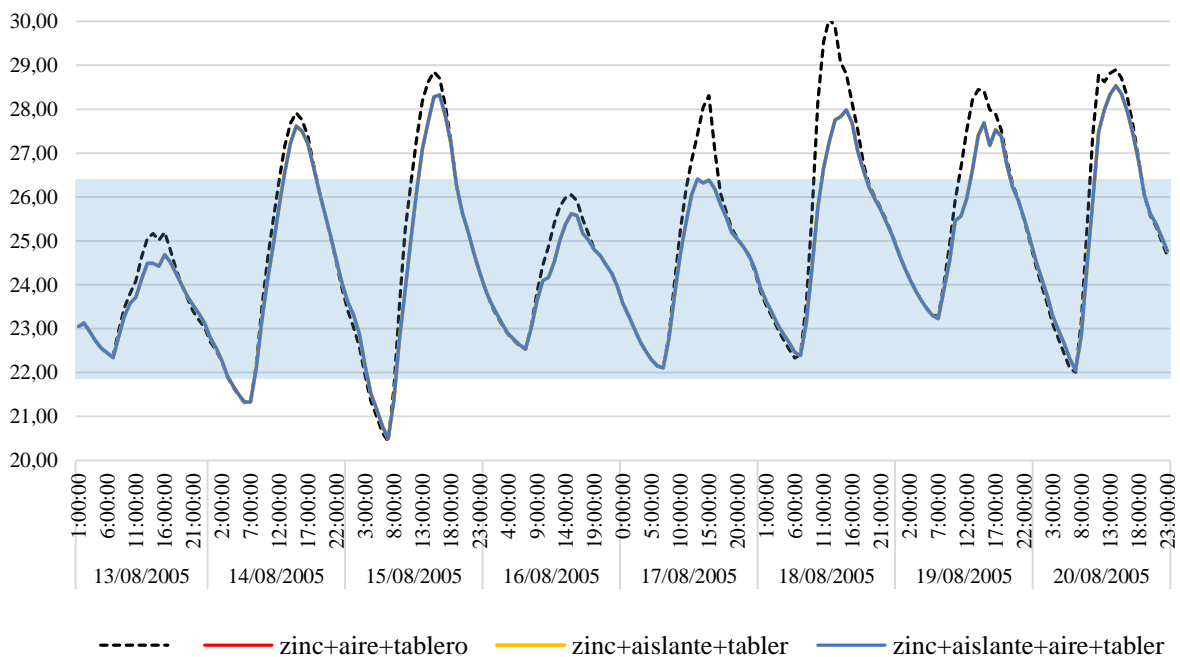


Figura 44 Comparación de Temperaturas - Simulaciones Vivienda C2 Propuestas de Mejora Cubierta. Fuente: elaboración propia, 2019.

Tabla 36 : Cuadro resumen de las temperaturas máximas y mínimas y horas de confort Vivienda C2 de los datos obtenidos de las simulaciones con el software DesignBuilder

SIMULACIÓN 3 - VIVIENDA C2 ZINC+AISLANTE+TABLERO						SIMULACIÓN 4 - VIVIENDA C2 ZINC+AISLANTE+AIRE+TABLERO					
Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort	Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort
	Max. °C	Min. °C					Max. °C	Min. °C			
13/08/2005	28,24	23,49	25,55	17	71,58	13/08/2005	27,55	23,88	25,49	19	80,00
14/08/2005	30,83	22,41	26,39	14	58,95	14/08/2005	29,75	22,94	26,23	14	58,95
15/08/2005	32,42	21,89	27,01	12	50,53	15/08/2005	31,09	22,70	26,84	12	50,53
16/08/2005	29,29	23,78	26,21	16	67,37	16/08/2005	28,63	24,28	26,26	16	67,37
17/08/2005	32,50	23,29	27,14	13	54,74	17/08/2005	31,07	23,81	26,93	13	54,74
18/08/2005	35,02	23,65	28,68	9	37,89	18/08/2005	32,97	24,29	28,32	9	37,89
19/08/2005	32,80	24,65	28,88	10	42,11	19/08/2005	31,62	25,11	28,08	10	42,11
20/08/2005	32,90	23,34	28,19	11	46,32	20/08/2005	31,69	24,19	28,09	10	42,11
Promedio	31,75	23,31	27,26	12,75	53,68	Promedio	30,55	23,90	27,03	12,88	54,21

SIMULACIÓN 1 - VIVIENDA C2 ORIGINAL						SIMULACIÓN 2 - VIVIENDA C2 ZINC + AIRE + TABLERO					
Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort	Fecha	Temperatura		Promedio °C	Nº Horas de Confort	% horas de confort
	Max. °C	Min. °C					Max. °C	Min. °C			
13/08/2005	29,15	23,16	25,62	16	67,37	13/08/2005	28,76	23,69	25,83	16	67,37
14/08/2005	31,91	21,93	26,48	13	54,74	14/08/2005	31,53	22,66	26,82	14	58,95
15/08/2005	34,46	21,10	27,35	13	54,74	15/08/2005	33,25	22,28	27,65	12	50,53
16/08/2005	30,26	23,30	26,24	16	67,37	16/08/2005	30,04	24,20	26,66	15	63,16
17/08/2005	35,19	22,84	27,44	13	54,74	17/08/2005	33,45	23,61	27,60	11	46,32
18/08/2005	38,83	22,98	29,16	11	46,32	18/08/2005	36,51	23,99	29,29	9	37,89
19/08/2005	34,46	24,21	28,35	11	46,32	19/08/2005	33,67	24,99	28,69	10	42,11
20/08/2005	35,55	22,42	23,78	12	50,53	20/08/2005	34,89	23,78	28,93	10	42,11
Promedio	33,73	22,74	26,80	13,13	55,26	Promedio	32,76	23,65	27,68	12,13	51,05

Fuente elaboración propia, 2019.

CAPÍTULO 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo al objetivo general planteado en este trabajo se logra realizar la evaluación del comportamiento térmico de la envolvente de dos viviendas rurales, con el fin de recomendar soluciones con estrategias pasivas y materiales de bajo costo, acorde a las necesidades de la comunidad de la Parroquia de Chamanga y mejorar las condiciones de habitabilidad y calidad de vida y térmica de la población

Se logró mejorar el confort térmico de las viviendas en base al análisis cualitativo y cuantitativo de los casos de estudio, analizando las características del tipo de clima y determinando la temperatura de confort en clima cálido húmedo de 22 a 27°C.

Analizado el comportamiento térmico de la cubierta que es el componente más desfavorable de la construcción, concluyendo que los materiales que tienen menor conductividad térmica son más resistentes de transmitir calor, y los materiales que tienen valores altos de conductividad y transmitancia se transmiten fácilmente como las chapas de zinc. Por lo que requiere tener ventilación natural cruzada y nocturna. La envolvente vertical no requiere de cambio o reemplazo, ya que su transmitancia térmica está por debajo de la norma recomendada.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acosta, M. (2009). Políticas de vivienda en el Ecuador desde la década de los 70 análisis, balance aprendizaje. *Políticas de vivienda en el Ecuador desde la década de los 70 análisis, balance aprendizaje*.
- Andino Maldonado, C. (2014). *Evaluación del comportamiento térmico de los domos*. Barcelona: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, ETSAB.
- APA, N. (7 de julio de 2017). *Normas APA*. Obtenido de <http://normasapa.net/wp-content/uploads/2016/11/muestreo-4-728-2.jpg>
- Arias, L., & latina, S. A. (2002). Análisis del confort térmico en viviendas de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina. *CRIATIC Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda*, 1-10.
- Bobadilla, A., Figueroa, R., & Trebilcock, M. y. (2012). *Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios públicos*. Santiago de Chile: Instituto de la Construcción.
- Britto Correa, C. (2001). *ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD Y COMPORTAMIENTO*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. e.
- Carrasco, C. A. (2005). Arquitectura Vernácula. *M. R. Viquiera, Estudios de Arquitectura Bioclimática - Anuario*, 35-36.
- Cedeño Valdiviezo, A. (2010). Materiales bioclimáticos. *Revista de Arquitectura*, 100-110.
- Ching, F., & Shapiro, I. (2015). *Arquitectura Ecológica: Un manual ilustrado*. Barcelona: Gustavo Gilli.
- Ciudad, Centro de Investigaciones. (enero de 2009). *La vivienda rural en el Ecuador- Desafíos para procesos sustentables e incluyentes*. Obtenido de www.ciudad.org.ec: <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=42929>
- Coscollano Rodriguez, J. (2002). *Ahorro Energético en la Construcción y Rehabilitación de Edificios*. Madrid: España.
- CRE, C. R. (2016). *Plan para la recuperación urbana de la cabecera parroquial de San José*

de Chamanga Post Terremoto. Quito.

Del Pozo, F. &. (2011). Asentamientos poblacionales periféricos más seguros. *Nexo - revista científica*, 112-122.

Díaz, O. (12 de septiembre de 2012). La cubierta metálica en el clima cálido húmedo: análisis del comportamiento térmico del techo de zinc. (U. P. Cataluña, Ed.) Barcelona, Cataluña, España. Obtenido de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16662/DiazOsttuhén_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz, V. S., & Barreneche, R. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios: Eficiencia y uso racional de la energía*. Buenos Aires: Nobuko.

Ecuatoriana, C. -C. (2016). *Plan para la recuperación urbana de la cabecera parroquial de San José de Chamanga Post Terremoto. Quito.*

Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica Vol. 4*, 109-125.

Fuentes Pérez, C. A. (2014). Adaptabilidad higrotérmica de la vivienda tradicional en Tampico, México. *Contexto.*, 77-97.

GAD Parroquial San José de Chamanga, G. A. (04 de julio de 2016). *GAD Parroquial Chamanga*. Obtenido de <http://www.chamanga.gob.ec/index.php/ct-menu-item-13>

GAD, G. A. (Agosto de 2016). *PDOT, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San José de Chamanga 2016 - 2025*. Obtenido de <http://181.112.151.230:8081/attachments/download/672/PDOT%20SAN%20JOSE%20DE%20CHAMANGA%202016-2025.pdf>:
<http://181.112.151.230:8081/attachments/download/672/PDOT%20SAN%20JOSE%20DE%20CHAMANGA%202016-2025.pdf>

Gomez. (s.f.).

Guamán Luna, C. G. (2016). Determinación del sistema constructivo que se adapte de mejor manera, para climas cálido-húmedo (Amazonía Ecuatoriana-Cantón Sucúa). (*Bachelor's thesis*).

- Guillen Mena, V. (2014). Metodología de evaluación de confort térmico exterior para diferentes pisos climáticos en Ecuador. *Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2014*, 1-15.
- Guimarães Merçon, M. (2008). *Confor térmico y tipología arquitectónica en clima cálido húmedo: Análisis térico dela cubierta ventilada*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- INER. (12 de diciembre de 2016). *Plataforma de conocimiento e información*. Obtenido de http://plataforma.iner.ec/kpeiwar/faces/mext/wrapper.xhtml?u=http://iner.ec/plataforma/Guia%20EEE_baja.pdf
- Kvisgaard, B. (1997). La comodidad térmica. Dinamarca: INNOVA Air Tech Instruments A/S.
- Mancheno, R. (2005). LA VIVIENDA EN LOS PROYECTOS INTEGRALES DE HABITAT, Y SU APLICACION EN EL SECTOR RURAL DEL ECUADOR. Quito, Pichincha, Ecuador: IAEN.
- Martín Domingo, A. (2013). *Apuntes Transmisión de calor*. Madrid: Departamento de Física e Instalaciones ETS Arquitectura de Madrid.
- Martinez, C. (2005). Comportamiento térmico-energético de la envolvente de vivienda en S.M. de Tucuman en relación a la ecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1-6.
- Martínez, C. E. (2015). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en SM de Tucumán en relación a la adecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 05-01.
- MDUT, M. d. (agosto de 2016). *Chamanga información*. Quito.
- 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.
- MIDUVI. (2011). NEC 11 - Cap. 13 Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador. En MIDUVI, *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (pág. 51). Quito, Pichincha,

Ecuador.

MIDUVI. (2018). *NEC - Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales*. Quito: MIDUVI.

MIDUVI, M. d. (9 de nov de 2015). *Programa Nacional de Vivienda Social*. Obtenido de habitat y vivienda.gob.ec: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>

NEC-11. (2011). Eficiencia Energética en la construcción en Ecuador. *Norma Ecuatoriana de la construcción*, Cap. 13.

Nguyen, T. Q.-B.-Q. (2011). An investigation on climate responsive design strategies of vernacular housing in Vietnam. *Building & Environment* 46, 2088-2106.

Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima - Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

Rapoport, A. (1972). *Vivienda y Cultura*. Barelona: Gustavo Gili.

Rodríguez, L. &. (2015). EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. *Portafolio*, 1(31).

Romero, L., Hernández, M., & Acevedo, J. (2005). Vivienda y autoconstrucción: Participación femenina en un proyecto asistido. *Frontera Norte*, 17-33.

Roux Guierrez, R., & García Izaguirre, V. (2014). Confort térmico vesus consumo energético en viviendas de interés social en clima cáliido humedormico. *Legado de Arquitectura y Diseño num 16*, 123-140.

Ruiz, R., Castañeda, G., & Jiménez, J. L. (2010). Evaluación de confort térmico eb clima cálido subhúmedo. *Congreso Internacional de academia Journals. com*, 3-8.

Sosa, M. E., & Siem, G. (2004). *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Caracas: IDEC/FAUUCV.

Tillería González, J. (2010). La Arquitectura sin Arquitectos, Algunas reflexiones sobre Arquitectura Vernácula. *Revista AUS* 8, 12-15.

Turégano, J. A., Hernández, M. A., & García, F. (2003). La inerciaa térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como esfuerzo de los aportes solares de carácter pasivo. *ConArquitectura.com*, 65-80.

Ugarte, J. (1999). *Guia de Arquitectura bioclimática: Construir en Paises Cálidos*. San José de Costa Rica: instituto de Arquitectura Tropical.

Vassig, S., & Ozer, E. &. (2012). *Best practices in sustainable building design*. J. Ross Publishing.

ANEXOS:

Anexo No. 1: Resumen de temperaturas diarias y horarias de las simulaciones Vivienda C1

DATOS OBTENIDOS DE LAS SIMULACIONES													
Fecha	Hora	Vivienda Original C1	Vivienda mejorada cubierta	Vivienda zinc-ashante-ta	Vivienda mejorada cubierta zinc-canamara	Vivienda mejorada cubierta zinc-ashante	Fecha	Hora	Vivienda Original C1	Vivienda mejorada cubierta	Vivienda zinc-ashante-ta	Vivienda mejorada cubierta zinc-canamara	Vivienda mejorada cubierta zinc-ashante
13/08/2005	00:00	23,33	22,61	23,05	23,05	23,05	16/08/2005	00:00	23,53	24,14	23,91	23,91	23,91
	1:00	23,35	22,58	23,14	23,14	23,14		1:00	23,25	23,83	23,53	23,53	23,53
	2:00	23,15	22,42	22,93	22,93	22,93		2:00	23,05	23,62	23,29	23,29	23,29
	3:00	22,95	22,29	22,72	22,72	22,72		3:00	22,85	23,42	23,06	23,06	23,06
	4:00	22,83	22,16	22,55	22,55	22,55		4:00	22,73	23,19	22,86	22,86	22,86
	5:00	22,73	22,06	22,45	22,45	22,45		5:00	22,63	23,00	22,73	22,73	22,73
	6:00	22,78	22,32	22,38	22,38	22,38		6:00	22,53	22,83	22,60	22,60	22,60
	7:00	23,18	22,93	22,95	22,95	22,95		7:00	22,50	22,93	22,53	22,53	22,53
	8:00	23,68	23,42	23,48	23,48	23,48		8:00	23,03	23,37	23,07	23,07	23,07
	9:00	24,10	23,60	23,81	23,81	23,81		9:00	23,80	24,01	23,83	23,83	23,83
	10:00	24,58	23,72	24,09	24,09	24,09		10:00	24,60	24,49	24,45	24,45	24,45
	11:00	25,15	24,22	24,63	24,63	24,63		11:00	25,33	24,82	24,88	24,88	24,88
	12:00	25,60	24,63	25,06	25,06	25,06		12:00	25,88	25,36	25,41	25,41	25,41
	13:00	25,85	24,81	25,17	25,17	25,17		13:00	26,30	25,58	25,79	25,79	25,79
	14:00	25,90	24,64	25,01	25,01	25,01		14:00	26,63	25,63	25,99	25,99	25,99
	15:00	25,98	24,75	25,20	25,20	25,20		15:00	26,78	25,51	26,05	26,05	26,05
	16:00	25,85	24,31	24,79	24,79	24,79		16:00	26,73	25,35	25,91	25,91	25,91
	17:00	25,50	23,95	24,36	24,36	24,36		17:00	26,05	24,75	25,15	25,15	25,15
	18:00	25,10	23,94	24,00	24,00	24,00		18:00	25,63	24,64	24,81	24,81	24,81
	19:00	24,70	23,83	23,69	23,69	23,69		19:00	25,20	24,56	24,67	24,67	24,67
	20:00	24,23	23,60	23,40	23,40	23,40		20:00	24,80	24,44	24,46	24,46	24,46
	21:00	23,80	23,33	23,20	23,20	23,20		21:00	24,48	24,25	24,28	24,28	24,28
	22:00	23,18	22,91	23,03	23,03	23,03		22:00	24,10	23,79	23,98	23,98	23,98
	23:00	22,85	22,59	22,69	22,69	22,69		23:00	23,70	23,37	23,57	23,57	23,57
14/08/2005	00:00	22,58	22,45	22,51	22,51	22,51	17/08/2005	00:00	23,38	23,16	23,29	23,29	23,29
	1:00	22,20	22,31	22,24	22,24	22,24		1:00	23,00	22,97	22,99	22,99	22,99
	2:00	21,80	22,10	21,90	21,90	21,90		2:00	22,68	22,76	22,69	22,69	22,69
	3:00	21,55	21,90	21,67	21,67	21,67		3:00	22,45	22,58	22,47	22,47	22,47
	4:00	21,35	21,73	21,47	21,47	21,47		4:00	22,25	22,41	22,28	22,28	22,28
	5:00	21,23	21,58	21,31	21,31	21,31		5:00	22,13	22,25	22,14	22,14	22,14
	6:00	21,28	21,73	21,33	21,33	21,33		6:00	22,10	22,38	22,11	22,11	22,11
	7:00	22,13	22,43	22,18	22,18	22,18		7:00	22,85	22,99	22,85	22,85	22,85
	8:00	23,53	23,50	23,50	23,50	23,50		8:00	24,08	23,94	24,03	24,03	24,03
	9:00	24,88	24,43	24,62	24,62	24,62		9:00	25,45	24,91	25,20	25,20	25,20
	10:00	26,03	25,03	25,53	25,53	25,53		10:00	26,70	25,57	26,16	26,16	26,16
	11:00	27,05	25,58	26,40	26,40	26,40		11:00	27,53	26,14	26,84	26,84	26,84
	12:00	27,90	26,17	27,16	27,16	27,16		12:00	28,08	26,79	27,42	27,42	27,42
	13:00	28,40	26,48	27,69	27,69	27,69		13:00	28,58	27,71	28,04	28,04	28,04
	14:00	28,65	26,44	27,92	27,92	27,92		14:00	28,93	27,98	28,31	28,31	28,31
	15:00	28,55	26,31	27,76	27,76	27,76		15:00	28,63	26,73	27,08	27,08	27,08
	16:00	28,20	26,03	27,39	27,39	27,39		16:00	27,83	25,77	26,09	26,09	26,09
	17:00	27,50	25,58	26,74	26,74	26,74		17:00	26,93	25,57	25,66	25,66	25,66
	18:00	26,63	25,42	26,13	26,13	26,13		18:00	26,25	25,51	25,28	25,28	25,28
	19:00	25,88	25,31	25,60	25,60	25,60		19:00	25,80	25,35	25,06	25,06	25,06
	20:00	25,18	24,99	25,06	25,06	25,06		20:00	25,40	25,14	24,87	24,87	24,87
	21:00	24,40	24,51	24,48	24,48	24,48		21:00	24,93	24,81	24,64	24,64	24,64
	22:00	23,68	23,82	23,91	23,91	23,91		22:00	24,50	24,25	24,31	24,31	24,31
	23:00	22,98	23,38	23,41	23,41	23,41		23:00	24,10	23,84	23,85	23,85	23,85
15/08/2005	00:00	22,35	23,00	23,03	23,03	23,03	18/08/2005	00:00	23,70	23,58	23,52	23,52	23,52
	1:00	21,60	22,67	22,59	22,59	22,59		1:00	23,30	23,34	23,27	23,27	23,27
	2:00	20,88	22,35	21,94	21,94	21,94		2:00	22,83	23,12	23,00	23,00	23,00
	3:00	20,40	22,02	21,35	21,35	21,35		3:00	22,55	22,88	22,76	22,76	22,76
	4:00	20,00	21,73	21,00	21,00	21,00		4:00	22,35	22,64	22,53	22,53	22,53
	5:00	19,68	21,46	20,63	20,63	20,63		5:00	22,23	22,46	22,33	22,33	22,33
	6:00	19,68	21,56	20,44	20,44	20,44		6:00	22,35	22,80	22,41	22,41	22,41
	7:00	20,90	22,60	21,64	21,64	21,64		7:00	23,30	23,88	23,58	23,58	23,58
	8:00	22,58	24,13	23,51	23,51	23,51		8:00	25,10	25,86	25,64	25,64	25,64
	9:00	24,35	25,62	25,24	25,24	25,24		9:00	27,40	28,15	28,16	28,16	28,16
	10:00	26,00	26,54	26,32	26,32	26,32		10:00	29,28	29,33	29,54	29,54	29,54
	11:00	27,30	27,32	27,33	27,33	27,33		11:00	30,30	29,74	30,07	30,07	30,07
	12:00	28,35	27,97	28,19	28,19	28,19		12:00	30,65	29,42	29,87	29,87	29,87
	13:00	28,98	28,17	28,63	28,63	28,63		13:00	30,25	28,57	29,07	29,07	29,07
	14:00	29,33	28,07	28,85	28,85	28,85		14:00	29,73	28,19	28,81	28,81	28,81
	15:00	29,25	27,74	28,70	28,70	28,70		15:00	28,93	27,56	28,15	28,15	28,15
	16:00	28,60	27,13	28,06	28,06	28,06		16:00	28,18	27,27	27,52	27,52	27,52
	17:00	27,58	26,56	27,28	27,28	27,28		17:00	27,33	26,53	26,74	26,74	26,74
	18:00	26,33	26,29	26,25	26,25	26,25		18:00	26,50	26,40	26,26	26,26	26,26
	19:00	25,63	25,91	25,64	25,64	25,64		19:00	26,08	26,24	25,98	25,98	25,98
	20:00	25,13	25,54	25,21	25,21	25,21		20:00	25,78	25,99	25,74	25,74	25,74
	21:00	24,55	25,09	24,71	24,71	24,71		21:00	25,48	25,62	25,45	25,45	25,45
	22:00	24,03	24,54	24,27	24,27	24,27		22:00	25,18	25,13	25,14	25,14	25,14
	23:00							23:00					

Anexo No. 2: Resumen de temperaturas diarias y horarias de las simulaciones Vivienda C2.

Datos simulaciones Vivienda C2																	
Fecha	hora	original	original+camara aire+tan	zinc+ais+table	zinc+aislante+air e+tabler	Fecha	hora	original	original+ camara aire+tan	zinc+ais +table	zinc+aisl ante+air e+tabler	Fecha	hora	original	original +camara aire+tan	zinc+ais +table	zinc+aisl ante+air e+tabler
1:00:00	23,63	24,26	24,14	24,43	1:00:00	24,48	25,36	25,02	25,40	1:00:00	25,56	26,41	26,10	26,56			
2:00:00	23,72	24,25	24,07	24,35	2:00:00	24,16	25,09	24,75	25,16	2:00:00	25,21	26,05	25,72	26,22			
3:00:00	23,60	24,12	23,93	24,26	3:00:00	23,88	24,85	24,43	24,92	3:00:00	24,90	25,73	25,39	25,91			
4:00:00	23,44	23,97	23,78	24,15	4:00:00	23,65	24,60	24,19	24,73	4:00:00	24,66	25,44	25,09	25,63			
5:00:00	23,29	23,83	23,62	24,00	5:00:00	23,46	24,39	23,97	24,56	5:00:00	24,42	25,22	24,87	25,36			
6:00:00	23,16	23,69	23,49	23,88	6:00:00	23,30	24,20	23,78	24,39	6:00:00	24,21	25,01	24,66	25,14			
7:00:00	23,38	23,82	23,62	23,94	7:00:00	23,40	24,20	23,83	24,31	7:00:00	24,34	24,99	24,65	25,11			
8:00:00	23,94	24,05	23,91	24,05	8:00:00	23,94	24,23	23,96	24,28	8:00:00	24,89	25,25	24,91	25,24			
9:00:00	24,54	24,54	24,37	24,44	9:00:00	24,72	24,92	24,53	24,79	9:00:00	26,26	26,41	25,96	26,18			
10:00:00	25,41	25,30	25,02	25,10	10:00:00	26,20	26,10	25,57	25,77	10:00:00	28,25	28,14	27,39	27,42			
11:00:00	26,34	26,20	25,65	25,59	11:00:00	27,78	27,44	26,64	26,62	11:00:00	30,52	30,00	28,75	28,78			
12:00:00	27,49	27,10	26,47	26,25	12:00:00	29,09	28,67	27,68	27,47	12:00:00	32,72	31,74	30,39	29,91			
13:00:00	28,44	27,97	27,28	26,88	13:00:00	30,03	29,45	28,47	28,09	13:00:00	34,18	32,81	31,59	30,78			
14:00:00	29,15	28,62	27,89	27,34	14:00:00	30,26	29,94	29,06	28,48	14:00:00	34,46	33,64	32,44	31,43			
15:00:00	29,08	28,74	28,15	27,49	15:00:00	30,14	30,04	29,29	28,63	15:00:00	34,02	33,67	32,80	31,62			
16:00:00	29,00	28,76	28,24	27,55	16:00:00	29,68	29,81	29,20	28,55	16:00:00	33,44	33,40	32,67	31,57			
17:00:00	28,33	28,42	28,05	27,38	17:00:00	29,05	29,36	28,87	28,27	17:00:00	32,47	32,82	32,25	31,26			
18:00:00	27,35	27,65	27,48	26,94	18:00:00	28,19	28,67	28,36	27,86	18:00:00	30,95	31,66	31,41	30,55			
19:00:00	26,31	26,87	26,79	26,37	19:00:00	26,96	27,71	27,57	27,21	19:00:00	29,40	30,32	30,17	29,71			
20:00:00	25,61	26,20	26,16	25,92	20:00:00	26,22	26,89	26,82	26,64	20:00:00	28,41	29,22	29,13	28,93			
21:00:00	25,05	25,60	25,57	25,54	21:00:00	25,68	26,31	26,19	26,24	21:00:00	27,63	28,43	28,33	28,27			
22:00:00	24,68	25,33	25,28	25,36	22:00:00	25,44	26,11	25,95	26,11	22:00:00	27,09	27,97	27,82	27,98			
23:00:00	24,25	24,89	24,80	24,99	23:00:00	25,07	25,78	25,58	25,83	23:00:00	26,45	27,41	27,21	27,51			
14/08/2005	0:00:00	23,72	24,43	24,35	24,53	17/08/2005	0:00:00	24,60	25,29	25,04	25,35	20/08/2005	0:00:00	25,74	26,77	26,54	26,90
	1:00:00	23,37	24,09	23,97	24,32		1:00:00	24,24	24,92	24,67	24,97		1:00:00	25,10	26,09	25,83	26,28
	2:00:00	23,06	23,79	23,61	24,02		2:00:00	23,91	24,63	24,42	24,76		2:00:00	24,52	25,51	25,27	25,74
	3:00:00	22,71	23,45	23,25	23,69		3:00:00	23,56	24,36	24,08	24,52		3:00:00	23,90	25,09	24,77	25,27
	4:00:00	22,39	23,15	22,92	23,41		4:00:00	23,28	24,08	23,78	24,22		4:00:00	23,36	24,63	24,25	24,94
	5:00:00	22,14	22,89	22,64	23,16		5:00:00	23,04	23,83	23,51	24,04		5:00:00	22,88	24,19	23,78	24,59
	6:00:00	21,93	22,66	22,41	22,94		6:00:00	22,84	23,61	23,29	23,83		6:00:00	22,45	23,78	23,34	24,26
	7:00:00	22,16	22,76	22,47	23,01		7:00:00	22,95	23,68	23,34	23,81		7:00:00	22,84	23,91	23,39	24,19
	8:00:00	23,23	23,54	23,18	23,61		8:00:00	23,80	24,10	23,78	24,11		8:00:00	25,11	25,35	24,77	25,11
	9:00:00	24,92	24,95	24,43	24,55		9:00:00	25,38	25,35	24,87	25,07		9:00:00	28,63	28,67	27,41	27,58
	10:00:00	27,28	26,99	26,17	26,06		10:00:00	27,82	27,61	26,72	26,70		10:00:00	32,84	32,31	30,33	30,07
	11:00:00	29,20	28,80	27,56	27,11		11:00:00	30,20	29,54	28,20	27,95		11:00:00	35,55	34,89	32,20	31,37
	12:00:00	30,47	30,05	28,70	28,09		12:00:00	31,42	30,79	29,52	28,81		12:00:00	34,84	34,75	32,74	31,59
	13:00:00	31,42	30,76	29,68	28,75		13:00:00	32,65	31,63	30,35	29,53		13:00:00	34,14	34,23	32,88	31,64
	14:00:00	31,91	31,33	30,41	29,35		14:00:00	34,25	32,56	31,49	30,33		14:00:00	33,67	33,89	32,90	31,69
	15:00:00	31,76	31,53	30,80	29,68		15:00:00	35,19	33,45	32,42	31,07		15:00:00	33,34	33,64	32,78	31,67
	16:00:00	31,43	31,45	30,83	29,75		16:00:00	33,86	33,16	32,50	30,99		16:00:00	32,73	33,30	32,51	31,49
	17:00:00	30,79	31,08	30,61	29,60		17:00:00	31,57	31,70	31,47	30,13		17:00:00	31,73	32,52	31,87	31,02
	18:00:00	29,69	30,23	29,94	29,10		18:00:00	29,76	30,27	30,32	29,23		18:00:00	30,11	31,30	30,83	30,15
	19:00:00	28,08	28,91	28,81	28,26		19:00:00	28,30	28,97	28,99	28,38		19:00:00	28,33	29,59	29,28	28,98
	20:00:00	27,03	27,74	27,72	27,44		20:00:00	27,35	27,94	27,98	27,69		20:00:00	27,27	28,23	28,01	27,98
	21:00:00	26,22	26,90	26,88	26,73		21:00:00	26,69	27,30	27,30	27,18		21:00:00	26,56	27,57	27,34	27,46
	22:00:00	25,65	26,40	26,33	26,40		22:00:00	26,27	27,00	26,90	26,99		22:00:00	26,19	27,26	26,97	27,31
	23:00:00	24,93	25,79	25,68	25,87		23:00:00	25,73	26,54	26,38	26,62		23:00:00	25,72	26,85	26,50	26,98
15/08/2005	0:00:00	24,22	25,16	25,02	25,24	18/08/2005	0:00:00	25,15	25,97	25,78	26,07						
	1:00:00	23,59	24,62	24,43	24,82		1:00:00	24,69	25,50	25,29	25,65						
	2:00:00	22,98	24,15	23,87	24,39		2:00:00	24,30	25,14	24,90	25,27						
	3:00:00	22,38	23,54	23,26	23,96		3:00:00	23,91	24,81	24,59	24,97						
	4:00:00	21,89	23,03	22,70	23,47		4:00:00	23,55	24,53	24,22	24,73						
	5:00:00	21,50	22,56	22,26	23,01		5:00:00	23,24	24,25	23,92	24,54						
	6:00:00	21,10	22,28	21,95	22,70		6:00:00	22,98	23,99	23,65	24,34						
	7:00:00	21,29	22,30	21,89	22,73		7:00:00	23,37	24,10	23,76	24,29						
	8:00:00	23,20	23,57	23,07	23,62		8:00:00	25,00	25,09	24,62	24,93						
	9:00:00	25,72	25,72	24,83	25,01		9:00:00	28,69	28,22	27,21	27,30						
	10:00:00	29,27	28,68	27,17	27,04		10:00:00	33,98	32,52	30,61	30,19						
	11:00:00	32,20	31,15	29,05	28,46		11:00:00	37,73	35,50	32,91	31,75						
	12:00:00	33,36	32,10	30,13	29,14		12:00:00	38,83	36,42	34,27	32,57						
	13:00:00	34,16	32,53	30,98	29,71		13:00:00	38,54	36,51	34,96	32,97						
	14:00:00	34,46	32,77	31,70	30,33		14:00:00	37,04	35,94	35,02	32,97						
	15:00:00	34,17	33,11	32,27	30,85		15:00:00	35,52	35,08	34,49	32,66						
	16:00:00	33,48	33,25	32,43	31,09		16:00:00	33,85	33,87	33,57	31,96						
	17:00:00	32,54	32,84	32,19	30,97		17:00:00	32,34	32,72	32,52	31,25						
	18:00:00	30,90	31,77	31,31	30,32		18:00:00	30,46	31,45	31,32	30,43						
	19:00:00	28,72	29,76	29,56	28,96		19:00:00	28,73	29,82	29,75	29,30						
	20:00:00	27,28	28,16	28,04	27,85		20:00:00	27,69	28,58	28,49	28,38						
	21:00:00	26,54	27,35	27,25	27,12		21:00:00	27,08	27,90	27,82	27,88						
	22:00:00	26,03	26,91	26,75	26,86		22:00:00	26,80	27,69	27,49	27,77						
	23:00:00	25,45	26,38	26,12	26,43		23:00:00	26,39	27,33	27,07	27,47						