

**IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMATIVA EN VIVIENDA RURAL  
CASO MOTAVITA BOYACÁ**

**Formulación Proyecto de Investigación**

**Protocolo de Investigación**

**Fabián Camilo Bello Quevedo**



**Dirigido a: Docente. Doc. Arq. Claudio Varini**

**Maestría en Diseño Sostenible  
Universidad Católica de Colombia  
Bogotá, 2018**

## Resumen

El interés por la calidad de las condiciones ambientales dentro de la vivienda rural hace parte del punto de partida de esta investigación; en donde se evalúan las condiciones en las que viven la mayor parte de los habitantes del municipio de Motavita en el departamento de Boyacá, en el cual se ubica el caso de estudio. Ésta problemática trasciende sin duda a muchas otras áreas del territorio nacional en donde las condiciones ambientales alcanzan picos de extremo frío o calor.

La evolución de la construcción en el país tiene su primer precedente con la creación del “Consejo Colombiano de Construcción Sostenible” desde el 2008, buscando reducir el impacto ambiental por medio de la transformación de la industria, fortaleciéndose con la Ley 1715 de 2014, regulando la integración de energías renovables, a pesar de la adopción de las leyes, que enfatizan la responsabilidad ambiental, “los programas de vivienda que buscan reducir el déficit de 1´200.000 viviendas en el país” Dane, 2009 (citado en Susunaga, 2014, p. 27), prioriza la masificación sin tener en cuenta aspectos como el confort térmico y consumo energético.

Según la naturaleza del medio se establece a través de estándares las condiciones de confort según el uso, calculando mediante un software, la respuesta del artefacto a las modificaciones de cada uno de los criterios bioclimáticos, en búsqueda de la transformación de una vivienda existente con base a la mejor respuesta de un modelo base. El cual se determina tomando en cuenta cada condición externa del medio.

**Palabras clave:** Confort, bioclimática, eficiencia energética, envolvente, estrategias bioclimáticas.



## Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

**Usted es libre de:**



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

## Agradecimientos

En primer lugar, a Dios que me permite ser quien soy y lograr cada uno de mis triunfos.

A mi familia en especial a mis padres y hermana por su amor y apoyo incondicional, por sus consejos en cada decisión y porque al fin y al cabo soy una pequeña representación de cada uno de ellos, porque son las primeras personas en las que pienso por quienes me siento orgulloso y por quienes soy cada día una mejor persona.

A mis amigos de toda la vida del barrio Carlos, Daniel, Juanda, Juancho, Negrito y Alex, a los amigos del colegio, Jimmy, Daniel, Hector, Edwin, Henry y especialmente a mi mejor amigo Nicolás que me adoptó en esta ciudad y ha sido participé de cada logro.

A mis compañeros de la maestría, que hicieron de cada viernes una motivación especial para venir a aprender y disfrutar de la formación de este posgrado Andresito, Carito, Cris Cris, Dianita, Duvancho, Leito, Mario, Javier, Mary, Ivancho, Pablito, Juanma, Karensita, Carlitos, Davidsito, a mi mona Lizeth y mi hermano Jotica, parceros la rompimos y gracias por cada una de sus enseñanzas.

A personas especiales que pasan en tu vida y que me han acompañado a lo largo de estos dos años, Daniela, Luisa y Maria Fernanda, a mis compañeros incondicionales en el trabajo como Dolly, Claudia, Jorge Ariel, Chiqui, Mauro y Yobani.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
1. Título	1
Impacto de la implementación de la normativa en vivienda rural caso Motavita Boyacá	1
Propósito	1
2. Problema de investigación	1
3. Objetivo general	2
3.1 Objetivos específicos	2
4. Justificación	3
5. Metodología	4
6. Estado del arte	7
6.1 Vivienda rural	8
6.2 Diseño de vivienda bioclimática	8
6.2.1 Desarrollo sostenible.	9
6.2.2 Construcción sostenible.	9
6.2.3 Criterios bioclimáticos.	10
6.3 Adaptación e intervención de la vivienda	10
6.3.1 Subconjunto disponible de criterios bioclimáticos.	11
6.3.2 Sistemas solares pasivos.	11
6.4 Clima	12
6.5 Materiales	13
7. Marco Teórico	14
7.1 Arquitectura bioclimática	14
7.2 Clima	16
7.3 Tipos de clima	16
7.4 Confort térmico	17

7.5 Bioclimática	17
7.6 Monitoreo térmico	18
8. Desarrollo	19
8.1 Diagnóstico y reconocimiento del contexto de estudio - entorno	19
8.2 Morbilidad	19
8.3 Norma	20
8.4 Topografía	20
8.5 Análisis morfológico de colindancias	21
8.6 Flora fauna	22
8.7 Accesibilidad	23
8.8 Cobertura servicio agua y alcantarillado	24
8.9 Cobertura servicio energía	24
8.10 Cobertura servicio gas natural	24
8.11 Riesgos y residuos	24
8.12 Equipamientos	25
8.13 Determinantes ambientales y características físicas	26
8.14 Planimetría de la vivienda – objeto de estudio	28
8.15 Características y uso de la vivienda	29
8.16 Zonificación	30
8.17 Materialidad	30
8.18 Modelo base para simulaciones	33
8.19 Patologías	33
8.20 Estudio de referencia climática	36
8.21 Comparación térmica de datos de la estación de referencia y datos obtenidos por software.	36

8.22 Caracterización y comparación de pluviosidad	39
8.23 Caracterización y comparación de vientos	40
8.24 Caracterización de la humedad	41
8.25 Valores de confort	42
8.26 Requerimientos de ahorro energético	43
9. Identificación de Parámetros a Intervenir Para Responder a Condiciones de Confort y Resolución 0549-15	45
9.1 Parámetros normativos de la vivienda	45
9.2 Mejor localización	46
9.3 Zonificación vs confort	46
9.4 Evaluación de morfologías	49
9.5 Relación de ventana pared, factor luz día, uniformidad y aperturas	51
9.6 Ventilación	54
9.7 Materialidad	55
10. Estrategias pasivas en la vivienda caso de estudio	61
10.1 Diagnóstico de comportamiento base de la vivienda	61
10.1.1 Comportamiento térmico bloque 1 (adobe).	64
10.1.2 Comportamiento térmico Bloque 2 (ladrillo).	65
10.1.3 Comportamiento térmico Bloque 3 (marquesina).	66
10.2 Comparación con mediciones en sitio	67
10.3 Parámetros que no se intervienen	69
10.4 Parámetros que se intervienen en la vivienda	70
10.4.1 Relación ventana pared y composición del vidrio.	70
10.5 Parámetros que se intervienen por zonas	72
10.5.1 Materialidad de los muros.	72

10.5.2 Materialidad de las cubiertas.	74
10.6 Comparación térmica de la vivienda base vs final	75
10.7 Comparación térmica por Bloques	75
10.7.1 Comparación térmica bloque 1 – base vs final.	76
10.7.1.1 Comparación térmica bloque 2 – base vs final.	76
10.7.1.2 Comparación térmica Bloque 3 – Base vs..	77
10.8 Comparación térmica con base a mediciones hechas en lugar	78
11. Comparación económica vs eficiencia energética	79
Conclusiones	81
Referencias Bibliográficas	83



## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Triada del desarrollo sostenible. Por: <a href="http://www.emaze.com">www.emaze.com</a> .	9
Figura 2. Localización objeto de estudio con respecto al casco urbano.	19
Figura 3. Esquema de altura. Por: <a href="http://es-co.topographic-map.com">http://es-co.topographic-map.com</a> .	21
Figura 4. Morfología lote y colindantes.	21
Figura 5. Especies de arborización.	22
Figura 6. Recorrido y accesibilidad desde Tunja.	23
Figura 7. Riesgos municipio (Municipio – Casco Urbano).	25
Figura 8. Equipamientos municipio de Motavita.	26
Figura 9. Determinantes ambientales y físicas.	27
Figura 10. Planta arquitectónica.	28
Figura 11. Planta arquitectónica y corte transversal.	28
Figura 12. Uso y espacios de la vivienda.	29
Figura 13. Zonificación de la vivienda.	30
Figura 14. Fotografías salón – hall, bloque con cubierta en marquesina.	31
Figura 15. Vista habitación 1 – Bloque adobe.	31
Figura 16. Vista muro acceso alcoba 1 – Bloque adobe.	31
Figura 17. Vista frontal de la vivienda.	32
Figura 18. Visual volumétrica de la zonificación por tipología constructiva y uso.	32
Figura 19. Espacios escogidos como muestra en simulaciones.	33
Figura 20. Identificación de patologías por renovación de aire.	34
Figura 21. Esquema de temperaturas 7 am de alcoba en uso vs. alcoba sin uso.	34
Figura 22. Esquema de temperaturas 12 m de alcoba en uso vs. Alcoba sin uso.	35
Figura 23. Identificación de patologías por estufa de carbón.	35
Figura 24. Temperatura Tunja. Estación UPTC. Por: IDEAM.	37
Figura 25. Temperaturas objeto de estudio.	38

Figura 26. Diagrama de temperatura anual.	38
Figura 27. Día más cálido.	39
Figura 28. Día más frío.	39
Figura 29. Pluviosidad estación de referencia <i>vs</i> software.	40
Figura 30. Rosa de los vientos estación de referencia <i>vs</i> software.	41
Figura 31. Diagrama de humedad. Por: Climate Consultant 6.0.	42
Figura 32. Diagrama de confort ASHRAE 55.	43
Figura 33. Consigna de confort ASHRAE 55.	43
Figura 34. Estrategias bioclimáticas sin consumo energético.	44
Figura 35. Requerimientos normativos de la vivienda.	45
Figura 36. Mejor ubicación.	46
Figura 37. Volumen base para estudio.	47
Figura 38. Esquema de temperaturas caso base.	48
Figura 39. Evaluación térmica con base a la altura.	49
Figura 40. Evaluación térmica con base cubierta y ubicación del segundo piso.	50
Figura 41. Evaluación de esquema definitivo.	50
Figura 42. Zonificación con base a propuesta volumétrica.	51
Figura 43. Resultados de la relación de ventana pared.	52
Figura 44. Posición de la ventana.	52
Figura 45. Forma de la ventana.	53
Figura 46. Apertura de la ventana.	53
Figura 47. Esquema físico final de la ventanería.	54
Figura 48. Renovación según la posición del basculante.	54
Figura 49. Imagen del CFD interna y forma de la ventana (arriba/abajo).	55
Figura 50. Imagen del CFD interna y forma de la ventana (centro).	55
Figura 51. Comportamiento de material vidrio – cubierta.	56
Figura 52. Composición del vidrio.	56

Figura 53. Composición de la cubierta.	57
Figura 54. Comportamiento de material de muros.	57
Figura 55. Composición del muro envolvente.	58
Figura 56. Comportamiento de material de placas.	58
Figura 57. Composición de la placa de contrapiso.	59
Figura 58. Composición de la placa de entrepiso.	59
Figura 59. Corte explotado de la materialidad definida.	60
Figura 60. Modelo base de la vivienda en el programa de cálculo energético DesingBuilder.	61
Figura 61. Selección de actividades de la vivienda.	62
Figura 62. Cuadro diagnóstico de confort de caso base vivienda.	62
Figura 63. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas vivienda.	63
Figura 64. Cuadro diagnóstico de confort de caso base por bloques.	64
Figura 65. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - hab. 3.	65
Figura 66. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - hab. 4.	66
Figura 67. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - Zona social.	67
Figura 68. Comparación térmica de datos obtenidos por el software DesingBuilder y muestras en objeto de estudio (hab 3).	68
Figura 69. Comparación de humedad de datos obtenidos por el software DesingBuilder y muestras en objeto de estudio (hab 3).	69
Figura 70. Comparación del funcionamiento de ventanería.	70
Figura 71. Comparación del comportamiento térmico de la vivienda con la relación de ventana / pared y composición del vidrio.	71
Figura 72. Comparación del funcionamiento de ventanería por bloques.	71
Figura 73. Composición final muros (Bloque 1 – Bloque 2).	73
Figura 74. Cuadro mejoramiento de confort.	73
Figura 75. Composición final de la cubierta (Bloque 2).	74
Figura 76. Cuadro mejoramiento de confort.	74
Figura 77. Comparación del comportamiento térmico de la vivienda – base vs final.	75

Figura 78. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 1– base <i>vs</i> final.	76
Figura 79. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 2 – base <i>vs</i> final.	77
Figura 80. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 3– base <i>vs</i> final.	78
Figura 81. Comparación de confort con base a los resultados de las mediciones.	78
Figura 82. Comparativo del costo beneficio en cuanto a mejoramiento del confort de la vivienda.	79
Figura 83. Costo implementación modificación ventana (R 50%-vidrio doble) bloque 1.	79
Figura 84. Porcentaje de costo de construcción frente al costo del mejoramiento bioclimático.	80

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Datos comparativos con la estación de referencia.	37

## **1. Título**

### **Impacto de la implementación de la normativa en vivienda rural caso Motavita Boyacá**

La evaluación del impacto económico en la implementación de los requerimientos de confort y ahorro de consumo energético expuesto en la normativa Ashrae 55 y Resolución 0549 se convierte en parámetros evaluativos de la calidad de vida e impacto ambiental en las viviendas rurales del municipio de Motavita.

### **Propósito**

Identificar el impacto económico por medio de una comparación costo/beneficio que conlleva la implementación de las estrategias bioclimáticas en la vivienda cumpliendo los requerimientos normativos nacionales expuestos en la resolución 0549 del 2015 y la norma Ashrae 55 como reguladora de los estándares de confort.

## **2. Problema de investigación**

¿Cuáles estrategias pasivas de diseño permiten optimizar el comportamiento térmico de una vivienda rural del Municipio de Motavita, Boyacá?

En el sistema constructivo moderno caracterizado por la estandarización y generalización del diseño se ha olvidado la relación con el entorno y la favorabilidad de las condiciones climáticas, típicas de cada lugar en donde se localiza el proyecto, desconociendo las características funcionales diferenciales de cada prototipo. En la búsqueda del cumplimiento de la normativa que reglamenta las condiciones internas de la vivienda, se establecen estrategias pasivas de diseño bioclimático como herramientas de mejoramiento ambiental, sin aumento en el consumo energético.

Si bien, el avance tecnológico permite mejorar el comportamiento energético de cualquier edificación, en este caso, de una vivienda rural, este tipo de construcción posee características de adaptación a las condiciones climáticas. En su intervención es indispensable evaluar el costo beneficio de las estrategias que se pueden plantear para su mejoramiento debido al reducido capital de inversión de sus propietarios, buscando el aumento de calidad de vida de sus

habitantes por medio de planes de mejoramiento de vivienda teniendo como requerimiento la disminución de impacto ambiental durante su construcción y funcionamiento.

### **3. Objetivo general**

Evaluar las estrategias para el mejoramiento del confort de una vivienda rural ubicada en clima frío frente a su inversión, estableciendo como condición el cumplimiento de las normas Ashrae 55 confort ambiental y 0549 de 2015 guía de construcción sostenible.

#### **3.1 Objetivos específicos**

Analizar las condiciones físicas formales y técnicas de una vivienda por medio de un levantamiento arquitectónico que permita identificar los niveles de confort de la vivienda objeto de estudio.

Identificar con base a criterios bioclimáticos los parámetros que se pueden modificar e intervenir para responder a las condiciones definidas por Ashrae 55 y Resolución 0549 de 2015.

Definir con base al desempeño térmico del modelo base las estrategias pasivas que se implementarán en la vivienda existente, estableciendo cuáles características físicas se intervendrán, en la búsqueda del cumplimiento de los parámetros técnicos de confort y consumo energético.

Comparar los valores del impacto económico en cuanto a la relación costo - beneficio de la implementación de las estrategias pasivas para identificar la viabilidad económica de las soluciones propuestas.

#### **4. Justificación**

El producto de los procesos constructivos de las viviendas campestres en los municipios cercanos a Tunja, entre los que se encuentra el municipio de Motavita, son un resultado tradicional de técnicas vernáculas de construcción en tierra y barro, que se detuvo debido a la producción económica y duradera de los materiales de cantera (barro cocido), en donde se implementan sin tener en cuenta las condiciones ambientales, por lo tanto por medio del caso de estudio se busca establecer el comportamiento térmico de una vivienda, determinando las condiciones de discomfort con las cuales los usuarios se ven obligados a convivir.

La interrumpida prestación de los servicios del municipio y la implementación de la normativa que determina el comportamiento térmico se convierte en el punto de partida para la implementación de estrategias pasivas que garanticen las condiciones de confort, por medio del uso de las determinantes ambientales, evaluando las posibles estrategias bioclimáticas que respondan de manera eficiente a las condiciones climáticas del lugar.

Partir de una vivienda existente limita su rediseño y caracterización formal, a diferencia, de un proyecto nuevo, por lo tanto, con base al análisis térmico es posible comparar y evaluar cada una de las estrategias que se pueden llegar a implementar en la búsqueda del mejoramiento del comportamiento térmico, con base a esta investigación la implementación de las estrategias evaluadas en un modelo base, se convierte en la materia prima para poder replicarse en las viviendas rurales de la zona tomando la información para modificaciones, mejoramientos o diseño de viviendas nuevas.

La norma colombiana expuesta en la Resolución 0549/2015 en su compromiso de responsabilidad ambiental, implementó la guía de diseño sostenible, en la cual establece unos parámetros de ahorro energético, pero no se tiene en cuenta el impacto económico, reflejado en el posible incremento del valor de la vivienda. Para que cumpla con el modelo, se establece una comparación económica de las estrategias bioclimáticas, obedeciendo al estándar en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de vida y del mayor beneficio en cuanto la dimensión de la inversión, generando un balance de costo beneficio que permita evaluar y determinar su implementación.



## 5. Metodología

La primera fase de desarrollo de la investigación se enfoca en el reconocimiento del objeto de estudio, identificando su funcionamiento, forma y técnica constructiva por medio del levantamiento arquitectónico, además del diagnóstico particular, se realiza el análisis del contexto; en donde se encuentra la ubicación, accesibilidad, morfología y uso de las construcciones colindantes, determinando el modelo 3D y sus afectaciones directas, permitiendo establecer las condiciones más similares al desempeño de la vivienda para introducir la información en el software de cálculo térmico elegido.

Se utiliza la entrevista de los habitantes, la observación de patrones internos para identificar condiciones no deseadas de humedad moho o similares, el análisis de documentos referentes a calidad de vida y mediciones térmicas dentro del objeto de estudio.

La identificación de los valores climáticos en el lugar objeto de estudio, para realizar el diagnóstico y modelado base; se realiza mediante valores presentes en las bases de datos de las estaciones climáticas del IDEAM, para revisar si coincide con alguna. En caso de no encontrar una estación cercana con las mismas condiciones climáticas, se obtiene mediante un software especializado, el cual utiliza la información climática y geográfica; por medio de una triangulación estima las condiciones, en caso de utilizar la información del software, se requiere la referencia y comparación con la base más cercana para verificación de la coherencia de los datos. Después de la obtención y comparación de los datos, se genera el archivo climático que permite ser interpretado por el programa de simulación y cálculo energético para realizar la evaluación del modelo.

De forma paralela a la búsqueda de la información climática se lleva a cabo el análisis de las normas que establecen los valores dentro de los cuales se debe encontrar el funcionamiento energético de la vivienda. Las normas analizadas y que evaluarán el proyecto, son la normativa americana ASHRAE 55 para evaluación del confort ambiental y la norma colombiana 0549/2015 para estándares de consumo energético, determinando y estableciendo los parámetros de referencia.

Los parámetros por intervenir para responder a las condiciones ideales de la vivienda, se determinan en función de la precisión de la información, en cuanto a la localización y una evaluación energética de un modelo base con las únicas características físicas de uso y área geográficamente homogénea, el cual comienza a transformarse implicando la variación de las siguientes condiciones: localización, proporción, zonificación, altura, cubierta, desarrollo de segundo piso, morfología de la envolvente, ventilación, y materialidad; estableciendo con base a lo anterior el comportamiento del modelo en cada una de sus etapas de desarrollo, comparando la favorabilidad de las variables formales tomando como referencia las que mejor responden frente al porcentaje de confort, sin aumentar en la medida de lo posible, el consumo energético de la vivienda objeto de estudio. Con base a lo anterior se establece un panorama en el que se permite contemplar en qué tipo de estrategias pasivas, se debe enfocar el mejoramiento de su comportamiento térmico.

Para complementar la información anteriormente recopilada, se realiza todo el diagnóstico según la norma en cuanto a calidad del aire, confort fundamentado en la ocupación, el uso y área de cada espacio, estableciendo los parámetros mínimos a cumplir para temperatura y renovación.

Posteriormente, se realiza el análisis del desempeño térmico de la vivienda objeto de estudio, estableciéndolo como caso base. Por medio de las simulaciones, se establece el porcentaje de confort y variaciones de la temperatura a lo largo del día, posteriormente, se establecen las comparaciones del comportamiento térmico, para reevaluar las variables que afectan en mayor grado la termicidad de la vivienda.

La evaluación por medio de las simulaciones espaciales de los diferentes parámetros a intervenir se convierte en la estrategia base de intervención del diseño inicial de la vivienda como estrategia eficiente, tanto en ahorro energético, como en mejoramiento del confort.

La intervención en la vivienda de cada uno de los parámetros compara el funcionamiento, tomando como punto de valoración; el confort de la evaluación de las zonas, la altura libre de cada uno de los espacios, la morfología de la cubierta, el desarrollo de una futura ampliación del segundo piso y dónde es más favorable, la relación ventana / pared, las características de la

ventilación, la forma y materiales de la envolvente. Por lo tanto, se determina la intervención a la vivienda como estrategia inicial de impresión pasiva, por medio de ésta, se busca elevar al máximo el porcentaje de confort respondiendo a las condiciones de comodidad de la normativa Ashrae. Después del análisis de cada una de las posibles intervenciones, se determina cuáles tienen más trascendencia en el comportamiento térmico para su implementación en cuanto a aspectos económicos.

Se investiga e identifican todas las estrategias pasivas posibles para una vivienda, en cuanto a diseño (uso, forma, ventilación, ganancia solar, etc.) o técnica constructiva (método y materiales) que se han implementado en proyectos de uso y clima similar, generando una base de datos de soluciones que pueden llegar a ser implementadas, tomando como guía las investigaciones hechas por el Instituto Alemán de Diseño de Casas Pasivas “Passivhaus”.

La evaluación de estrategias pasivas con base a las condiciones favorables del elemento permite mejorar las condiciones térmicas internas, procediendo de la menor manera en los espacios internos, pero sí modificando su funcionamiento, aprovechando las condiciones de radiación, ventilación y respuesta de la materialidad con que ha sido construida.

En la implementación de las estrategias, se tiene en cuenta de igual manera lo estipulado en la norma 0549/2015 de ahorro energético; por lo tanto, las estrategias elegidas deben tener un gasto de energía cero y su implementación se resume en un criterio de costo beneficio en pro del mejoramiento de la calidad de vida.

La propuesta y definición del diseño de la vivienda consecuente a soluciones y calores anteriormente identificados, contempla soluciones pasivas, la búsqueda de la menor inversión con el mayor aumento en calidad de vida, define el aspecto físico de la vivienda que garantice el mayor porcentaje de confort con la menor intervención y modificación.

Se establece una comparación del diseño base con la vivienda requerida, para el cumplimiento de las condiciones mínimas de ahorro e ideales en cuanto a confort, analizando la favorabilidad y ventajas de cada modificación y su posible adaptación, de acuerdo con la tipología de usuarios.

## 6. Estado del Arte

El gran soporte que atiende, no sólo al desarrollo del proyecto, sino que lo acompaña hasta su terminación, permite hacer una reflexión analítica que refiere una preocupación constante por el medio ambiente. Así, el diseño arquitectónico, desde otra perspectiva, la distribución bioclimática. Donde se establece una conexión directa entre la casa rural y el medio ambiente. La meta es crear y sostener un vínculo amigable entre el ser humano, el clima y la arquitectura.

Desde el diseño de las estrategias pasivas para la vivienda rural en Motativa, el presente proyecto pudo hallar un equilibrio con el medio ambiente. Donde la calidad, el confort y la minimización del impacto ambiental hacen parte de una mejor proyección en materia de vivienda.

El Estado del Arte, no sólo presentará un soporte lógico del desarrollo del proyecto, sino que permitirá centralizar al lector dentro de una estructura conceptual que deja al descubierto la temática de la investigación para un mejor entendimiento.

Fueron importantes la selección y aplicación apropiada de las estrategias bioclimáticas para la vivienda rural en el municipio de Motavita, pues desde allí se logró evidenciar la integración al medio ambiente, la materialidad del confort y desde el comportamiento térmico la eficiencia de energía.

Es preciso resaltar que la Arquitectura más allá de plasmar nuevos estilos de vida para la humanidad, proyecta constantemente formas de construcción para el ser humano y que hoy día en fusión con el diseño bioclimático dan una posibilidad de confort a la que no siempre se tuvo acceso. Es decir, a partir de ahora, juegan un papel muy importante dentro del urbanismo la forma de proyectar y edificar nuevas construcciones que atienden las necesidades bioclimáticas de quien las requiera.

## 6.1 Vivienda rural

La vivienda rural en el municipio de Motavita representando el 90% de las viviendas del municipio como mencionan Correa y Mellace (2000) “es un lugar central para la existencia humana, en donde la relación trabajo-producción-vida familiar está en clara interacción con el entorno, no sólo comprende la unidad de habitación, también el espacio de producción, la diseñan, construyen y modifican sus moradores con técnicas tradicionales, autoproducción de materiales y componentes básicos”.

El valor de la vivienda es descrito por González y Villar (2000) señalando su utilidad porque: Cada espacio es adecuado para las necesidades del habitante y su construcción requiere elementos mínimos. Es congruente con la imagen de su creador, existe concordancia entre sus elementos: material-apariencia, forma-función, forma utilidad, forma-historia, y con el medio natural. Es estética por lo conveniente para sus moradores, además contiene elementos naturales construidos, armónicos y agradables a la vista; es social porque es la representación de una cultura y de un conjunto de individuos. (párr. 11).

La salud de los usuarios como elemento de evaluación de la calidad de vida dentro de la vivienda ha sido estudiada desde lo rural, identificando dos enfoques, la medicina a la física y la psicología a la mental. “Estas investigaciones aparecen en años recientes y van en aumento por los focos de enfermedad que se han identificado; también detectan problemas de calidad de vida de los habitantes y sus viviendas”. (Sánchez y Jiménez, 2010, p. 8). Los estudios involucran a grupos vulnerables (niños, mujeres y ancianos). La Vivienda Rural VR afecta a sus moradores por factores físicos y sociales; los principales problemas son envenenamiento con plomo (derivado de la pintura de casas anteriores a 1978) y asma (Lance, 2000-2001<sup>a</sup>, párr, 4). La exposición crónica al plomo puede causar daño cerebral, contaminación en la sangre o en el sistema reproductivo, y decrecimiento de funciones motoras y cognitivas (Ryan, 2002 citado en Sánchez y Jiménez, 2010, p. 8). El asma se asocia a factores irritantes como humo, moho, polvo, animales y ácaros (Lance, 2000-2001<sup>b</sup>, párr, 8).

## 6.2 Diseño de vivienda bioclimática

La vivienda bioclimática retoma estrategias y configuraciones que buscan aprovechar los recursos naturales del entorno generando un ambiente confortable para los usuarios evitando el

consumo de energías convencionales, la vivienda rural por su regular ubicación aislada requiere un tratamiento físico para responder de manera adecuada a las condiciones climáticas, en este caso cerca a páramo, lo cual implica en su concepción el énfasis sobre prácticas responsables en búsqueda del confort.

**6.2.1 Desarrollo sostenible.** El término desarrollo sostenible (DS) adopta como uno de sus puntos de referencia la definición planteada por el informe de la Comisión Bruntland. Allí se hace referencia al DS " como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". (Comisión Brundtland, 1987, párr, 1.). Desde esta perspectiva, el desarrollo económico y el uso racional de los recursos naturales, es decir, la dimensión medioambiental están inexorablemente vinculados.

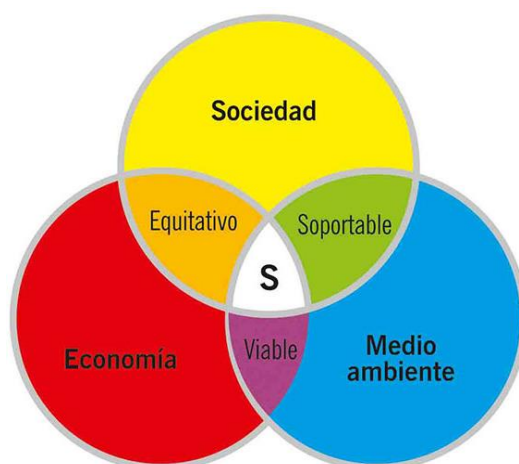


Figura 1. Triada del desarrollo sostenible. Por: [www.emaze.com](http://www.emaze.com).

**6.2.2 Construcción sostenible.** En la búsqueda de la reducción del impacto ambiental y del uso de energías no renovables como lo menciona Kibert (1994) la “Construcción Sostenible” se concibe como el desarrollo de la Construcción tradicional, pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. (citado en Alavedra, Domínguez, Gonzalo y Serra, 1998, párr, 23).

Ello implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental y proporcionando un

ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno.  
(Alavedra et al, párr, 27).

**6.2.3 Criterios bioclimáticos.** En la búsqueda de la eficiencia en el comportamiento de una construcción, en este caso de una vivienda, se estudia cada uno de los criterios que pueden ser modificados verificando la respuesta frente a las condiciones ambientales de lugar, “la arquitectura bioclimática utiliza como elemento de control térmico el propio diseño arquitectónico, que a su vez está basado en los siguientes aspectos:

- a) **Búsqueda de la mejor ubicación y correcta orientación solar.**
- b) **Forma:** la superficie de contacto entre la vivienda y el exterior.
- c) **Calidad del ambiente exterior:** Condiciones medioambientales del entorno.
- d) **Cerramientos:** Al hablar de los cerramientos incluimos las fachadas y la cubierta, con sus características térmicas. En el diseño de los mismos debemos controlar la iluminación y ventilación espontánea y la protección o captación solar.
- e) **Envolvente térmica:** Será continua, estará exenta de puentes térmicos y limitará adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire, exposición a la radiación solar y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor.
- f) **Recursos materiales:** Los materiales empleados deberán ser: saludables para nosotros y nuestro entorno, e higroscópicos, que permitan el intercambio de humedad entre la vivienda y la atmósfera.
- g) **Integración de energías renovables:** Mediante la integración de fuentes de energía renovable, es posible reducir gran parte del consumo utilizado en la climatización.  
(De Los Mozos, 2009, p, 20).

### **6.3 Adaptación e intervención de la vivienda**

En la exploración de la adaptación e intervención del objeto de estudio, se parte de la condición que es una vivienda existente, reduce las posibilidades de intervención, dependiendo

de la determinación con base a los criterios a interferir, en donde si bien “la envolvente del edificio debe ser diseñada como un agente dinámico que interactúe favorablemente entre el exterior e interior y viceversa” (Daluz, 2008, párr, 5), puede llegar a tener cambios en su composición, e incluso cambios en su morfología eligiéndolos por medio de una comparación de eficiencia.

Partiendo de la búsqueda de la calidad de vida para los usuarios y las posibilidades de mejoramiento “la tecnología más adecuada para la vivienda rural será la que solucione integralmente: gestión, construcción, flexibilidad para crecer, mantenimiento, evolución de la vivienda y su entorno utilitario construido” (Rotorando y Mellace, 2000 citado en Sánchez y Jiménez, 2010, p. 11).

**6.3.1 Subconjunto disponible de criterios bioclimáticos.** El conjunto de criterios bioclimáticos disponibles para intervenir en una construcción existente y que se analizaran en la búsqueda del comportamiento térmico son:

- Cerramientos
- Envolvente Térmica
- Recursos materiales
- Integración de estrategias pasivas

**6.3.2 Sistemas solares pasivos.** Los sistemas solares pasivos se utilizan principalmente para captar y acumular el calor proveniente de la energía solar. “Se los llama pasivos ya que no se utilizan otros dispositivos electromecánicos (bombas recirculadoras, ventiladores, etc.) para recolectar el calor. Esto sucede por principios físicos básicos como la conducción, radiación y convección del calor”. (De Los Mozos, 2009, p, 40).

Sistemas de control pasivo:

- Ganancia directa
- Muro e acumulación no ventilado
- Muro de acumulación ventilado
- Invernadero o adosado



- Techo de acumulación
- Captación solar y acumulación de calor

#### 6.4 Clima

La elección de propiedades de la vivienda frente a las determinantes climáticas en donde se encuentra ubicada puede llegar a tener periodos de extremo frío o calor, dependiendo de su composición física, Bustamante (2009, p. 45) establece las reglas básicas de diseño con criterios de eficiencia energética, estos se ordenan según las características climatológicas así:

##### - **En periodos fríos:**

**Captar** (con la presencia de vidrio en la envolvente), usando la energía calórica proveniente principalmente del sol.

**Conservar** la energía generada en el interior y captada (por medio de materiales aislantes en la envolvente).

**Almacenar** esta energía (según las posibilidades que ofrece el clima, con mayores o menores fluctuaciones de temperatura diurna) por medio de materiales con alta inercia térmica.

**Distribuir** del calor en el espacio interior de manera que se homogenice la temperatura, evitando diferencias muy altas).

##### - **En períodos de calor:**

**Proteger** su envolvente (tanto opaca como transparente) de las ganancias solares.

**Minimizar** las ganancias de calor internas.

**Disipar** el calor que ha ingresado a la vivienda o que se ha generado en su interior mediante la ventilación durante el período con temperatura exterior menor a la interior.

**Enfriar** por alguna otra estrategia natural.

Con base a los criterios de eficiencia energética, se determina por medio del análisis del clima las estrategias con base a la conceptualización explicada para el funcionamiento más eficiente de la vivienda a intervenir.

## 6.5 Materiales

En cuanto a la tecnología, la vivienda rural tradicional y la transicional emplean técnicas artesanales y materiales naturales del entorno (Rotorando & Mellace, 2000 citado en Sánchez y Jiménez, 2010, p. 7), de acuerdo con González afirmando que “la Vivienda rural moderna incorpora materiales industriales, mezclando componentes y técnicas tradicionales; aun manteniendo el adobe, su construcción lleva más materiales industrializados” (González, 2000, párr, 19).

Cuando se realiza una construcción nueva como en el caso de los proyectos de la vivienda de interés social, se deben realizar excavaciones en la capa superficial del terreno, los residuos que quedan después de este proceso se valorizan como materia prima, ya que el 55% de los bloques de construcción están fabricados de tierra, por ende, con la técnica de los bloques de tierra comprimida, conocidos también como adobes, que son al final una mezcla de cemento y tierra del lugar. (Milan, s.f. citado en Bautista Gordillo, Loaiza Elizalde, 2017, p. 12).

La materialidad en la construcción de las cubiertas y la fachada se puede lograr mayor eficiencia energética, que representa uno de los principales pilares de la construcción sostenible; los materiales pueden ser reciclados de manera efectiva para ser reutilizados en la elaboración de nuevas materias primas y así reducir la extracción de recursos no renovables. La importancia de las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el impacto del sector de la construcción en el cambio climático por sus emisiones de gases de efectos invernadero, el consumo de recurso y la pérdida de biodiversidad. (Bautista y Loaiza, 2017, p. 89).

Atendiendo a lo anterior, la composición primaria de las viviendas nuevas rurales, las cuales al igual que las viviendas de interés social se construyen con un presupuesto reducido y de manera responsable, en términos medioambientales.

## **7. Marco Teórico**

El desarrollo del Marco Teórico, pretende retomar los conceptos fundamentales que permiten entender la necesidad que requiere la ejecución de la presente investigación y de forma didáctica interpretar cada uno de los detalles que arrojan la información requerida para asimilar el clima y las estrategias que se implementaran para mejorar la calidad de vida y el confort que se puede hallar al interior de este tipo de viviendas bioclimáticas. Es decir que un problema presente, es materia que aborda el actual estudio de investigación.

El presente Marco Teórico ayudará en gran medida a definir las estrategias pasivas de diseño que permitan optimizar el comportamiento térmico de una vivienda rural del Municipio de Motavita en Boyacá. Donde a partir del sistema constructivo moderno se tenga en cuenta la relación con el entorno y la favorabilidad de las condiciones climáticas típicas del lugar en donde se localiza el proyecto, desconociendo las características funcionales diferenciales de cada prototipo.

Es preciso resaltar también la veracidad en el cumplimiento de la normativa que reglamenta las condiciones internas de la vivienda, pues allí se establecen las estrategias pasivas de diseño bioclimático como herramientas de mejoramiento ambiental y que permitan frenar el aumento en el consumo energético.

El avance tecnológico permite mejorar el comportamiento energético de cualquier edificación, en este caso, de una vivienda rural, este tipo de construcción posee características de adaptación a las condiciones climáticas que buscan aumentar la calidad de vida de sus habitantes por medio de planes de mejoramiento de vivienda teniendo como requerimiento la disminución de impacto ambiental durante su construcción y funcionamiento.

### **7.1 Arquitectura bioclimática**

“Se denomina “bioclimática” a la arquitectura que se diseña pensando en aprovechar el clima y las condiciones naturales del entorno con el fin de alcanzar un estado de confort en su interior,

valiéndose del diseño y el uso racional de elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos. (Jiménez Torres, 2008, p. 13).

La primera línea de estudio es el *Bioclimatismo*, un término que responde a la búsqueda de una arquitectura eficiente con enfoque en la integración del medio ambiente y el edificio.

Los hermanos Olgyay fueron los primeros en proponer el término “Diseño Bioclimático”, a mediados de los años sesentas, presentaron un método a través del cual el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos correspondientes del sitio. En 1969, un método similar es propuesto por Baruch Givoni, basado en la carta Psicométrica, ambos métodos serán detallados en el transcurso del trabajo.

La arquitectura Sustentable es también denominada arquitectura ambiental, que se refiere a la arquitectura respetuosa con su alrededor, que acondiciona en respuesta al medio microclima; el termino arquitectura ecológica se basa en no impactar en ecosistemas, evitar la contaminación y respetar la biodiversidad; y por último la arquitectura sustentable es también la arquitectura bioclimática que responde a la habitabilidad, optimización de los recursos naturales y el confort.

Dentro de los principios básicos de “construir con el clima”, siendo este un concepto de la idea del lugar como circunstancia singular en la que se desarrolla la arquitectura y con la que ésta se relaciona, se destacan los siguientes:

- Consideración de los factores y condicionantes del clima en el entorno donde se construirá el edificio.
- Optimización de los recursos naturales (empleo de energías renovables, manejo del agua en el edificio, control de ventilación por medio de la conservación de energía captada o generada en el interior).
- Reducción del consumo de energía para toda la demanda del edificio.
- El cumplimiento de los requisitos de confort térmico, iluminación y habitabilidad del edificio.
- Tomar en cuenta el ciclo de vida de los edificios como auxiliar en el proceso de diseño.

- Manejo de los materiales y manejo de los desechos y desperdicios generado en el proceso y ciclo de vida del edificio.

Los edificios bioclimáticos o energicamente conscientes, no son tanto el resultado de una aplicación de técnicas especiales, como del sostenimiento de una lógica, dirigida hacia la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, sin perder, en absoluto, ninguna del resto de las implicaciones constructivas, funcionales, estéticas, etc., presentes en lo reconocido como buena arquitectura. (García Torres, 2013, p. 14).

## 7.2 Clima

“Según el Dr. Plutarco Naranjo: El clima es un complejo resultante de unas cuantas variables meteorológicas y físicas; se utilizan por lo común, solo dos de los factores meteorológicos, considerados como más determinantes: la temperatura y las lluvias.”

“Se define también, por el clima de un lugar, la consideración de los valores medios de los elementos meteorológicos en una zona determinada y el estudio de sus variaciones con el tiempo. Los valores promedios y las desviaciones sirven como pauta para determinar las diferentes modalidades u oscilaciones del clima. Según Sare, clima es el ambiente atmosférico constituido por una serie de estados de la atmósfera en su sucesión habitual en un lugar determinado; por consiguiente el clima hay que estudiarlo en función del lugar y de la sucesión habitual de los fenómenos meteorológicos. (García Torres, 2013, p. 12).

## 7.3 Tipos de clima

**Macroclima:** Clima en gran escala (macroclima) el que corresponde a extensas áreas geográficas que corresponden a miles y millones de Km<sup>2</sup> (grandes países continentales, hemisferios).

**Mesoclima:** Clima en escala media (mesoclima) el que corresponde a áreas cuya extensión va a cientos, a pocos miles de Km<sup>2</sup> (valles, planicies, montañas, países pequeños, provincias).

**Microclima:** Clima en pequeña escala (microclima) el que corresponde a una pequeña área que va de cientos a pocos miles de m<sup>2</sup> (una franja, una sementera, un jardín, un barrio ciudadano).

**Ecoclima:** Clima en eco escala (ecoclima) aquel que corresponde a pocos metros cuadrados (el área cubierta por un matorral, por un árbol, etc....).” (García Torres, 2013, p. 14).

#### **7.4 Confort térmico**

El confort térmico puede definirse como una sensación de bienestar en lo que se refiere a la temperatura. Se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente, Hernández Pezzi, 2007 (citado en Leiva, 2017, p. 79), aprovechando el hecho no sólo de adaptarse a climas muy variados, sino también la de modificar las condiciones ambientales de su entorno mediante el vestido y la vivienda. (Fernández, 1994, p. 1).

Según la American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning Engineers, conocida por sus siglas como ASHRAE, el confort es definido como aquellas condiciones de la mente, que expresan satisfacción del ambiente térmico.

El confort térmico precisa lograr una temperatura homogénea dentro de la vivienda, en donde las condiciones externas, considerando cambios repentinos de humedad o viento, no afecten su capacidad de mantenerlas dentro de límites aceptables regidos por la norma, posibilitando la adaptación del usuario a lo largo del día sin importar la actividad.

#### **7.5 Bioclimática**

La arquitectura bioclimática, es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior. Juega

exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos, que son considerados más bien como sistemas de apoyo. (Pita, s.f., p. 5).

Entendida en términos conceptuales, se basa en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenidas durante el proceso del proyecto y ejecución de la obra. Parte del estudio de las condiciones climáticas y ambientales, y de la adecuación del diseño arquitectónico para protegerse y/o utilizar los distintos procesos naturales. (Celis, 2000, párr. 12).

## 7.6 Monitoreo térmico

Indica Kolaitis *et al.*, (2013) que los estudios de monitoreo térmico se realizan de dos maneras: el teórico mediante simulación, y el que se realiza en condiciones reales de funcionamiento mediante experimentación científica, con instrumentos confiables. De los factores ambientales térmicos a monitorear al interior, expresan Karagiozis & Salonvaara (2011), la temperatura  $T$  es el parámetro básico para la evaluación térmica de la vivienda como elemento del clima, es el parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala. (citado en Fuentes, 2015, p. 283).

Para el análisis e interpretación del comportamiento higrotérmico de la vivienda, existen diversas formas de analizar los factores ambientales y sus interrelaciones; a indicar de Marique *et al.* (2014), entre los más conocidos están la hora-grado con mediciones a cada hora al interior y exterior de la vivienda de temperatura y humedad relativa. (citado en Fuentes, Celis, & Aranda, 2017, párr. 4).

La evaluación del comportamiento térmico de la vivienda se realiza mediante software comparando muestras en sitio, evaluando el consumo energético, estableciendo un balance de ganancias y pérdidas energéticas, para el cual, la presente investigación adopta el diagrama de confort propuesto por ASHRAE 55 (Ashrae, 2010) en el proceso de realizar el análisis higrotérmico.

## 8. Desarrollo

### 8.1 Diagnóstico y reconocimiento del contexto de estudio - entorno

El objeto de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Motavita departamento de Boyacá vereda El Salvial ubicado a 5,5 kilómetros de la ciudad de Tunja. Actualmente el municipio cuenta con 8.067 habitantes, el 70% de su población no supera los 35 años, en el año 2012 se reportan 1.475 viviendas, de las cuales 135 se encuentran en el área urbana, por lo tanto, el 90,85% de las viviendas se ubican en el área rural. (Plan de Ordenamiento Territorial POT, 2014).

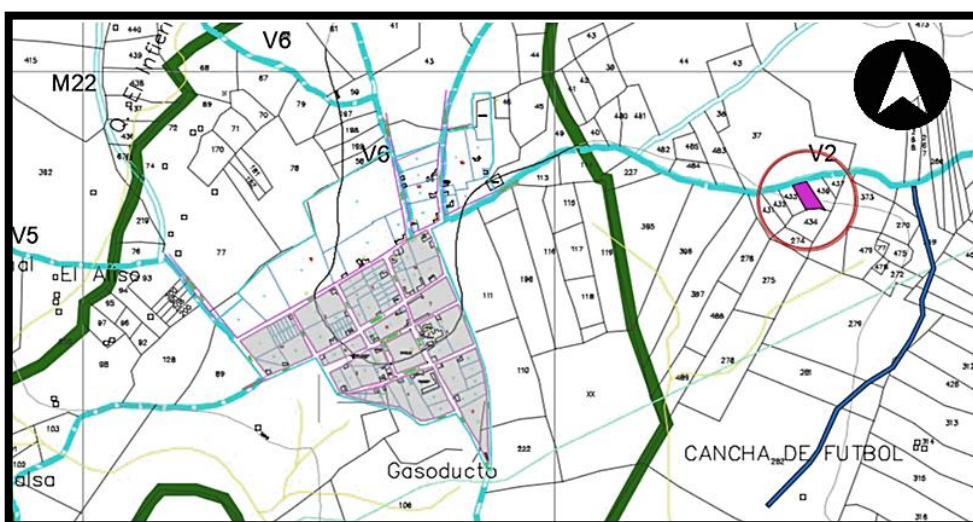


Figura 2. Localización objeto de estudio con respecto al casco urbano.

Las viviendas típicas, en su mayoría, se encuentran construidas con materiales de la zona ladrillo y teja, con variaciones en el material de los muros, adobe y las cubiertas en teja de zinc. En el poblado la mayor parte de las viviendas se encuentran construidas en ladrillo y su cubierta en teja de barro, regularmente las modificaciones o ampliaciones internas se encuentran hechas con bloque.

### 8.2 Morbilidad

El municipio por sus características climáticas cercanas a páramo, asienta las condiciones para aumentar las patológicas que afectan el sistema respiratorio, estas se relacionan con los hábitos y condiciones físicas de los componentes del entorno y lugar de residencia, la morbilidad del municipio varía con respecto a cada intervalo de edad promediando un 9,7% de casos



relacionados con enfermedades respiratorias. Las enfermedades de los pacientes son acusadas según las investigaciones del municipio a hábitos como cocinar con leña dentro de la vivienda y sus condiciones térmicas frías. (ESE Centro de Salud del municipio de Motavita, 2018).

Según los datos suministrados y analizados de la ESE Centro de Salud del municipio de Motavita, las personas en las que más se presentan enfermedades respiratorias son niños y adultos mayores. En los menores de un año representan el 25% y entre los 1 y 4 años el 14,1%, (el 80% son enfermedades dentales), pero a comparación de las cifras nacionales el 1,9% de neumonía es un porcentaje muy alto, las cifras entre los adultos mayores de 65 años representan el 13,2% (el 65,4% es por hipertensión esencial), las condiciones de la vivienda deben garantizar ambientes de confort térmico y calidad del aire debido a que los grupos de edad más afectados por estas enfermedades habitan la vivienda, la mayor cantidad de tiempo.

### **8.3 Norma**

La normativa que regula la zona periférica del municipio se maneja por medio de los instrumentos de planificación rural explícita en el Capítulo III del Decreto 3600 de 2007, en el cual se establecen las unidades mínimas de actuación y la definición de los usos verificables de acuerdo a las condiciones específicas de cada municipio, que por medio de la revisión tomara absoluta decisión sobre los proyectos de construcción y ambientales que permitan su desarrollo respetando la vocación del suelo rural.

### **8.4 Topografía**

La meseta en la cual se ubica el municipio de Motavita hace parte del altiplano cundiboyacense, con una altimetría al alrededor de los 2.900 msnm, es decir, 100 metros por debajo del nivel límite, estipulado para los cálculos en el software considerado como páramo, el centro poblado y los terrenos colindantes sobre la vía de acceso por la variante principal poseen una inclinación relativamente baja, de igual manera el parque central y el predio de estudio poseen una similitud en altura sobre los 1.905 msnm. (Alcaldía Municipal de Motavita Boyacá, 2001, p. 9).

El predio de la vivienda posee una leve declinación desde la calzada ubicada en el costado norte hacia el costado posterior del lote tomando la vía como el frente, en el cual la vivienda se encuentra colindando con la vía delimitándolo frontalmente y el resto de lote tiene uso agropecuario, el predio no es atravesado por fuentes hídricas y tampoco posee formaciones montañosas.

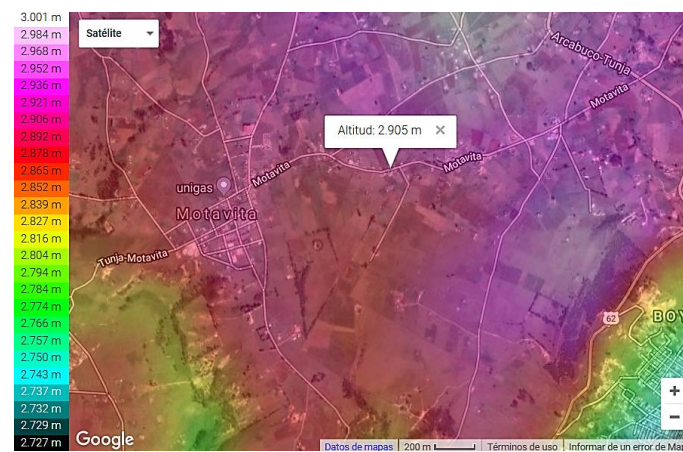


Figura 3. Esquema de altura. Por: <http://es-co.topographic-map.com>.

Al no poseer incidencia directa de accidentes naturales como fuentes hídricas, las características del entorno inmediato no afectan las condiciones del objeto de estudio.

### 8.5 Análisis morfológico de colindancias

La morfología del lote es rectangular dispuesto de sureste a noroeste, con un área total de 2,033 m<sup>2</sup>, colinda por el costado oriental 70 m con lote no construido, por el costado norte, con la vía de acceso, por el costado occidental, con un lote construido en su parte anterior contra la vía y por el costado sur, con un predio actualmente sin actividad.



Figura 4. Morfología lote y colindantes.

La vivienda de morfología cuadrada tiene un área de 141,1 m<sup>2</sup>, se encuentra aislada de los vecinos en una distancia de 7 m por el costado occidental y por el costado oriente, contiene su parqueadero y colinda con un lote no construido, ubicada en la parte anterior del lote, tiene relación directa con la vía de acceso al municipio.

Según el análisis del entorno no tiene repercusiones directas sobre el comportamiento térmico de la vivienda debido a que es una vivienda de 4 fachadas y no contiene volúmenes adosados por parte de los vecinos, por lo tanto, no genera repercusiones en el comportamiento térmico de la vivienda.

## 8.6 Flora Fauna

La flora y fauna del predio objeto de estudio deja ver en sus alrededores especies como eucalipto, pino y acacia japonesa, algunos arbustos o matorrales poco densos y pastos como el kikuyo; que permiten el desarrollo de ganadería, según Corpoboyacá (2018) las especies con las cuales se debe reforestar primero son especies nativas y que soporten el clima frío del lugar, no generen erosión y ayuden a mantener la humedad en los afluentes acuíferos. Recomiendan las especies como la acacia negra, acacia japonesa y sauzal.

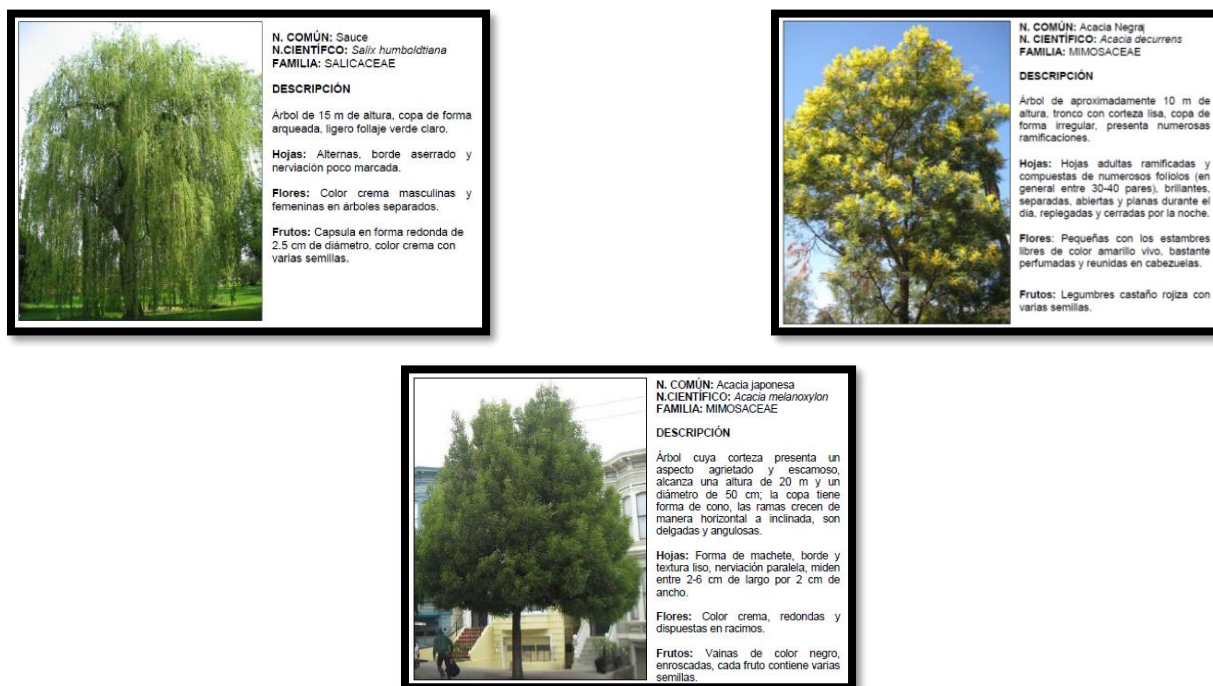


Figura 5. Especies de arborización.

Debido al cambio de uso de los suelos para la producción agropecuaria, como el lote productivo, anexo a la vivienda; se deben establecer estrategias de reforestación para la protección y así evitar la pérdida de características productivas sin que alteren el comportamiento de la vivienda.

### 8.7 Accesibilidad

El municipio tiene dos vías de acceso; una, desde la ciudad de Tunja por el sector conocido como San Ricardo, costado sur con un recorrido de 5,5 km, una duración de 14 minutos; la otra, por la variante a Bucaramanga, costado oriental a una distancia de 9,2 km, una duración de 16 minutos de recorrido sobre la cual se ubica la vivienda.

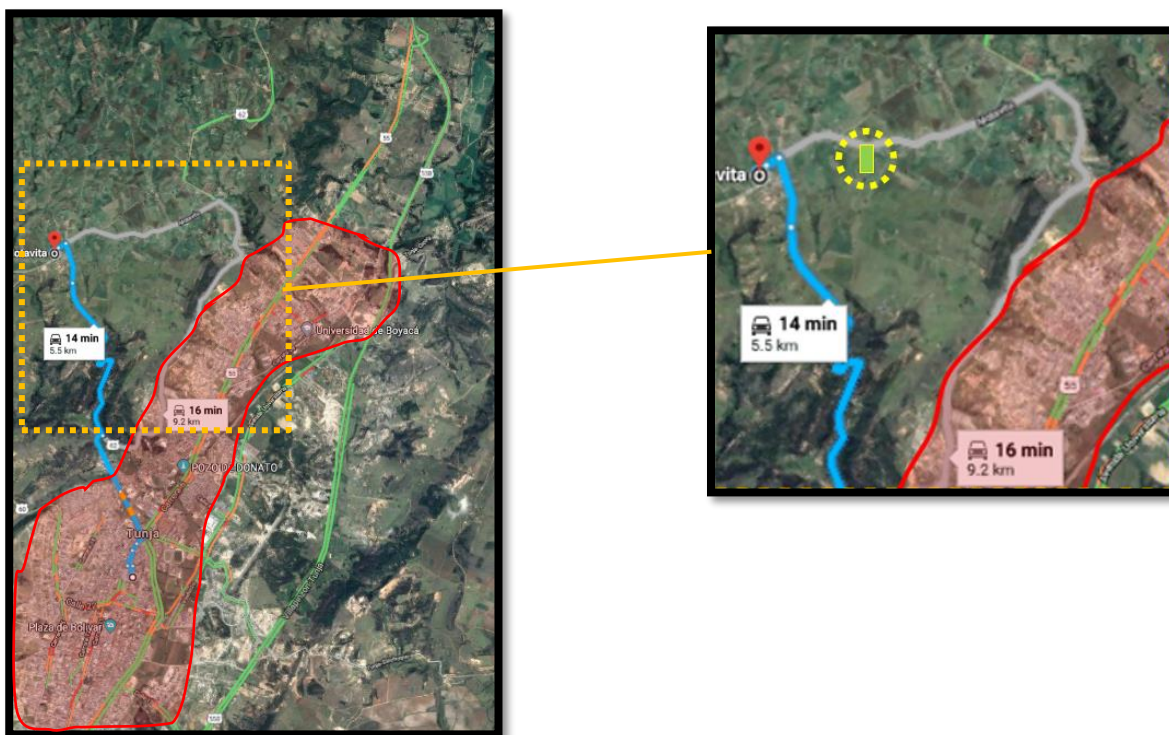


Figura 6. Recorrido y accesibilidad desde Tunja.

La vivienda estudio localizada a 1,05 km de la plaza principal del municipio de Tunja por la misma vía de acceso, la variante a Bucaramanga pavimentada, la ruta de transporte utiliza esta vía, por lo tanto, la movilidad desde la ciudad de Tunja es relativamente sencilla.

### **8.8 Cobertura servicio agua y alcantarillado**

El predio en el que se encuentra la vivienda objeto de estudio cuenta con disponibilidad de un punto de agua potable, la cual se almacena en dos tanques ubicados sobre la cubierta con capacidad para 500 y 1000 litros. Debido a que el servicio de agua potable sólo presenta disponibilidad los días jueves y sábado, la prestación del servicio denomina regular. El precio del m<sup>3</sup> de agua potable tiene un valor de \$436,22 pesos, el servicio se clasifica dentro del estrato 2, contemplando el planteamiento de sistemas de respaldo en cuanto a recolección y almacenamiento de agua. (Levantamiento de información en objeto de estudio, 2018).

El servicio de alcantarillado no tiene cobertura en el sector de ubicación del proyecto, por lo cual el agua servida se guía hacia un pozo séptico sin ningún tipo de tratamiento o manejo para su reutilización, este problema es uno de los más latentes en el municipio generando riesgos de salud para los pobladores y contaminación hacia los afluentes hídricos.

### **8.9 Cobertura servicio energía**

El servicio de energía posee cobertura en el 95% de la población urbana y veredal, pero no se presta en óptimas condiciones, el predio cuenta con su respectiva conexión al sistema eléctrico. El costo del kWh es de \$513,60 pesos, se clasifica dentro del estrato 2, por lo tanto, se puede analizar la implementación de un sistema de respaldo de energía renovable. (Levantamiento de información en objeto de estudio, 2018).

### **8.10 Cobertura servicio gas natural**

La vivienda tiene cobertura del servicio de gas natural y se encuentra conectada a la red, la prestación es óptima y las conexiones, tanto externas como internas de la vivienda están en buenas condiciones físicas. El metro cúbico tiene un valor de \$1.102,42 pesos y se aplica actualmente un subsidio del 40,1% por el estrato 2 en que se cataloga la vivienda. (Levantamiento de información en objeto de estudio, 2018).

### **8.11 Riesgos y residuos**

El municipio se encuentra localizado dentro de un área de baja amenaza sísmica, como se observa en la siguiente imagen, suministrada por la alcaldía municipal, donde se muestran los

riesgos provenientes del manejo de líneas de poliductos, erosión, inundaciones, inestabilidad de taludes y asentamientos diferenciales por explotación minería, observando que ninguna de las anteriores amenazas tiene incidencia directa en el predio objeto de estudio.

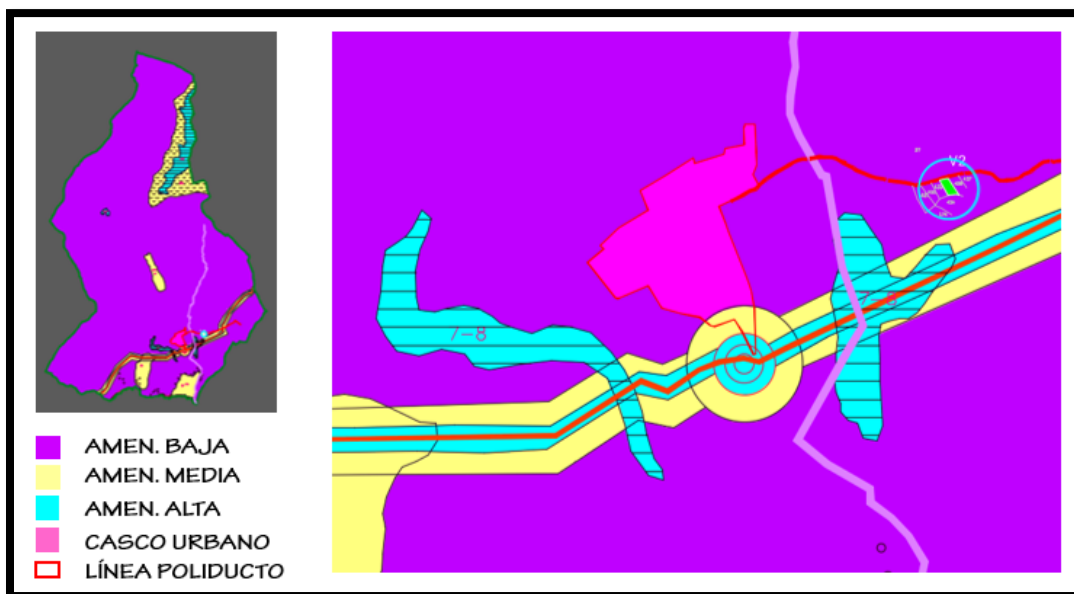


Figura 7. Riesgos municipio Motavita (Municipio – Casco Urbano). Fuente: Alcaldía Mayor de Motavita.

Aunque otro tipo de riesgos explícitos por parte del municipio en el esquema de ordenamiento son en primer lugar, la contaminación generada por las aguas residuales sin tratamiento sobre las fuentes hídricas y los residuos sólidos que regularmente, si bien una parte, es utilizada como alimento a animales, la otra, se desecha a cielo abierto generando un problema de sanidad pública. Por lo tanto, el manejo de los residuos requiere un manejo responsable evitando riesgos en la salud de los habitantes.

La recolección de los residuos en la vereda donde se ubica el proyecto se hace los días viernes en la mañana, sin tener ningún tipo en la obligación de los habitantes de la clasificación de la basura, situación que incrementa el riesgo de salubridad mencionado en el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT.

### 8.12 Equipamientos

El municipio cuenta con los equipamientos adecuados para que sus pobladores cuenten con los servicios requeridos en pro de suplir las necesidades básicas, actualmente cuenta con

equipamiento de tipo educativo, en salud, institucional, religioso y cultural, los cuales se encuentran distribuidos alrededor del parque principal a excepción del cementerio, ubicado en las afueras del casco urbano como se puede apreciar en el siguiente plano.

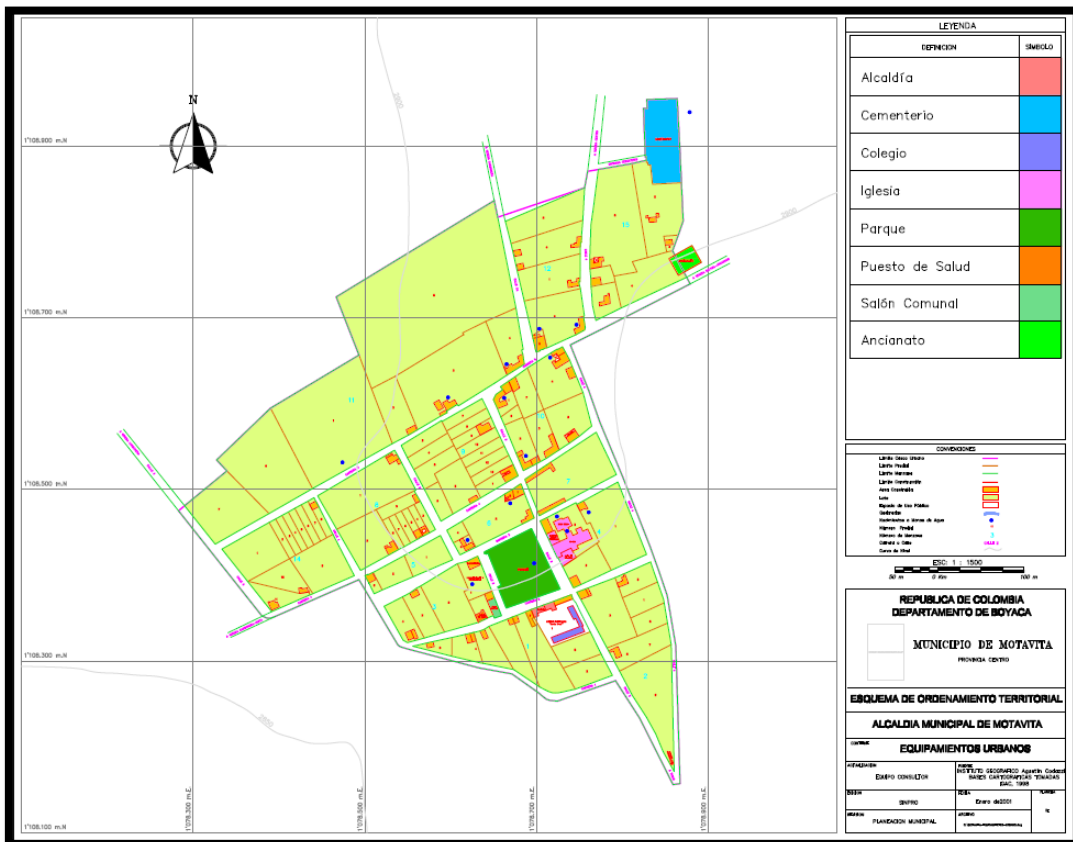


Figura 8. Equipamientos municipio de Motavita. Fuente: POT Motavita.

### 8.13 Determinantes ambientales y características físicas

El análisis de las determinantes ambientales aporta la primera impresión en cuanto a la comprensión del funcionamiento de la vivienda frente a los elementos naturales, permitiendo especular la respuesta del artefacto frente a la asoleación, los vientos y los posibles parámetros a mejorar, como se aprecia en la siguiente imagen.

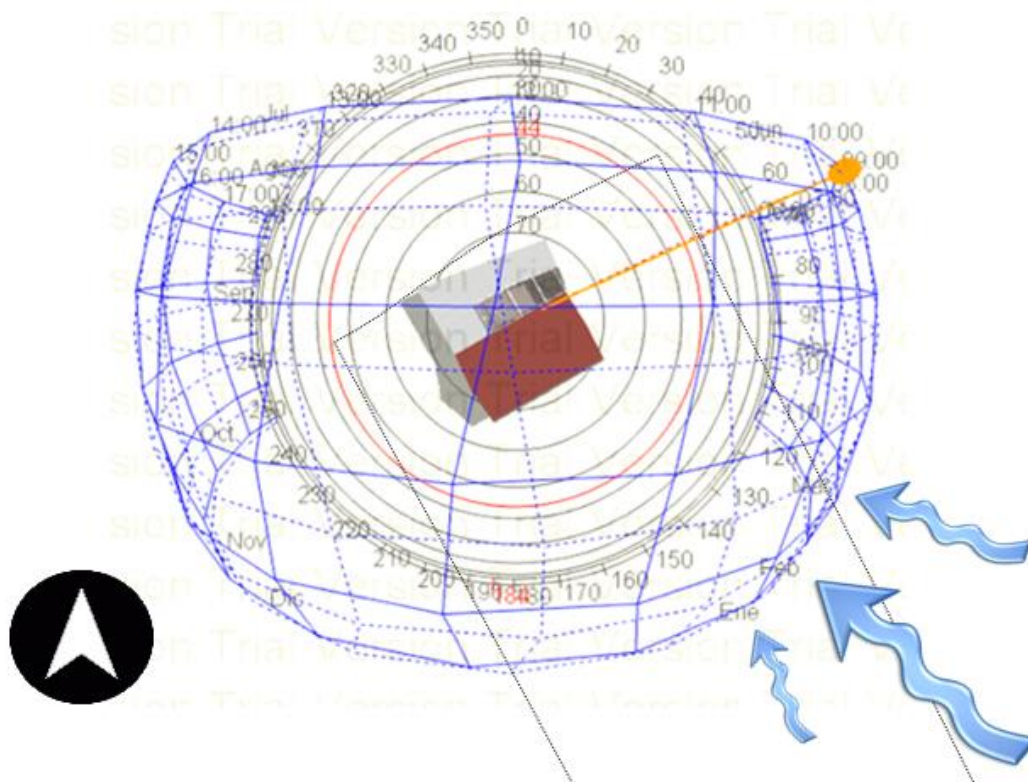


Figura 9. Determinantes ambientales y físicas.

De igual modo se permite analizar el comportamiento frente a las determinantes físicas del entorno inmediato, contemplando el funcionamiento de los componentes que constituyen, tanto su lote productivo como las actividades de los predios colindantes.



8.14 Planimetría de la vivienda – objeto de estudio

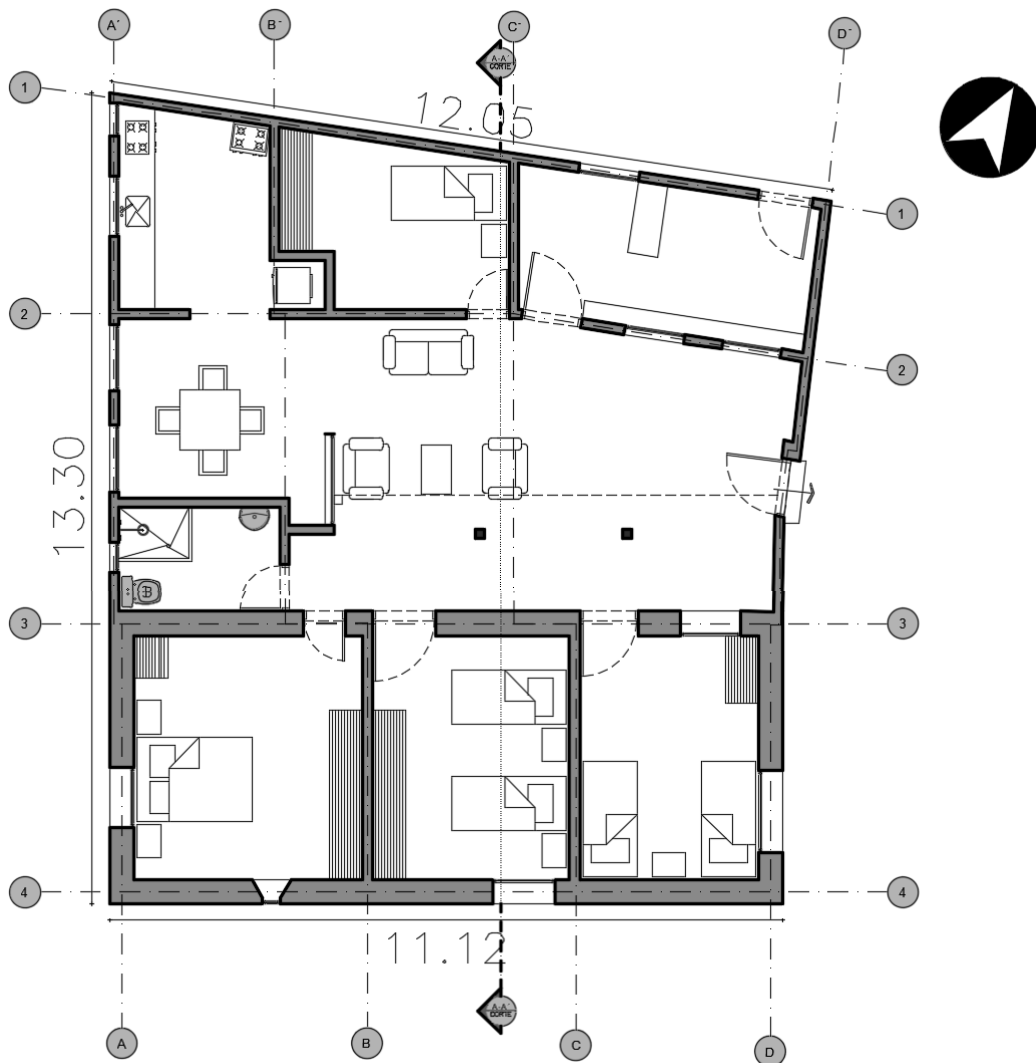


Figura 10. Planta arquitectónica.

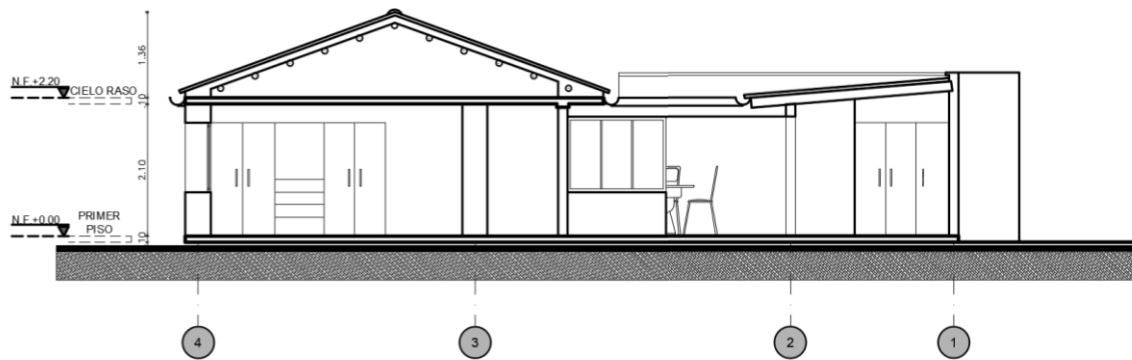


Figura 11. Planta arquitectónica y corte transversal.

### 8.15 Características y uso de la vivienda

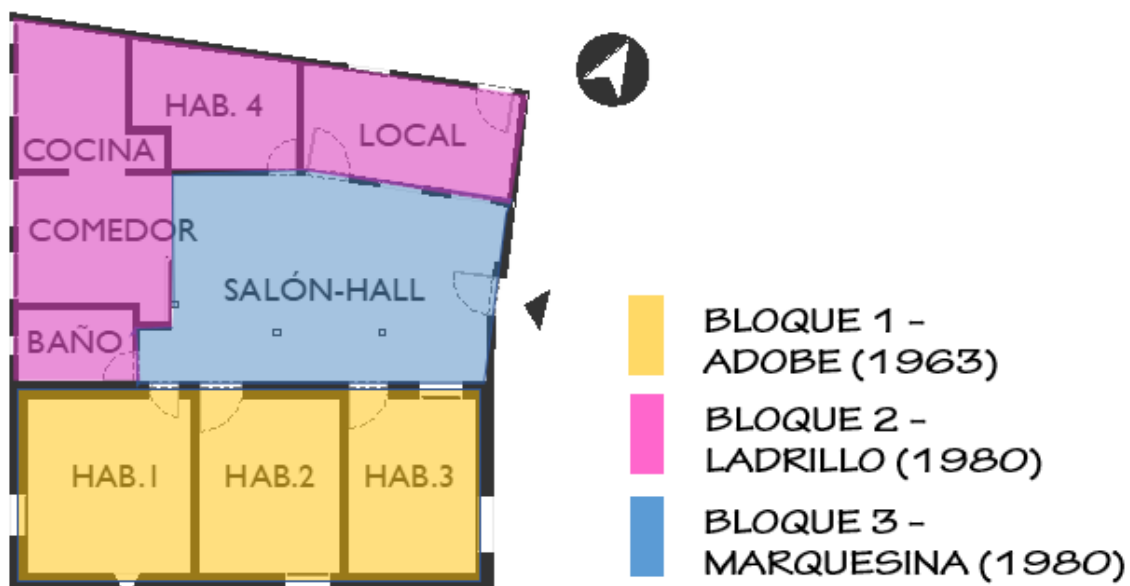


Figura 12. Uso y espacios de la vivienda.

El uso principal de la vivienda se caracteriza por la construcción inicial como bloque de habitaciones, construido hace aproximadamente 55 años sobre 1963. Señalada en color naranja y materialidad en adobe, el área de servicios se ubicaba anexo a este sobre el salón señalado de color azul, durante la segunda ampliación hecha en 1980 el área de servicios se convierte en salón y hall de acceso a las alcobas, con la característica de la cubierta en marquesina, permitiendo la iluminación cenital, a su vez comunica la nueva construcción en ladrillo sobre el costado norte señalado de color rosa, en el cual se ubica la zona de servicios incluyendo la cocina, el comedor, un local y un cuarto de servicio.

## 8.16 Zonificación

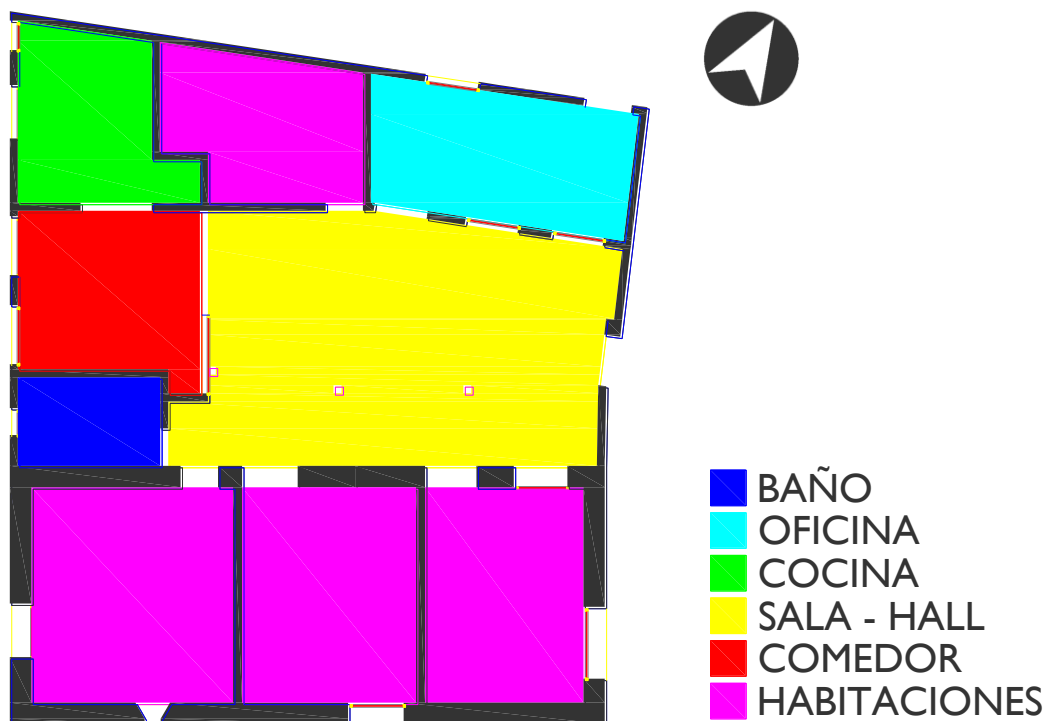


Figura 13. Zonificación de la vivienda.

La zonificación de la vivienda respeta el esquema inicial de construcción, diferenciando dos módulos dilatados por el área social, ubicándose en este, el acceso principal y hall de distribución de las alcobas, en el costado noroccidental se ubica una franja de usos, destacando el área de servicios compuestos por la cocina, el comedor y una alcoba de servicio y oficina-local como espacio productivo frente a la vía de acceso.

## 8.17 Materialidad

Los materiales utilizados para la construcción de la vivienda se dividen en dos bloques y un espacio central de articulación, denominados, según su orden cronológico de construcción, con la siguiente configuración: bloque 1 construido por muros en adobe con un grosor de 40 cm y cubierta con cielo falso en cemento, cubierta en teja de barro sobre tierra con estructura en madera.



Figura 14. Fotografías salón – hall, bloque con cubierta en marquesina.



Figura 15. Vista habitación 1 – Bloque adobe.

Figura 16. Vista muro acceso alcoba 1 – Bloque adobe.

El bloque 2 construido con muros en ladrillo y cubierta en teja de asbesto cemento con estructura en madera. El bloque 3 conformado por el área social, se convierte en la articulación central con una cubierta en marquesina de vidrio, la cual carece de divisiones y se ubica dentro de los bloques 1 y 2 la cual contiene la puerta del acceso empotrada en muro de ladrillo, el cual es la única relación directa con el exterior hacia el garaje descubierto, como se evidencia en las fotografías.



Figura 17. Vista frontal de la vivienda.

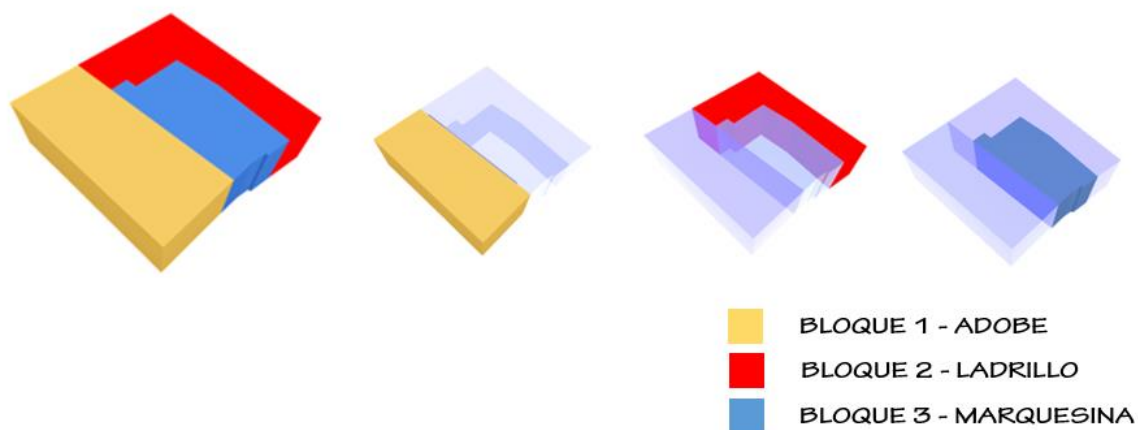


Figura 18. Visual volumétrica de la zonificación por tipología constructiva y uso.

### 8.18 Modelo base para simulaciones

Dependiendo de las características físicas y funcionales de cada zona, se determina un espacio con el cual se hará el análisis detallado de mejoramiento de temperatura en cada una de las mismas. Por ejemplo, en el bloque de habitaciones (construcción adobe) se selecciona la habitación 3, en el área de servicios (construcción en ladrillo) se elige la habitación 4 y el área social debido a su distinción y uniformidad con el área de circulación se toma como la tercera zona (construcción con cubierta en marquesina).



Figura 19. Espacios escogidos como muestra en simulaciones.

### 8.19 Patologías

El diseño, uso y el crecimiento no planeado de la vivienda hecho con base al conocimiento técnico de la arquitectura vernácula genera como lo afirma Lance (2000, párr. 11) “focos de enfermedad en los usuarios debido a factores tales como la humedad, materiales, calidad del aire o temperatura”. Por lo que se decide hacer un análisis detallado del estado de la vivienda, considerando los elementos que se puedan intervenir para mejorar las condiciones de calidad de vida de los habitantes.

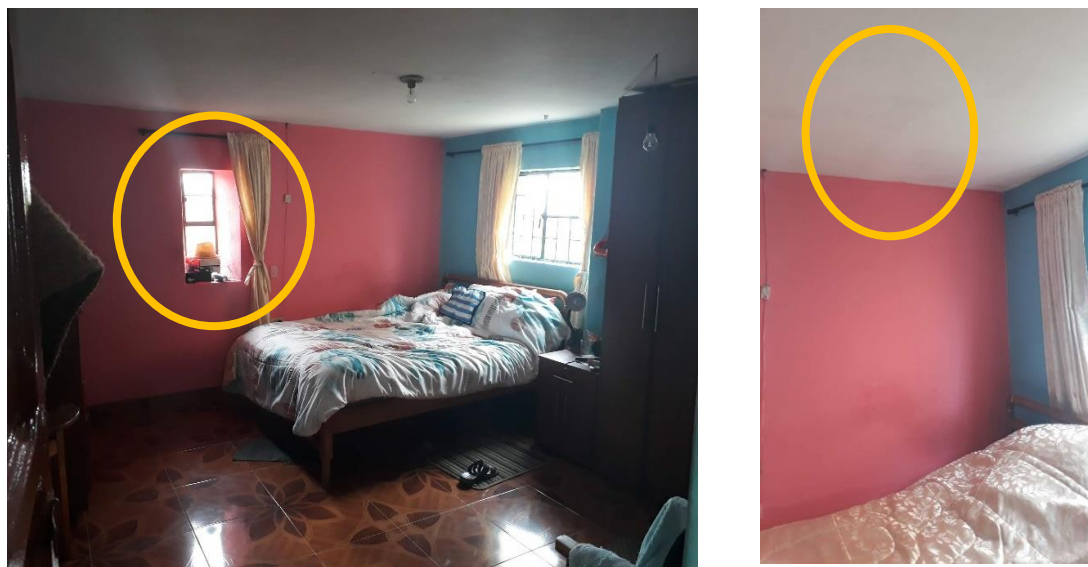


Figura 20. Identificación de patologías por renovación de aire.

En la vivienda no se evidencia rastro de humedad debido a filtraciones por las lluvias, pero en el bloque de las alcobas, las paredes con manchas ligeramente oscuras en el techo falso de las alcobas notables a pesar de haber sido pintada en los últimos 3 meses, de modo contrario en la parte baja de los muros se evidencia rastro de humedad proveniente de las bases de la vivienda. Para verificar los cambios térmicos se utiliza un termómetro laser a las 8 am y a las 3 pm verificando el impacto del uso de la zona en las alcobas y qué tipo de humedad afecta en mayor medida el espacio. El resultado de las mediciones deduce un calentamiento en la parte superior de las alcobas, que son usadas con una diferencia marcada frente al piso en la mañana, la alcoba que no se utiliza refleja una temperatura similar en la parte superior e inferior reflejando que la humedad desde el suelo no afecta la temperatura en gran medida, incluso, el piso tiene una temperatura más elevada.

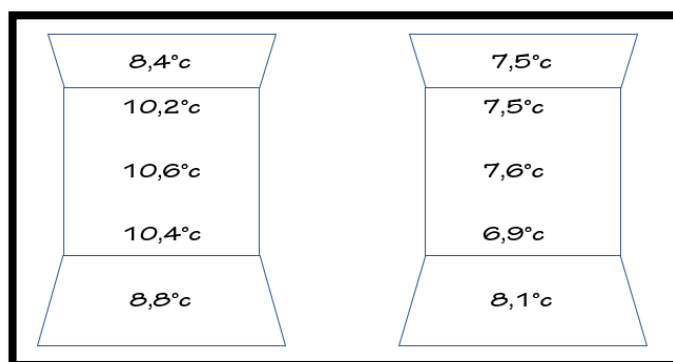


Figura 21. Esquema de temperaturas 7 am de alcoba en uso vs alcoba sin uso.

Las mediciones se hicieron en un día típico parcialmente soleado, la diferencia térmica en la parte superior del muro refleja una ganancia y transferencia por la radiación solar recibida por la cubierta, con una leve diferencia de 0,6 entre el cielo raso y el piso.

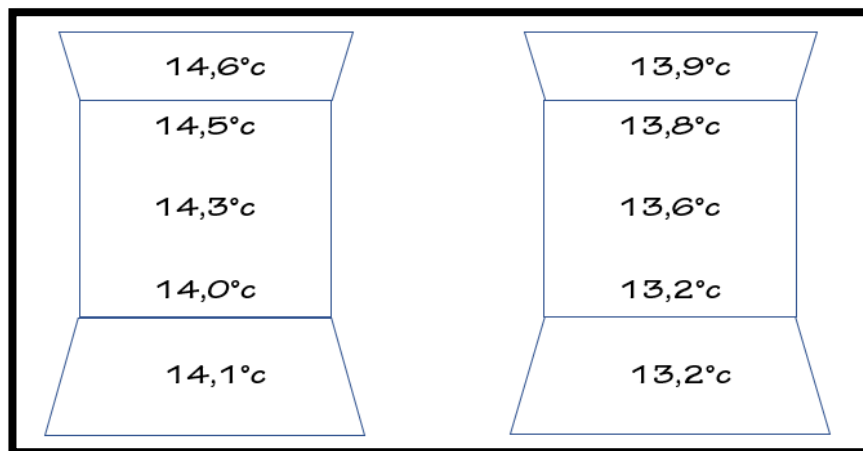


Figura 22. Esquema de temperaturas 12 m de alcoba en uso vs. Alcoba sin uso.

Se evidencia que debido al tamaño de las ventanas, la acumulación en horas de uso, genera una ventilación que no es suficiente para renovar de manera adecuada el aire propenso a generar factores irritantes como moho, polvo y ácaros.



Figura 23. Identificación de patologías por estufa de carbón.



Los residuos de hollín en el cielo raso del comedor ubicado contiguo a la cocina son una señal de la afectación de la calidad del aire por parte de la estufa de leña, enfatizado de igual modo en las cifras de atención por enfermedades de tipo respiratorio, acusado por parte de la gerente de la ESE del municipio, confirmando la necesidad de renovación del aire en el tiempo en el cual se utiliza.

### **8.20 Estudio de referencia climática**

Durante la comprobación de la información suministrada por el software climático se realiza una comparación de los datos con la estación del IDEAM más cercana, identificando coherencia entre temperatura, humedad y vientos, permitiendo establecer una veracidad de los datos para el estudio y evaluación del objeto de estudio.

Atendiendo al levantamiento de información en objeto de estudio, 2018, se encontró que el clima del municipio presenta variaciones debido a la altimetría de sus veredas oscilando entre los 11° y los 14° grados, intensificando la sensación térmica los vientos predominantes, debido a no poseer variaciones climáticas extremas por el efecto de las estaciones no se implementan sistemas de calefacción o ventilación en la VR, debido a que las temperaturas de los diferentes lugares del país no son extremas, pero se evidencia la necesidad de mejorar las condiciones de las viviendas en los climas críticos, tal como el presente caso de estudio, donde se presenta una condición climática cercana a páramo sobre los 2.800 msnm, por lo tanto, se convierte en un lugar preciso para evaluar e implementar estrategias pasivas que mejoren la calidad de vida de los residentes con el menor consumo energético.

### **8.21 Comparación térmica de datos de la estación de referencia y datos obtenidos por software**

Los aspectos climáticos que inciden en el proyecto se interpretan con base en la información primero, de la estación de referencia y posteriormente por medio de la interpretación climática que ofrece el software, los aspectos principales a tener en cuenta para interpretar el comportamiento son temperatura, vientos, pluviosidad, humedad y radiación.

Tabla 1.  
Datos comparativos con la estación de referencia.

REFERENCIA	ALTURA	TEMP.	HUMEDAD
MOTAVITA	2905	11.43	80%
TUNJA (UPTC)	2690	13.1	79%

Los datos de temperatura de la estación de referencia ubicada en la ciudad de Tunja en la UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja) a un altura sobre el nivel del mar de 2.690 m, la confiabilidad de los datos se hace por medio de la recolección de los últimos 10 años, estableciéndolos como parámetro de comparación para veracidad de los datos en el desarrollo del proyecto, la temperatura registra un promedio de 13,1°C con una temperatura mínima media de 8,7°C y una media máxima de 18,3°C, estableciendo la temperatura climática frío húmeda establecida por la norma 0549 y localizada por debajo del estándar de confort tomado como referencia Ashrae 55.

TEMPERATURA MEDIA (°C)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
13,3	13,6	13,9	13,8	13,5	12,7	12,2	12,3	12,7	13,2	13,4	13,2	<b>13,1</b>
TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
7,3	8,3	9,0	9,8	9,8	9,2	8,6	8,5	8,2	8,8	9,0	8,1	<b>8,7</b>
TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
19,6	19,8	19,8	18,7	17,8	16,8	16,4	16,7	17,7	18,3	18,6	18,8	<b>18,3</b>

Figura 24. Temperatura Tunja. Estación UPTC. Por: IDEAM.

La temperatura del objeto de estudio se obtuvo mediante el software Meteonorm 5.1, en los datos se observa que la temperatura promedio está sobre los 11,4°C o sea 1,7°C por encima de la temperatura promedio de la base ubicada a 215 m de altura menos que la altura del objeto de estudio, la temperatura desciende aproximadamente a 0,8°C por cada 100 metros de elevación.

Avg.Temp. (°C) ▶	Max.Temp. (°C) ▶	Min.Temp. (°C) ▶
Jan 11.2	Jan 22.2	Jan 0.4
Feb 11.3	Feb 19.6	Feb 1.2
Mar 11.8	Mar 19.5	Mar 1.3
Apr 11.8	Apr 20.1	Apr 2.7
May 12.0	May 19.3	May 2.8
Jun 11.5	Jun 18.7	Jun 2.6
Jul 11.3	Jul 18.9	Jul 3.1
Aug 11.3	Aug 18.5	Aug 1.5
Sep 11.1	Sep 20.6	Sep 1.7
Oct 11.4	Oct 19.8	Oct 1.0
Nov 11.4	Nov 18.9	Nov 2.4
Dec 11.1	Dec 20.4	Dec 0.3

Figura 25. Temperaturas objeto de estudio.

La temperatura promedio máxima oscila entre los 18,7°C y 22,2°C con los puntos máximos en los meses de diciembre y enero, siendo estos mismos los meses donde se registra la temperatura mínima promedio con 0,3°C en diciembre y 0,4°C en enero, llegando a oscilaciones máximas de 21,9°C en el mismo día. Por lo tanto, los días se caracterizan por ser muy fríos en la madrugada y llegar a una temperatura templada al medio día o aproximándose a la consigna generalizada (franja verde) para clima frío sobre los 20°C -23°C en promedio.

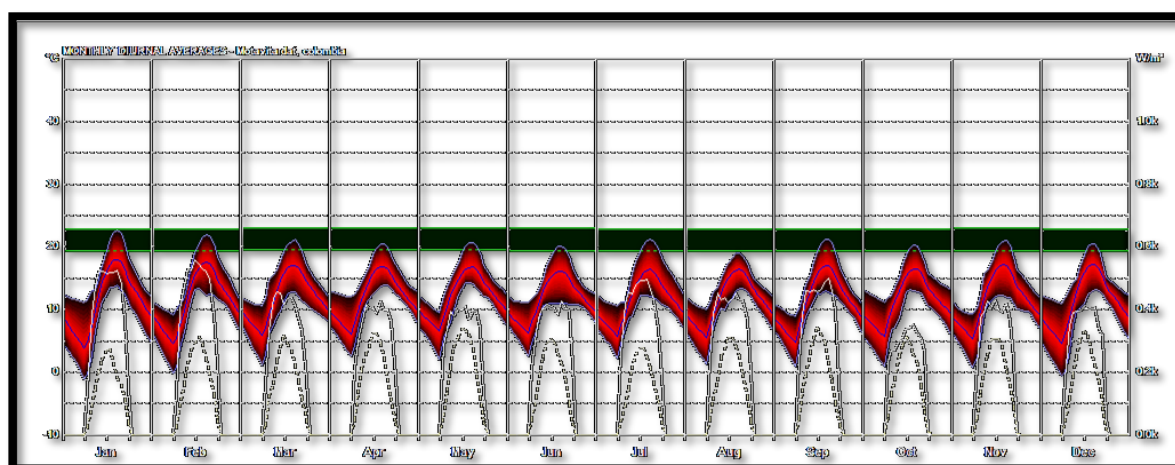


Figura 26. Diagrama de temperatura anual.

La intensidad de radiación tiene incidencia directa sobre la ganancia de temperatura de cada día, en diciembre se registra el día más frío y más cálido, debido a su cielo con poca nubosidad, permitiendo el intercambio térmico en la mañana por el sol y la pérdida de temperatura después de la puesta del sol.

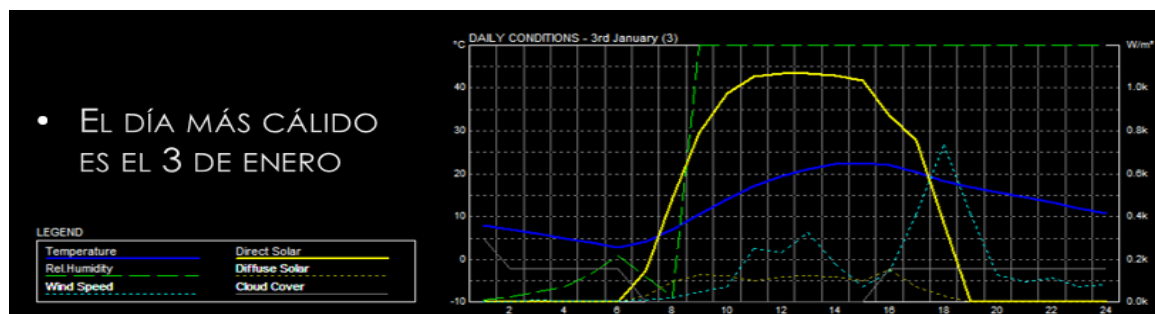


Figura 27. Día más cálido.

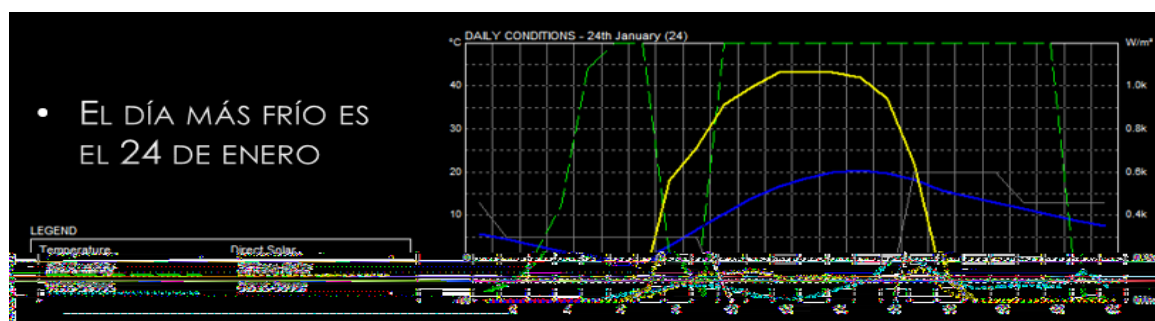


Figura 28. Día más frío.

Con base al análisis de las determinantes de temperatura y asoleación que la vivienda en el día debe captar el máximo de temperatura y conservarla durante la noche, debido al descenso de las temperaturas, se identifica que la envolvente es clave, en cuanto a limitar el intercambio térmico por medio de materiales que aíslen las bajas temperaturas y eviten las pérdidas de calor, de igual manera la necesidad de renovación de aire se puede realizar durante el día después de las 11 am y antes de las 5 pm evitando la pérdida por la ventilación y al unísono, la generación de moho y deshumidificación del aire servido.

## 8.22 Caracterización y comparación de pluviosidad

La temperatura se relaciona directamente con la cantidad de nubosidad presente en las diferentes épocas del año, destacándose dos ciclos el primero en marzo - mayo y el segundo en septiembre – noviembre, en los cuales la temperatura no registra picos bajos o altos y aumenta la presencia de precipitación.

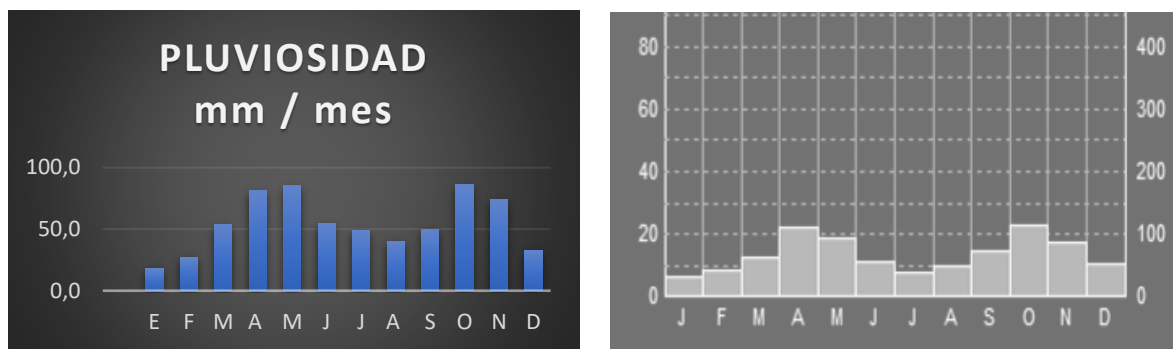


Figura 29. Pluviosidad estación de referencia vs software.

En la imagen de la izquierda muestra los valores históricos de la base del IDEAM y la imagen de la derecha muestra los valores obtenidos por medio del software de la localización del objeto de estudio, en los dos esquemas de pluviosidad se observan las dos épocas de lluvia con valores en promedio más altos para la localización del objeto de estudio cerca de un 20% en correspondencia con los datos de la mayor humedad relativa.

Se identifica que a pesar de haber dos picos de lluvia es constante y puede favorecer sistemas de recolección de agua, de igual manera en cuanto al comportamiento térmico por ganancia solar, al disminuir la radiación solar, se hace indudable la necesidad de una piel que controle la pérdida de calor y mantenga la temperatura interna lo más alta posible.

### 8.23 Caracterización y comparación de vientos

La incidencia de los vientos es otro parámetro regularmente utilizado como herramienta de ventilación, el impacto en el proyecto requiere un control específico debido a la condición climática fría, según la rosa de los vientos, la predominancia se localiza por el costado oriental, con variaciones en las otras direcciones, pero con mayor fuerza por el costado sur oriental.

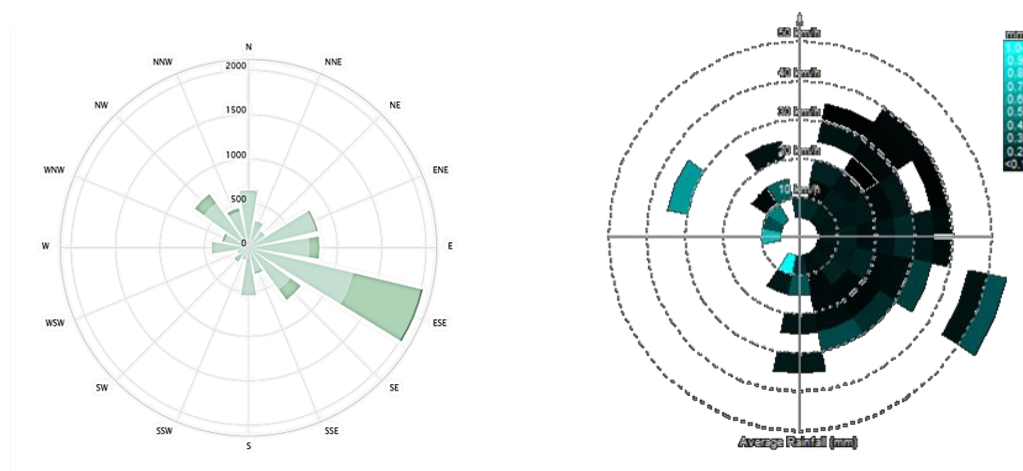


Figura 30. Rosa de los vientos estación de referencia vs software.

Se identifica con base a la incidencia prevalente del viento por el costado oriente suroriente, el necesario control del intercambio de ventilación por medio del tamaño y programación de las aberturas, de igual manera el control se puede generar mediante elementos que lo orientan o reducen su velocidad.

#### 8.24 Caracterización de la humedad

La humedad se analiza como variable fundamental del confort ambiental cuando el clima es cálido o frío, debido a la intensificación de la sensación térmica; esta oscila entre el 95% en la madrugada y el 60% a medio día, con un promedio de humedad relativa de 80%, catalogando el clima como húmedo, en los meses que se presenta mayor nivel de pluviosidad, aumenta por la cantidad de agua presente en el ambiente y disminuye en los días más soleados. (Alcaldía Municipal de Motavita Boyacá, 2001, p. 28).

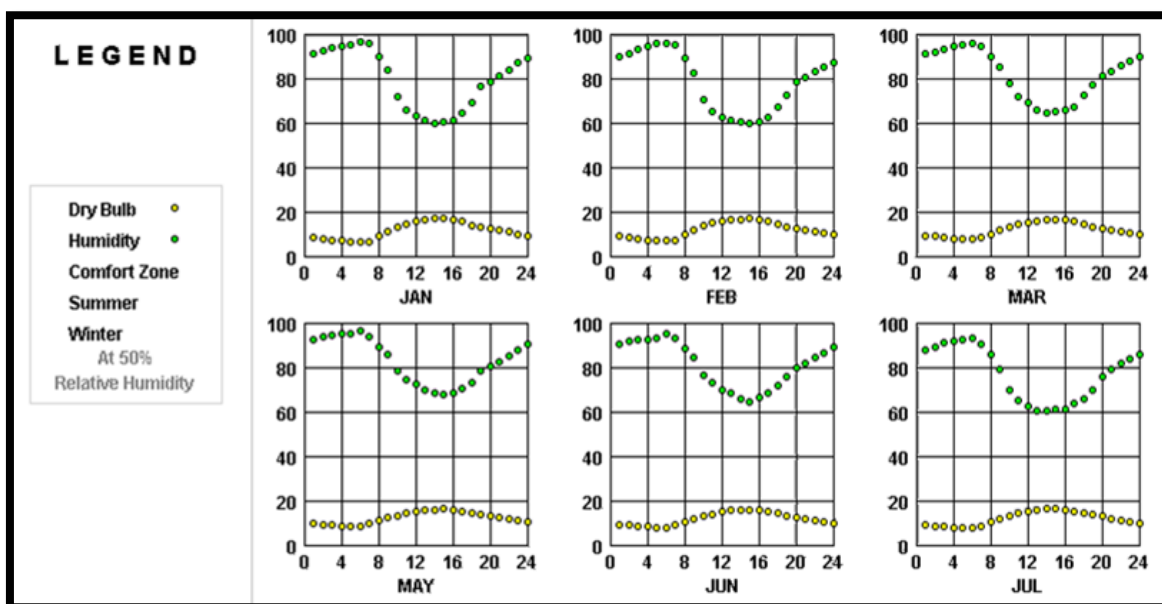


Figura 31. Diagrama de humedad. Por: Climate Consultant 6.0.

La humedad y la temperatura presentan un comportamiento inversamente proporcional, por lo tanto, en el transcurso del día en el que la temperatura se encuentra más elevada la humedad incide de menor manera por su valor mínimo, permitiendo establecer un intercambio de aire con mayor favorabilidad.

### 8.25 Valores de confort

Con base a los anteriores parámetros obtenidos en el software, evaluados por medio de la comparación con la base de referencia “UPTC” del IDEAM, se establecen las consignas de confort utilizando la norma americana ASHRAE 55.

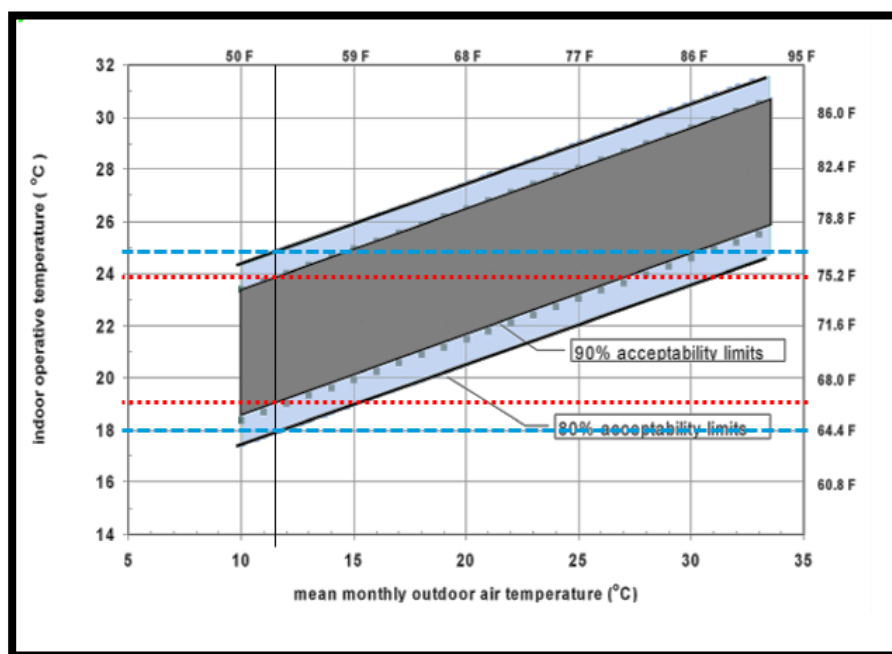


Figura 32. Diagrama de confort ASHRAE 55.

CONSIGNA DE CONFORT		
90%	19,1° - 23,9°	Habitaciones
80%	17,6° - 24,8°	Espacios S-P

Figura 33. Consigna de confort ASHRAE 55.

La norma utiliza la temperatura promedio para establecer la zona térmica en la cual el 90% de las personas se encuentran cómodas, estableciéndola como la temperatura ideal para las zonas de descanso entre los 19,1°C y 23,9°C y para las demás zonas, se establece con base al confort en el cual el 80% de las personas se encuentran a gusto, dentro de los 17,6°C y los 24,8°C.

### 8.26 Requerimientos de ahorro energético

La normativa nacional específica en el anexo 2 de la resolución 0549 de 2015, especial énfasis en la implementación de tecnologías que permitan la producción de energías renovables, por lo cual se define que las estrategias planteadas para el mejoramiento de la vivienda objeto de



estudio, no incrementen el consumo energético en la búsqueda del confort, por lo tanto las estrategias definidas son de tipo pasivas, de igual modo hace énfasis al uso eficiente del agua, disminuyendo su consumo mediante prácticas y tecnologías sostenibles.

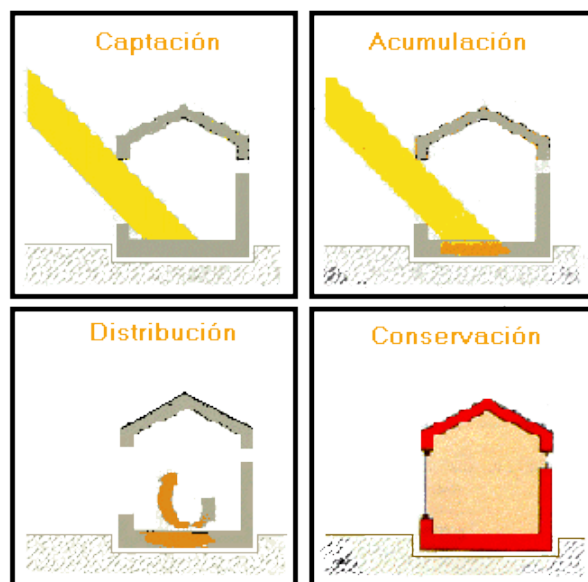


Figura 34. Estrategias bioclimáticas sin consumo energético.

Se identifica que el planteamiento del mejoramiento térmico de la vivienda debe ser por medio de estrategias bioclimáticas que con base a las condiciones climáticas debe buscar la mayor favorabilidad de la radiación solar como fuente de calor y controlar, todo tipo de pérdidas, ya sea por la composición de la envolvente o por el horario del intercambio de ventilación.

## 9. Identificación de Parámetros a Intervenir para responder a Condiciones de Confort y Resolución 0549-15

Para la identificación de los parámetros a intervenir en el objeto de estudio se requieren las condiciones mínimas específicas en la norma, por lo tanto, se establecen los parámetros iniciales del funcionamiento de la vivienda, utilizando los datos específicos de cada una de las áreas estableciendo su funcionamiento en cuanto a ventilación y confort basándose en la normativa Ashrae 62.1 y 55.

### 9.1 Parámetros normativos de la vivienda

El diagnóstico de los parámetros normativos se deduce del tamaño y uso de cada una de las zonas de la vivienda, en donde se establece la zona de confort entre los 17,6°C y los 24,8°C y las renovaciones de aire de cada uno de los espacios, puesto que estos dos factores determinan el porcentaje de confort.

VIVIENDA CAMPESTRE			1		2			
PISO	ESPACIO	SUPERFICI E m <sup>2</sup>	OCUPACIÓN		ZONA DE CONFORT		RENOVACIÓN DE AIRE	
			PERSONAS	DENSIDAD	ACTIVIDAD 1/4	TEMPERATURA	L/s PER + L/s m <sup>2</sup>	Renovaciones
1° PISO	SALA	38,80	5	0,13	2	17,6° - 24,8°	48,28	9,93
	COMEDOR	10,33	5	0,48	2	17,6° - 24,8°	28,30	6,79
	COCINA	8,75	4	0,46	2	17,6° - 24,8°	23,08	8,31
	OFICINA	11,68	2	0,17	2	17,6° - 24,8°	8,50	6,66
	BAÑO	4,39	1	0,23	3	17,6° - 24,8°	/	/
	ALCOBA PPAL	15,16	2	0,13	1	19,1° - 23,9°	9,55	7,47
	ALCOBA 2	13,07	2	0,15	1	19,1° - 23,9°	8,92	6,98
	ALCOBA 3	11,90	2	0,17	1	19,1° - 23,9°	8,57	6,71
	ALCOBA 4	9,47	2	0,21	1	19,1° - 23,9°	7,84	6,14
	TOTAL	123,55						

Figura 35. Requerimientos normativos de la vivienda.

La aplicación de las estrategias pasivas propende por el cumplimiento de estos estándares de confort, así que su comparación en cuanto a efectividad de cada una se evalúa, con base a los parámetros establecidos por la norma.

El comportamiento térmico de la vivienda objeto de estudio presenta una serie de condiciones que se evaluarán, identificando las variables que se pueden modificar, buscando con la menor intervención, el mejoramiento de las condiciones de confort, por lo tanto, a través de análisis

térmicos resultados de las simulaciones, se determina cuales aspectos son los claves para intervenir y generar el mayor impacto en cuanto a comportamiento energético de la vivienda.

## 9.2 Mejor localización

Mediante el software Weather Tool se evalúa el mejor sentido de localización del volumen con respecto al norte, con base a la información ambiental del predio en el cual se ubica el proyecto. La implantación busca la mayor ganancia solar en azimuth  $-5^\circ$  N- dispuesto volumétricamente Norte - Sur.

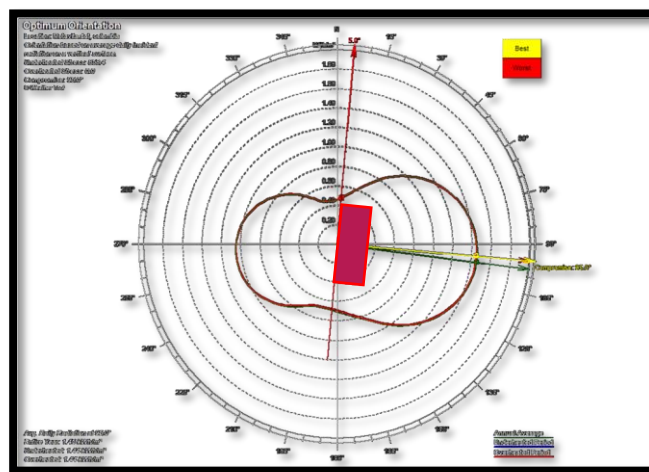


Figura 36. Mejor ubicación.

## 9.3 Zonificación vs confort

La zonificación de la vivienda se analiza con base a la evaluación del comportamiento térmico con unas condiciones materiales iguales para toda su envolvente y particiones, se establecen ocho zonas, donde siete de ellas están en el contorno, una como espacio central protegido con el fin de evaluar la posición ideal de cada zona con base a los requerimientos de confort.

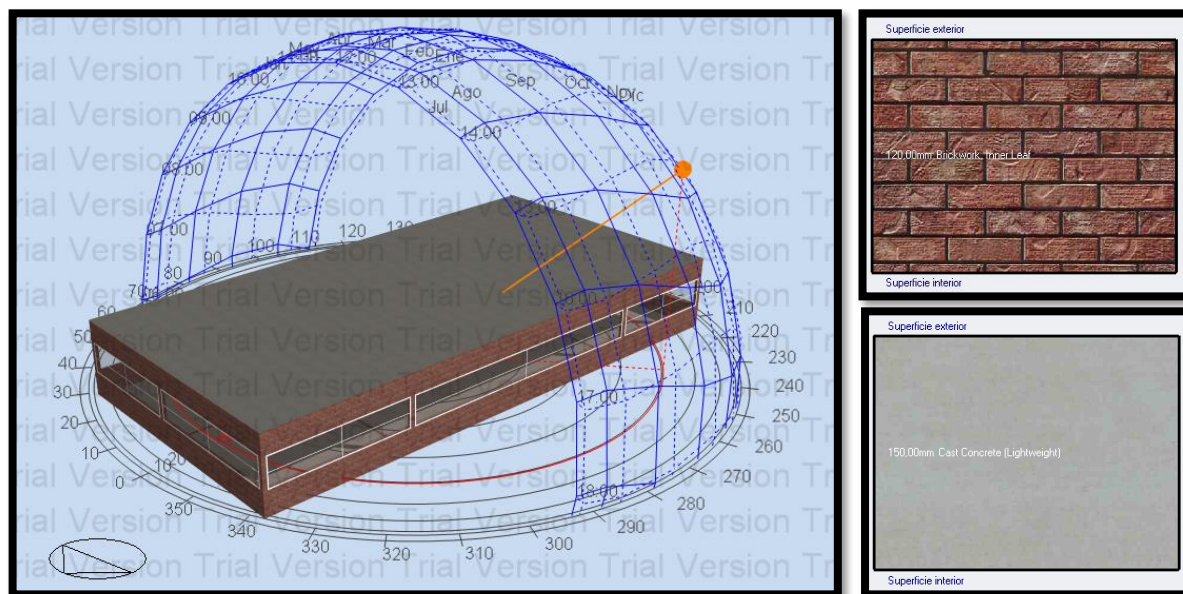


Figura 37. Volumen base para estudio.

El modelo inicial está compuesto por los materiales de las construcciones encontradas en el lugar, como lo son los muros de ladrillo y una cubierta plana en concreto con una relación de ventana pared del 40%.

La simulación realizada en base al volumen ubicado con la mejor posición generada por medio del software demuestra según la comparación de las temperaturas de las superficies, que el calentamiento de las fachadas en la mañana hace que el costado oriental almacene más energía y siga ganando a lo largo del día, por la transferencia energética de las otras zonas, registrando en promedio una temperatura superior al costado occidental.

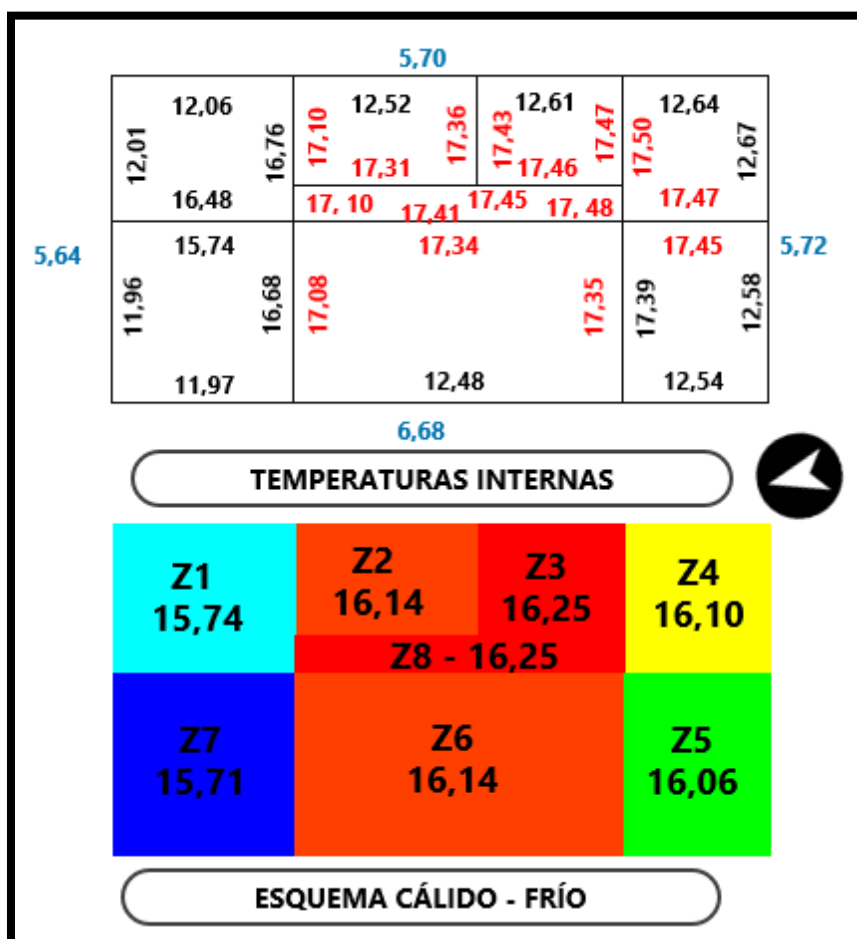


Figura 38. Esquema de temperaturas caso base.

El esquema planimétrico cálido – frío demuestra que toda el área central del volumen posee una temperatura cerca de  $0,5^{\circ}\text{C}$  más en relación con los espacios ubicados en las esquinas, debido a la protección de la temperatura externa posibilitando su uso para actividades de estar o descanso, por lo contrario, las zonas ubicadas en las esquinas poseen un mayor intercambio energético por la fachada expuesta en dos de sus caras, deduciendo que estos espacios sean utilizados para actividades que no requieran la utilización permanente.

## 9.4 Evaluación de morfologías

La forma del objeto en este caso de la vivienda, determina gran parte del funcionamiento térmico, ya sea almacenando o disipando la energía calórica ganada a lo largo del día, por lo tanto, se hace un análisis de altura libre del espacio, forma de la cubierta y localización de un segundo piso.

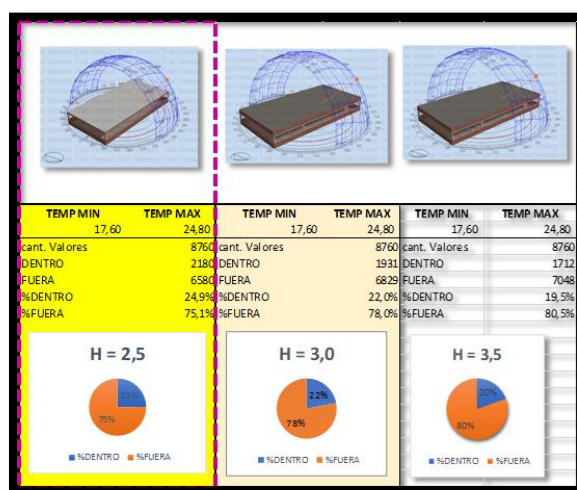


Figura 39. Evaluación térmica con base a la altura.

En el análisis del modelo con las diferentes alturas se observa que a medida que incrementa la altura del volumen, disminuye la temperatura y por consiguiente el número de horas dentro de la consigna de confort, se deduce la mejor opción es volumetría con altura mínima  $H=2,50$  m, con un 24,9% de horas dentro de confort, aunque la evaluación se hizo desde los 2,5 de altura libre se puede reducir dependiendo del uso del espacio hasta la altura útil normalizada, la cual es 2,30 m libres de piso a placa.

La forma de la cubierta y la localización de un volumen en el segundo piso, son la segunda premisa morfológica, se reconoce las mayores tipologías encontradas en la zona, las cuales son 2 aguas con la cumbre en los dos sentidos y 4 aguas. En la comparación de los resultados de la simulación, se obtiene la mejor respuesta de la cubierta a dos aguas con la cumbre en sentido oriente – occidente. La evaluación de la conformación volumétrica ofrece el mejor resultado térmico con el segundo nivel ubicado en el costado sur.



Figura 40. Evaluación térmica con base cubierta y ubicación del segundo piso.

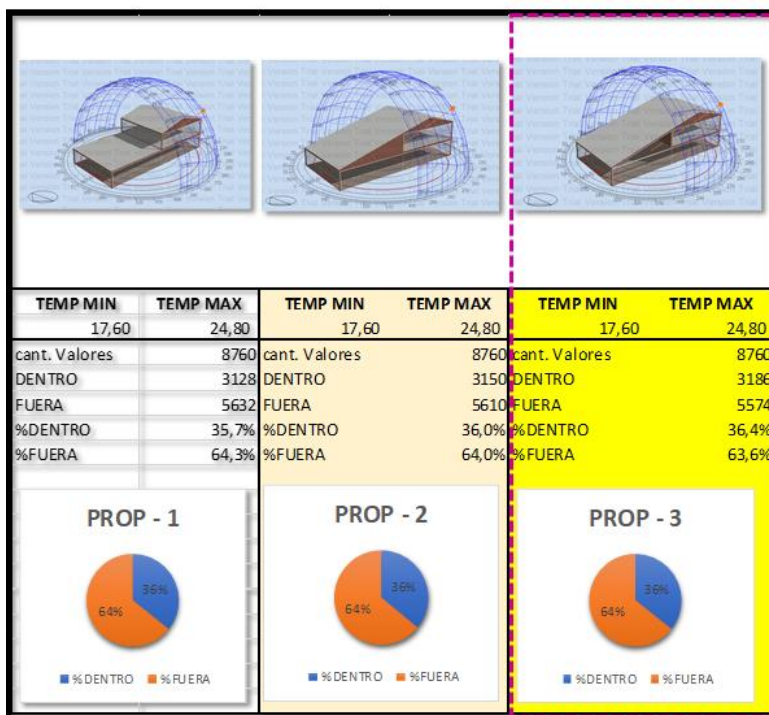


Figura 41. Evaluación de esquema definitivo.

La reunión de los mejores resultados obtenidos en cada una de las variables morfológicas determina las características que debe tener el volumen definitivo, por lo tanto, en la búsqueda del mejor rendimiento se tienen como premisas, la menor altura posible en los espacios, la conformación de la cubierta a dos aguas y el segundo piso ubicado en el costado sur. En la

propuesta de la conformación volumétrica se experimenta con la prolongación de la cubierta evitando quiebres y menor área expuesta, obteniendo un resultado satisfactorio, convirtiendo el área interna, a pesar de su ganancia en altura, la conformación sin divisiones abriendo así espacios para ganancia de radiación solar, siendo este el modelo con mejor funcionamiento.

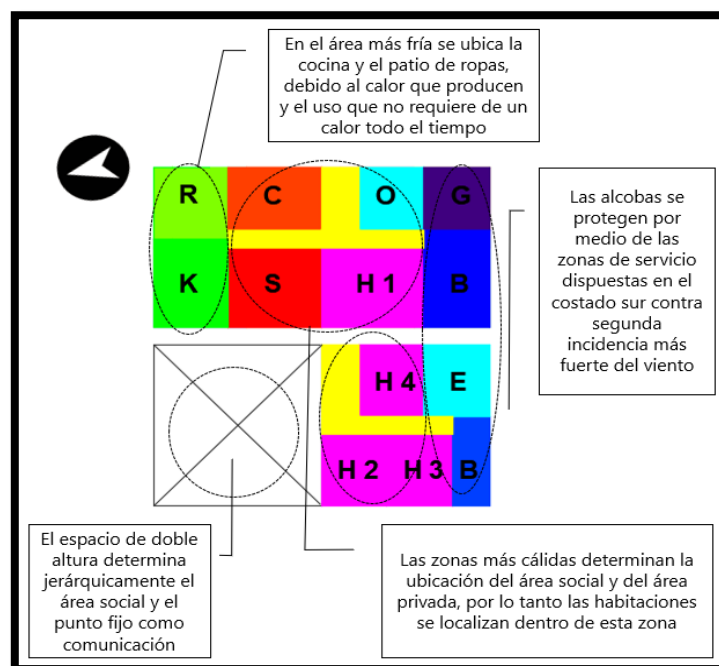


Figura 42. Zonificación con base a propuesta volumétrica.

El análisis de zonificación y volumetría aporta como resultado el esquema funcional que mejor respuesta climática ofrece, en donde los espacios de servicio y de mayor actividad física se localizan en los extremos, los espacios de estar y descanso se ubican protegidos en el área central, sobre el incremento de altura, debido a la conformación de la cubierta se especula sobre el espacio social atendiendo a la ocupación y mayor facilidad para renovación de aire.

### 9.5 Relación de ventana pared, factor luz día, uniformidad y aperturas

La caracterización de la envolvente se determina por la relación de ventana pared en cada una de las fachadas, así como su forma, ubicación y localización de los batientes, la relación de estas variables genera las condiciones ambientales de temperatura, cantidad y distribución de la luz, además de la ventilación requerida. Según la norma Ashrae el porcentaje de ventana mínimo es del 4% de la superficie, valor que no se desprecia, pero con base a los resultados de las simulaciones se cumple holgadamente. (Ashrae 62.1).



Tomando como referencia un espacio en el costado oriental, uno en el occidental y uno en el sur, se hace la evaluación de la relación ventana pared con base a las variables de temperatura promedio, porcentaje de confort, Factor Luz Día FLD y uniformidad, debido a la cantidad de horas dentro y fuera de la zona de confort se determina este parámetro como la variable de evaluación, por lo tanto, la zona ubicada en el costado occidental requiere de un 40% de Relación Ventana Pared RVP (a medida que sigue incrementando la relación V/P aumenta la temperatura), por el costado oriental un 70% y por el costado sur un 100%.

% R - V/P	RELACIÓN VENTANA / PARED											
	ESTUDIO (VENT - SUR - 10,00 m2)				OFICINA (VENT - ORI - 8,75 m2)				HABITACIÓN PRINCIPAL (VENT - OCC - 13,75 m2)			
TEMP *	% CONFORT	FLD	UNIFORMIDAD	TEMP *	% CONFORT	FLD	UNIFORMIDAD	TEMP *	% CONFORT	FLD	UNIFORMIDAD	
0%	12,20	7,74%	0	0	16,18	36,31%	0	0	16,56	38,10%	0	0
10%	12,42	8,93%	1,55	0,06	16,39	35,71%	1,74	0,10	16,70	37,50%	1,22	0,07
20%	12,70	12,50%	3,00	0,09	16,69	39,29%	3,26	0,14	16,92	39,88%	2,47	0,11
30%	12,93	16,07%	4,07	0,11	16,98	42,26%	4,83	0,17	17,11	38,69%	3,53	0,13
40%	13,23	17,26%	5,55	0,13	17,29	45,83%	6,19	0,21	17,32	39,88%	4,45	0,15
50%	13,47	19,05%	6,61	0,18	17,49	47,02%	7,04	0,24	17,53	36,31%	5,71	0,16
60%	13,71	22,02%	7,68	0,19	17,85	50,00%	8,63	0,28	17,70	35,12%	6,81	0,17
70%	13,91	25,00%	8,79	0,27	18,08	51,79%	9,69	0,28	17,84	35,71%	7,92	0,24
80%	14,15	25,60%	10,01	0,28	18,29	51,19%	10,94	0,29	17,98	35,12%	8,94	0,25
90%	14,27	25,60%	10,56	0,28	18,47	48,81%	11,99	0,29	18,10	35,12%	9,91	0,25
100%	14,32	26,79%	10,62	0,27	18,58	48,81%	12,57	0,29	18,18	35,71%	10,4	0,25

Figura 43. Resultados de la relación de ventana pared.

Con base al análisis definiendo un porcentaje de 50% promedio para poder establecer sistemas pasivos de manejo de la envolvente, tanto de la captación de radiación como de conservación de la inercia térmica. La posición de la ventana varía tomando como base al porcentaje de apertura, se plantean seis posibles posiciones, tres verticales y tres horizontales, como se muestra en el esquema superior de la figura, tomando como variables de evaluación el FLD, uniformidad, renovación cerrada y abierta.

% R - V/P	ESTUDIO (VENT - SUR - 10,00 m2)				OFICINA (VENT - ORI - 8,75 m2)				HABITACIÓN PRINCIPAL (VENT - OCC - 13,75 m2)			
	FLD	UNIFORM.	RENOV. CERR.	RENOV. ABI.	FLD	UNIFORM.	RENOV. CERR.	RENOV. ABI.	FLD	UNIFORM.	RENOV. CERR.	RENOV. ABI.
1	5,07	0,08	0,06	0,09	5,99	0,13	0,12	0,42	5,04	0,08	0,06	0,80
2	5,59	0,16	0,06	0,09	6,64	0,20	0,12	0,42	5,51	0,15	0,06	0,80
3	5,19	0,08	0,06	0,09	5,96	0,13	0,12	0,42	5,04	0,08	0,06	0,80
4	7,00	0,29	0,06	0,07	7,69	0,20	0,13	0,37	6,78	0,27	0,06	0,61
5	6,61	0,20	0,05	0,08	7,96	0,20	0,16	0,36	6,28	0,15	0,08	0,64
6	2,77	0,23	0,06	0,08	3,89	0,23	0,17	0,40	2,68	0,24	0,10	0,66

Figura 44. Posición de la ventana.

El análisis de los resultados de la posición, deduce que la mejor ubicación de la ventana es de morfología vertical situada en el centro y, de la ventana horizontal, en la parte media y superior. De igual manera se deduce que los resultados en cuanto a la distribución de la luz y el valor de uniformidad y FLD se favorece por la disposición de la ventana corrida a lo largo de la fachada.

El porcentaje de horas dentro del confort como parámetro escogido para evaluación del comportamiento térmico, incidiendo directamente la temperatura, es la ventana vertical que puede transformarse de acuerdo con el tamaño de la pared, beneficiando en promedio, dos décimas de grado.

		1	CUADRADA												
		2	VERTICAL												
		3	HORIZONTAL												
FORMA DE LA VENTANA															
% R -		ESTUDIO (VENT - SUR - 10,00 m2)				OFICINA (VENT - ORI - 8,75 m2)				HABITACIÓN PRINCIPAL (VENT - OCC - 13,75 m2)					
V/P	TEMP *	RENOV.	CERR.	FLD	UNIFORM.	TEMP *	RENOV.	CERR.	FLD	UNIFORM.	TEMP *	RENOV.	CERR.	FLD	UNIFORM.
1	13,20	0,05		6,51	0,19	17,00	0,13		7,06	0,20	16,94	0,06		5,97	0,15
2	13,08	0,06		5,60	0,15	17,10	0,12		6,61	0,19	16,96	0,06		7,03	0,17
3	12,95	0,05		6,35	0,20	16,89	0,16		8,18	0,21	16,73	0,08		6,31	0,16

Figura 45. Forma de la ventana.

La apertura de la ventana es la variación del tamaño del basculante con respecto al tamaño de la misma, el porcentaje de apertura requerido para cumplir con los parámetros de ventilación natural, se cumple con una apertura entre el 10 y el 20, incidiendo en éste el tamaño de la ventana, el área del espacio y la actividad.

RELACIÓN VENTANA / PARED												
% R - V/P		ESTUDIO (VENT - SUR - 10,00 m2)			OFICINA (VENT - ORI - 8,75 m2)			HABITACIÓN PRINCIPAL (VENT - OCC - 13,75 m2)				
100%	TEMP *	% CONFORT	RENOV	70%	TEMP *	% CONFORT	RENOV	40%	TEMP *	% CONFORT	RENOV	
0%	14,00	23,81%	0,50	0%	17,64	48,21%	0,12	0%	16,93	33,93%	0,60	
10%	13,08	19,05%	8,31	10%	15,08	33,33%	10,96	10%	15,07	25,60%	4,61	
20%	12,77	17,86%	15,45	20%	14,50	26,79%	18,51	20%	14,43	20,83%	8,24	
30%	12,68	16,67%	21,84	30%	14,27	23,81%	25,15	30%	14,10	19,64%	11,47	
40%	12,67	16,67%	27,85	40%	14,17	22,62%	31,47	40%	13,91	17,26%	14,37	
50%	12,70	16,67%	33,51	50%	14,14	22,62%	37,46	50%	13,80	17,26%	17,10	
60%	0,00	0,00%		60%	0,00	0,00%		60%	0,00	0,00%		
70%	0,00	0,00%		70%	0,00	0,00%		70%	0,00	0,00%		
80%	0,00	0,00%		80%	0,00	0,00%		80%	0,00	0,00%		
90%	0,00	0,00%		90%	0,00	0,00%		90%	0,00	0,00%		
100%	0,00	0,00%		100%	0,00	0,00%		100%	0,00	0,00%		

Figura 46. Apertura de la ventana.

Según los resultados analizados anteriormente: relación V/P es del 50%, la mejor posición es central y en el costado superior, la forma vertical y/o cuadrada dependiendo del espacio y la apertura, oscila entre el 10 y 20% del tamaño de la ventana, según estos datos se obtiene el siguiente modelo.

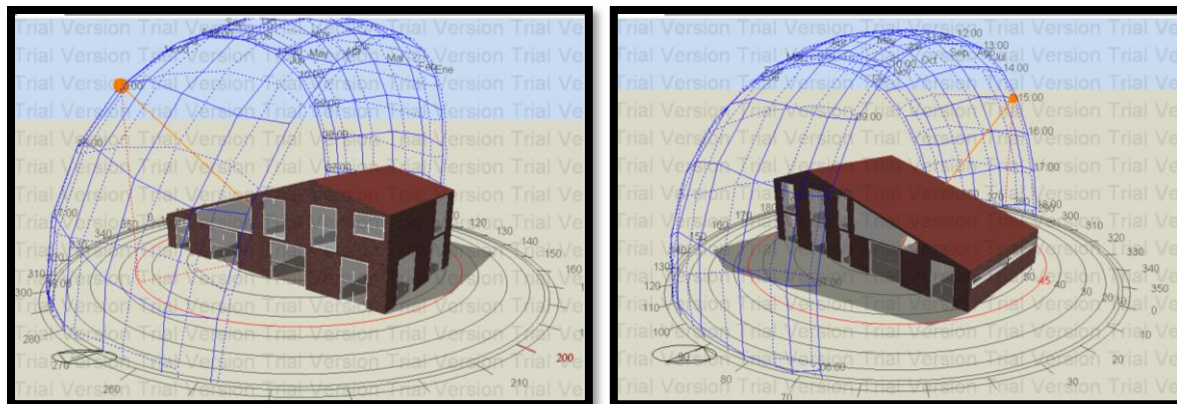


Figura 47. Esquema físico final de la ventanería.

## 9.6 Ventilación

La ventilación natural, es la capacidad de permitir que un flujo de aire renueve el aire viciado de un espacio, el análisis de la posición del o de los basculantes, se elige por medio de la cantidad de viento renovado en un determinado lapso, se busca que el movimiento del viento altere lo menos posible la temperatura espacial intensificando la sensación térmica y garantizando la comodidad para el usuario, sin perder la condición de renovación en beneficio de la calidad del aire.

OFICINA (VENT - ORI - 8,75 m2)			
	TEMP °	% CONFORT	Renovación
arriba / abajo	15,55	41,67%	12,43
derecha / norte	16,12	45,83%	8,31
izquierda / sur	16,12	45,83%	8,31
Laterales	16,12	45,83%	8,31
centro	16,36	45,83%	6,51

Figura 48. Renovación según la posición del basculante.

La simulación de la apertura se hace en un espacio ubicado en el sector oriental, en donde según la rosa de vientos se tiene mayor incidencia, realizado el cálculo a las 5:00 pm, presenta un pico de movimiento del viento. Se obtiene que al ubicar los basculantes en la costado inferior y superior hay mayor renovación, pero disminuye de manera sensible el confort ambiental.

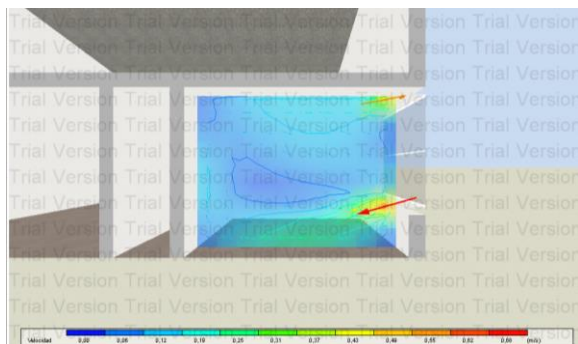


Figura 49. Imagen del CFD interna y forma de la ventana (arriba/abajo).

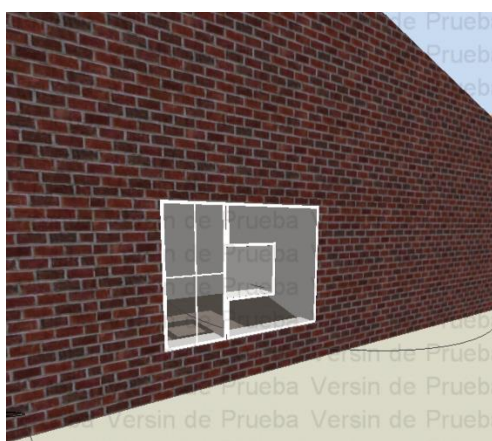
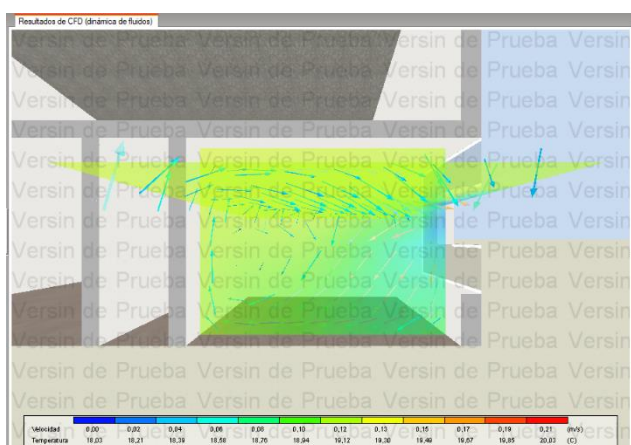


Figura 50. Imagen del CFD interna y forma de la ventana (centro).

La ubicación de la apertura de la ventana en el centro, registra menor volumen de renovación, mayor temperatura promedio, pero el porcentaje de confort es exactamente igual, identificando que a mayor renovación la temperatura descende, pero el porcentaje de confort no se altera de gran manera.

## 9.7 Materialidad

La envolvente en la respuesta térmica del artefacto diseñado, requiere no solo de estrategias en cuanto a implantación, forma y función debido a que la mayor pérdida o ganancia energética; si bien se relaciona directamente con la ganancia de radiación a través de sus ventanas, su piel es el sistema de intercambio térmico, debido a la gran cantidad de superficie significando la ganancia o pérdida de energía. En este clima la negación a los cambios rápidos y generación de inercia térmica, significan el éxito del diseño bioclimático y sostenible.

El orden de análisis está definido por la capacidad de intercambio energético de cada compuesto del objeto de estudio, partiendo del caso base, permitiendo establecer la respuesta de cada elemento, comenzando por las ventanas como variable de la envolvente, capaz de generar ganancia térmica por la radiación solar, pero de igual manera pérdidas, debido a su alto coeficiente de transmitancia térmica, se escoge como caso base el vidrio sencillo de 6 mm, en segundo lugar, el mismo vidrio con una cámara de 13 mm y en tercer lugar tres vidrios de 3 mm separados por dos cámaras de aire, para establecer una comparación con base a la respuesta térmica por la variación de las cámaras.

TEMP MIN		TEMP MAX									
17,60		24,80									
cant. Valores	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
DENTRO	13	27	31	34	27	52	40	51	40	51	51
FUERA	155	141	137	134	141	116	128	117	128	116	117
%DENTRO	7,74%	16,07%	18,45%	20,24%	16,07%	30,95%	23,81%	30,36%	30,95%	23,81%	30,36%
%FUERA	92,3%	83,9%	81,5%	79,8%	83,9%	69,0%	76,2%	69,6%	69,0%	76,2%	69,6%
Temp Prom	12,20	13,04	13,79	14,19	13,04	15,69	14,26	15,71	15,69	14,26	15,71
PORCENTAJE	BASE	sencillo - 6mmclr	Doble 6m-13air-6m	Triple 3m-13 air-3m	Concreto 0,10 - resina epoxy	Concreto 0,10 - Frescaca 0,05 - 0,01	Fibrocemento 0,01 - Aire 0,15 - Plasterboard 0,01	Concreto 0,10 - Lana de roca 0,05 - Plasterboard			
		VIDRIOS			CUBIERTA						

Figura 51. Comportamiento de material vidrio – cubierta.

El análisis de la respuesta térmica demuestra que la composición del vidrio es triple, pero después de la primera cámara de aire es poco el beneficio, por lo tanto se escoge el vidrio doble con cámara de aire de 13 mm, el cual ofrece una respuesta térmica de 0,75°C y un mejoramiento de confort de 2,42%.

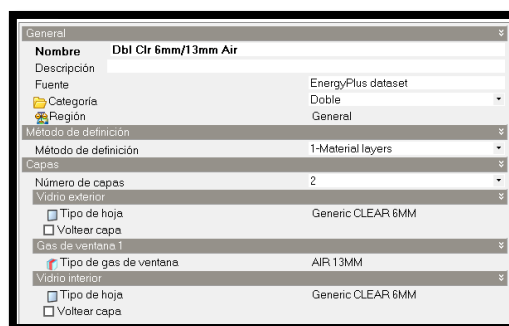


Figura 52. Composición del vidrio.

La elección de la composición de la cubierta se hace analizando la cubierta típica descubierta en concreto, con aislamiento en frescaca o lana de roca, cámara de aire y acabado, obteniendo en

los resultados de la simulación que la mejor respuesta se obtiene en la cubierta compuesta por una superficie exterior de 10 cm de concreto, 5 cm de lana de roca y plasterboard como acabado, mejorando las condiciones internas en temperatura 2,67°C y en confort 14,29%.

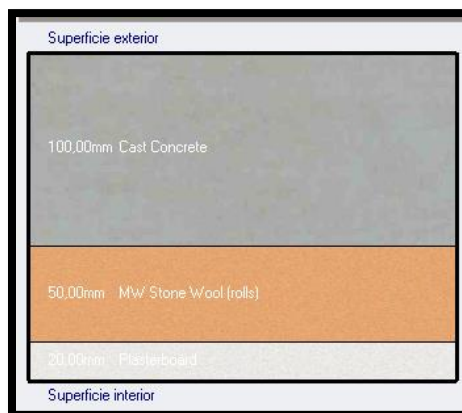


Figura 53. Composición de la cubierta.

Se plantea principalmente la utilización de materiales locales en su composición, se analiza el comportamiento de un muro sencillo de ladrillo de 12 cm de espesor y se analiza el desempeño sumando a este icopor, fibra de vidrio y lana de roca.

		17,60	24,80							
cant. Valores		168	168	168	168	168	168	168	168	168
DENTRO		13	27	34	44	44	27	23	30	31
FUERA		155	141	134	124	124	141	145	138	137
%DENTRO		7,74%	16,07%	20,24%	26,19%	26,19%	16,07%	13,69%	17,86%	18,45%
%FUERA		92,3%	83,9%	79,8%	73,8%	73,8%	83,9%	86,3%	82,1%	81,5%
Temp Prom		12,20	13,04	14,15	14,91	14,98	13,04	13,04	13,03	13,07
<b>PORCENTAJE</b>	<b>BASE</b>		<b>Ladrillo 0,12</b>	<b>Ladrillo 0,12 - Polietireno 0,05 - pañete</b>	<b>Ladrillo 0,12 - Fibra de vidrio 0,05 - pañete</b>	<b>Ladrillo 0,12 - Lana de roca 0,05 - pañete</b>	<b>Ladrillo 0,12</b>	<b>Muro en Ladrillo ,105 - Cámara aire 0,10</b>	<b>Ladrillo 0,12 - Fibra de vidrio 0,05 - pañete 0,015</b>	<b>Ladrillo 0,12 - Lana de roca 0,05 - pañete 0,015</b>
			<b>MURO FACHADA</b>			<b>MUROS DIVISORIOS</b>				

Figura 54. Comportamiento de material de muros.

Se determina como la mejor composición de muro el compuesto por 12 cm de ladrillo, 5 cm de lana de roca y 1,5 cm de pañete, mejorando la temperatura interna promedio en 1,94°C y el confort en 9,12%. Los muros divisorios, aunque con la misma composición aportan mejor resultado en la temperatura y el confort, es apenas notable, evaluando su implementación con base al área que ocupa y el sobre costo para el constructor, pero así mismo no se puede desconocer el beneficio de aislamiento acústico en caso de ser necesario.

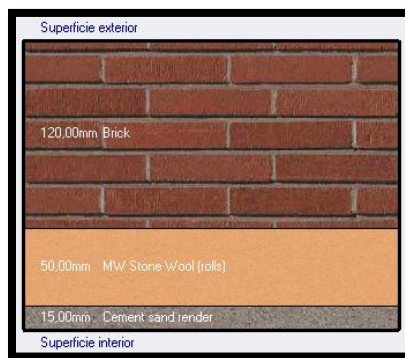


Figura 55. Composición del muro envolvente.

En la búsqueda del aislamiento térmico con respeto al terreno, si bien se ve favorecido por los materiales que hacen parte de las bases de la vivienda, compuestos por recibos y materiales finos, estos a su vez son sometidos a cambios de temperatura por la presencia de humedad.

TEMP MIN		TEMP MAX				
17,60		24,80				
cant. Valores	168	168	168	168	168	168
DENTRO	13	27	29	27	28	29
FUERA	155	141	139	141	140	139
%DENTRO	7,74%	16,07%	17,26%	16,07%	16,67%	17,26%
%FUERA	92,3%	83,9%	82,7%	83,9%	83,3%	82,7%
Temp Prom	12,20	13,04	13,03	13,04	13,04	13,12
PORCENTAJE	BASE	Gravilla 020 -	Gravilla 020 -	Concreto	Concreto	Concreto
		Concreto	Concreto	0,10 -	0,10 - Aire	0,10 -
		0,10 -	0,10 - Corcho	Cerámica	0,10 -	Frescasa 0,05
		Alistado 0,05	0,01 -	0,02	Plasterboar	-
		PLACA Contrapiso		PLACA entrepiso		

Figura 56. Comportamiento de material de placas.

Las dos propuestas evalúan el comportamiento de un material aislante en su composición observando que realmente es necesario y beneficia el comportamiento térmico espacial, obteniendo como el mejor resultado la placa de contrapiso de 10 cm, 1 cm de corcho, 3 a 5 cm de mortero y el acabado de piso planteado en laminado.



Figura 57. Composición de la placa de contrapiso.

La placa de entrepiso tiene la particularidad que realmente su incidencia en la temperatura por ser un elemento que no colinda con el exterior, cumple una función similar a los muros divisorios, siendo más importante su aislamiento acústico que térmico. Sin embargo, en su composición, se realiza un análisis de cubierta sencillo de concreto y acabado o con una cámara de aire y cielo falso, ofreciendo una mejora en porcentaje de confort y un aislamiento térmico interno.

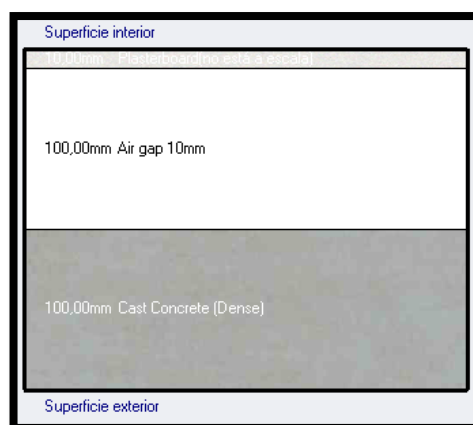


Figura 58. Composición de la placa de entrepiso.



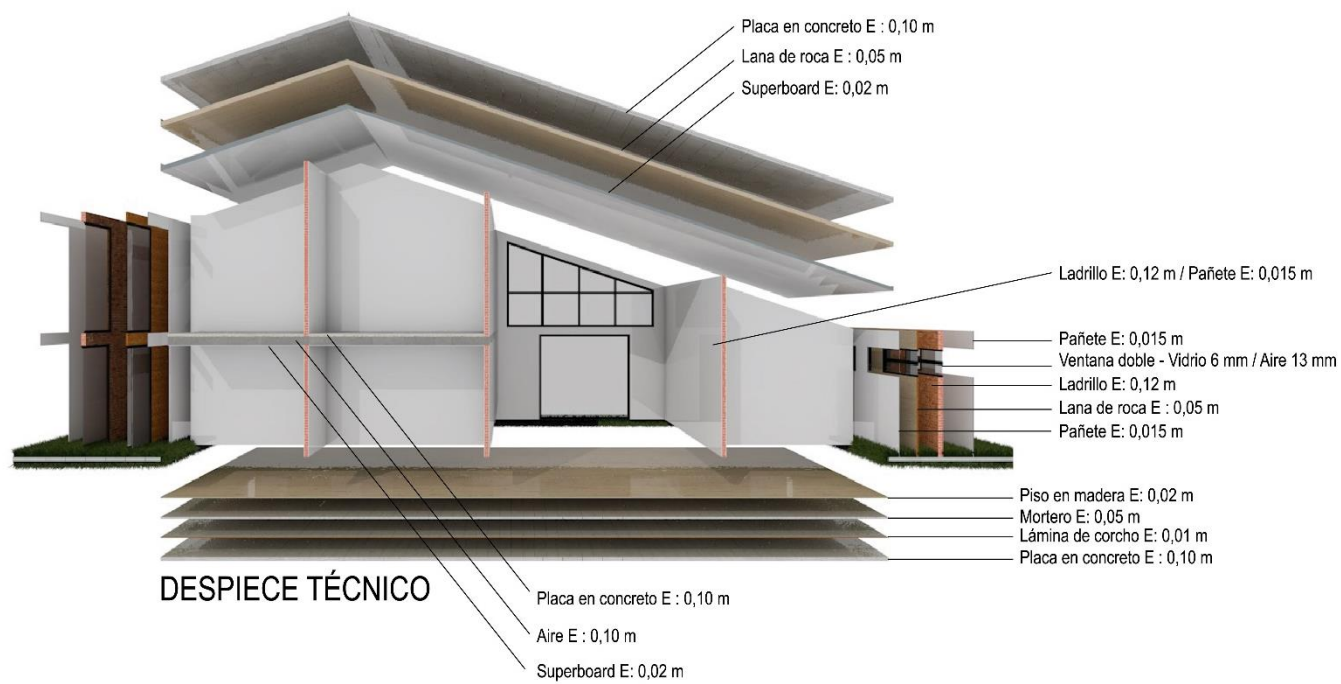


Figura 59. Corte explotado de la materialidad definida.

## 10. Estrategias Pasivas en la Vivienda Caso de Estudio

Los parámetros normativos y los posibles parámetros de intervención, hacen parte de las posibilidades de las estrategias pasivas, tomando como base el estudio del estado inicial, acompañado de una toma de datos en campo, para determinar una comparación exacta del funcionamiento interno de uno de los espacios más importantes de la vivienda, como la zona de descanso.

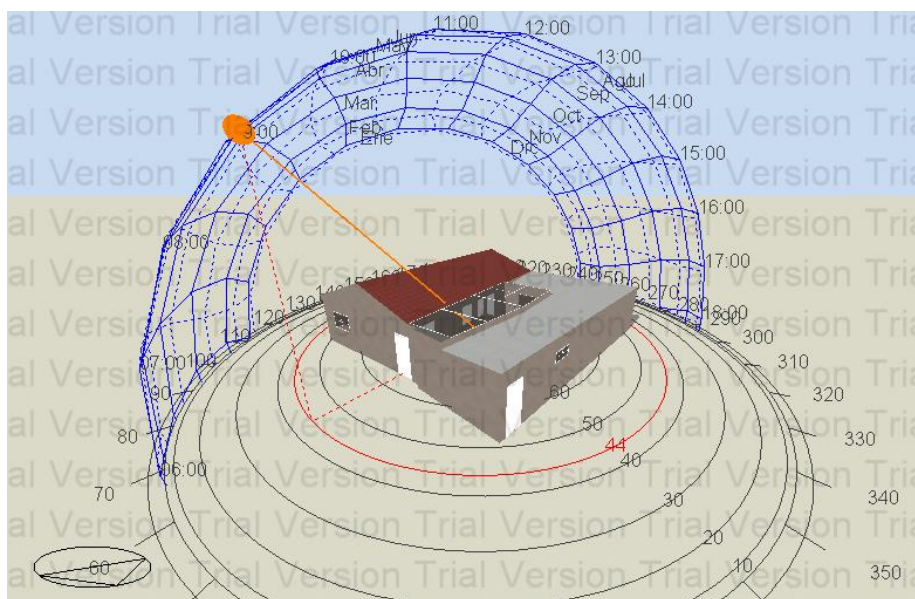


Figura 60. Modelo base de la vivienda en el programa de cálculo energético DesingBuilder.

### 10.1 Diagnóstico de comportamiento base de la vivienda

Se inicia por otorgar actividades a cada una de las zonas para poder realizar el diagnóstico del comportamiento térmico de la vivienda, a fin de establecer los rangos de disconfort y potenciales ganancias y pérdidas energéticas, con base a esta información, se obtiene el funcionamiento detallado incluyendo la energía generada por el uso de la vivienda.

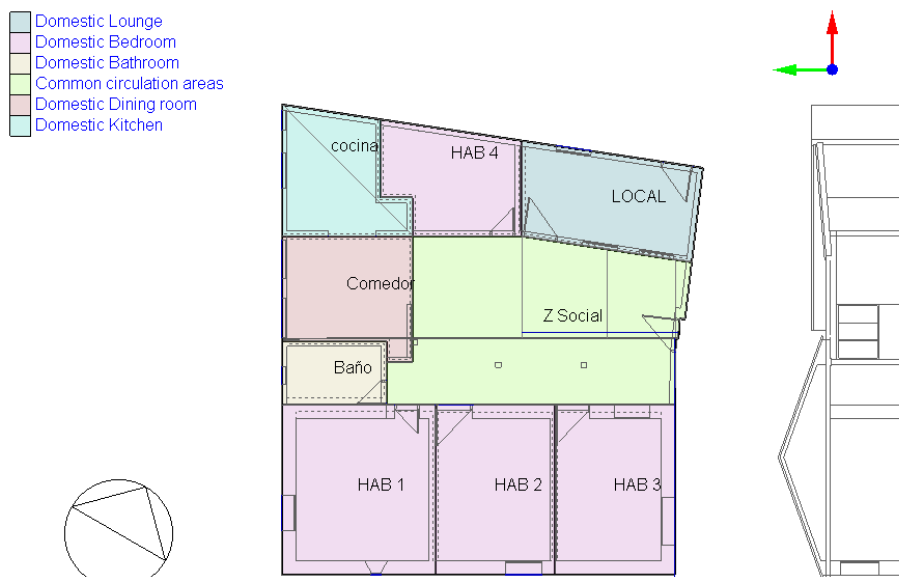


Figura 61. Selección de actividades de la vivienda.

Con base a los resultados térmicos base de la vivienda utilizando como parámetros de evaluación la temperatura y el porcentaje de confort, se plantea una comparación frente a la afectación de las estrategias en la vivienda y en cada uno de los tres módulos por aparte, debido a su diferente técnica constructiva y comportamiento térmico, por lo tanto, se evalúa la eficiencia de cada una de las estrategias en cada bloque.

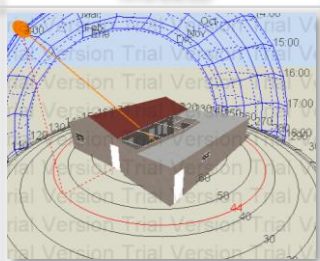
VIVIENDA		MODELO BASE	
MÓDULO	MODELO	CONFORT	TEMP. °C
VIVIENDA		2,98%	11,89°C

Figura 62. Cuadro diagnóstico de confort de caso base vivienda.

El resultado de las simulaciones iniciales demuestra que la vivienda en conjunto tan sólo se encuentra un 2,98% de las horas dentro de las consignas de confort con una temperatura de 11,89°C, debido a que el 97,02 del tiempo, la vivienda se encuentra en disconfort. Se realiza un análisis detallado de las ganancias y pérdidas energéticas, buscando establecer las estrategias más efectivas para mejorar su comportamiento.

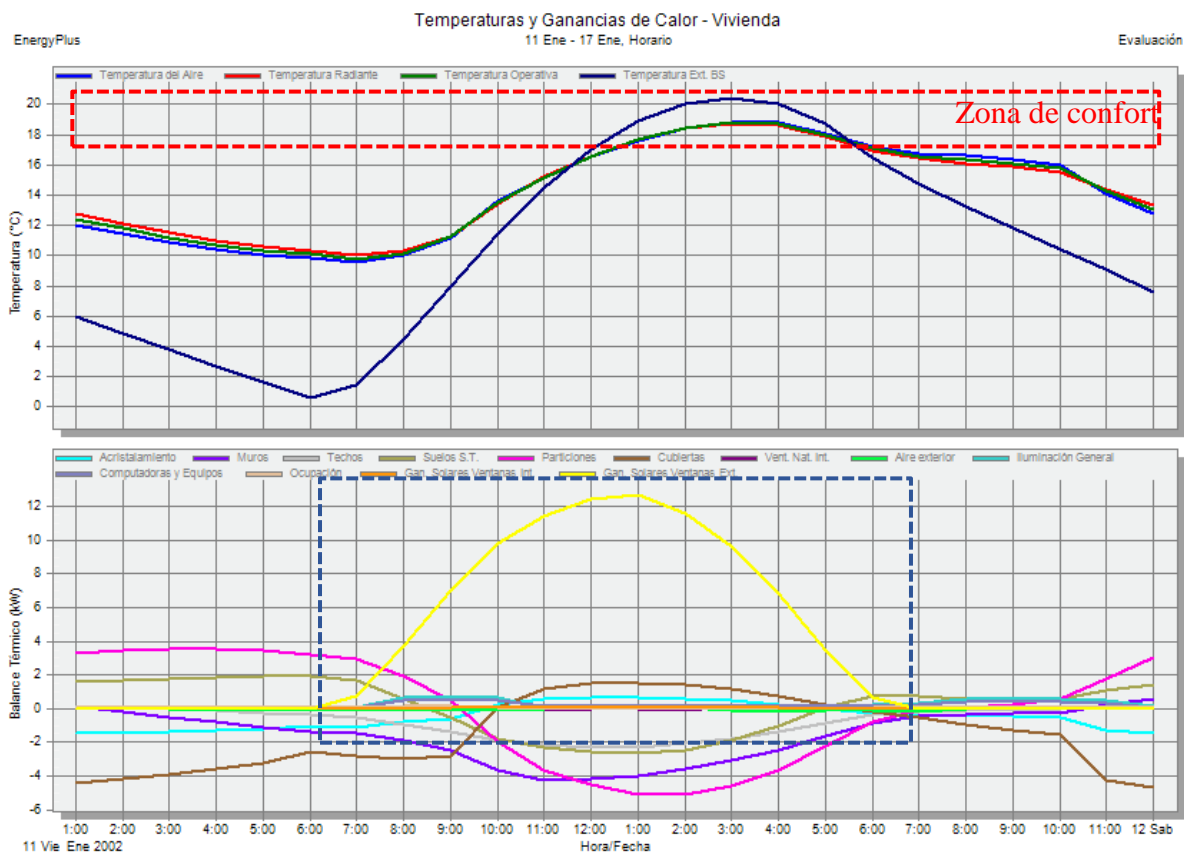


Figura 63. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas vivienda.

La interpretación de la gráfica en donde se muestra el confort y balance térmico, demuestra la pérdida generalizada de la temperatura por muros, cubierta, techos y particiones, por lo tanto la ganancia solar en el medio día se obtiene por la marquesina del área social, evidenciando la poca ganancia por las ventanas de las demás áreas. Las estrategias se deben orientar hacia la distribución térmica del área social, aumentar la ganancia por radiación debido a la baja temperatura e impedir la pérdida energética por la envolvente.

El comportamiento detallado de los tres bloques diferenciados por su composición constructiva, permite establecer en primer lugar, la enorme diferencia del comportamiento térmico y afectación de las condiciones ambientales, los bloques en donde se encuentran las habitaciones y el área de servicios poseen un disconfort del 100% del tiempo y el bloque con la cubierta en marquesina posee un porcentaje de confort de 25%, por lo tanto, se evidencia que la ganancia térmica por radiación solar permite tener una temperatura en promedio más favorable.



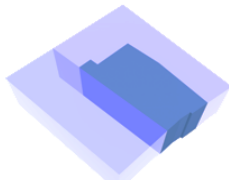
CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA			
BLOQUES		MODELO BASE	
		CONFORT	TEMP. °C
BLOQUE 1 ADOBE		0,00%	11,12°C
BLOQUE 2 LADRILLO		0,00%	8,40°C
BLOQUE 3 MARQUESINA		25%	15,38°C

Figura 64. Cuadro diagnóstico de confort de caso base por bloques.

**10.1.1 Comportamiento térmico bloque 1 (adobe).** El comportamiento térmico del bloque uno construido de adobe con ventanas pequeñas y en donde funcionan el área de descanso, posee una alta inercia térmica, debido a su envolvente tanto de muros como de cubierta y, las pequeñas ventanas impiden la ganancia energética por radiación y de igual manera, la pérdida durante la noche, el intercambio de ventilación es el elemento que genera la mayor ganancia energética.

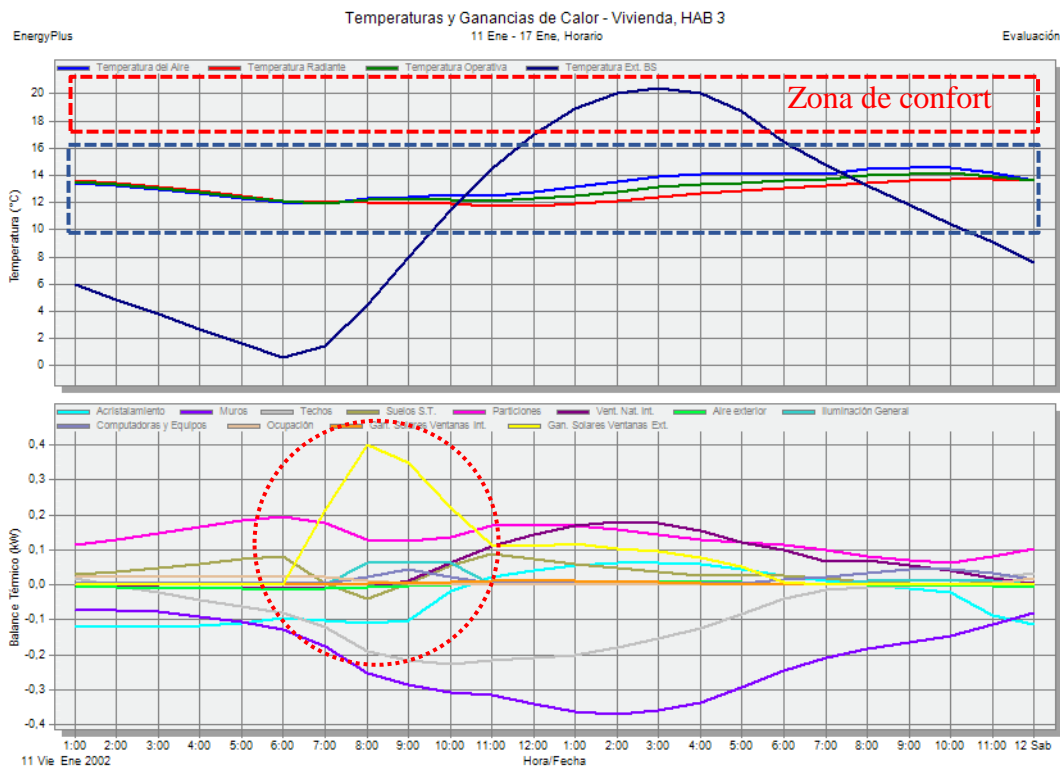


Figura 65. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - hab. 3.

**10.1.2 Comportamiento térmico Bloque 2 (ladrillo).** El comportamiento térmico del bloque dos, hace evidente la baja temperatura debido a la nula ganancia por radiación solar, aunque el calentamiento de las superficies como la cubierta, permite elevar la temperatura en el día soleado, principalmente las pérdidas corresponden a los muros y la cubierta, debido a su materialidad de baja inercia, las particiones permiten de igual manera la pérdida y ganancia térmica, dependiendo su temperatura de los espacios colindantes.

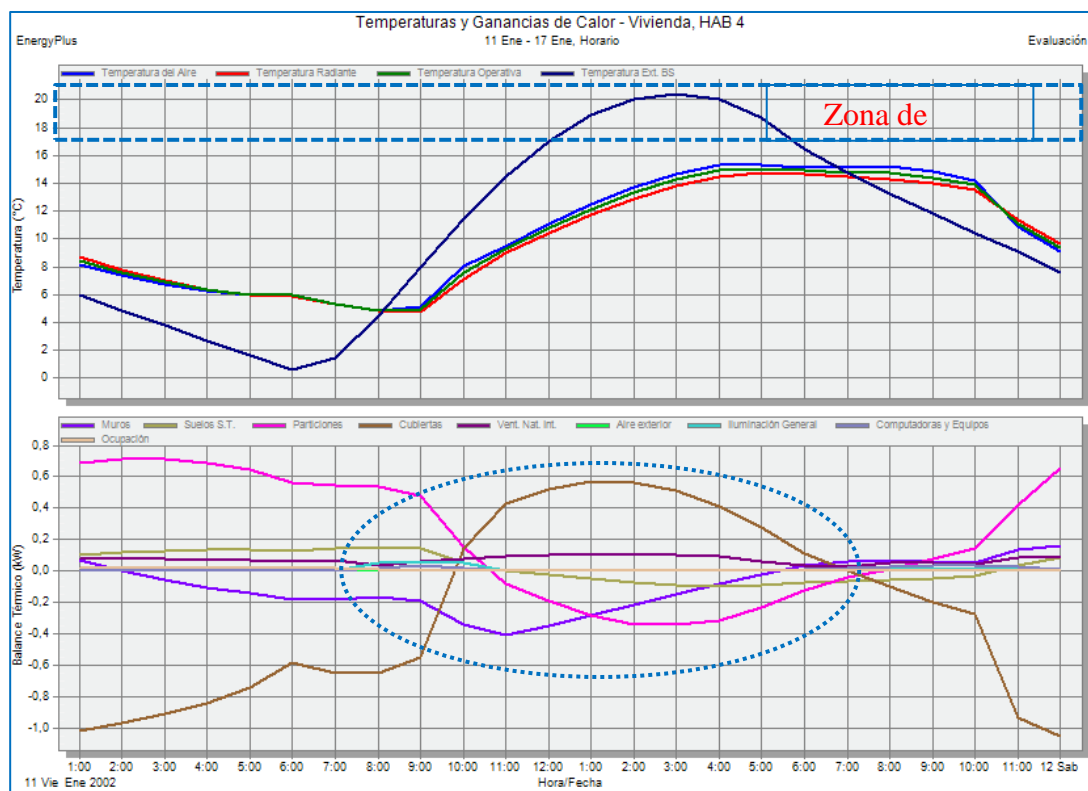


Figura 66. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - hab. 4.

**10.1.3 Comportamiento térmico Bloque 3 (marquesina).** El comportamiento térmico del bloque tres, caracterizado principalmente por su cubierta o marquesina en vidrio, es el que mayor temperatura registra y aunque pierda gran parte durante la noche, en el día es la zona que puede servir para distribuir la ganancia térmica a los otros bloques, aunque de igual manera requiere de un manejo en su envolvente para evitar las pérdidas por la temperatura exterior y por los muros de particiones.

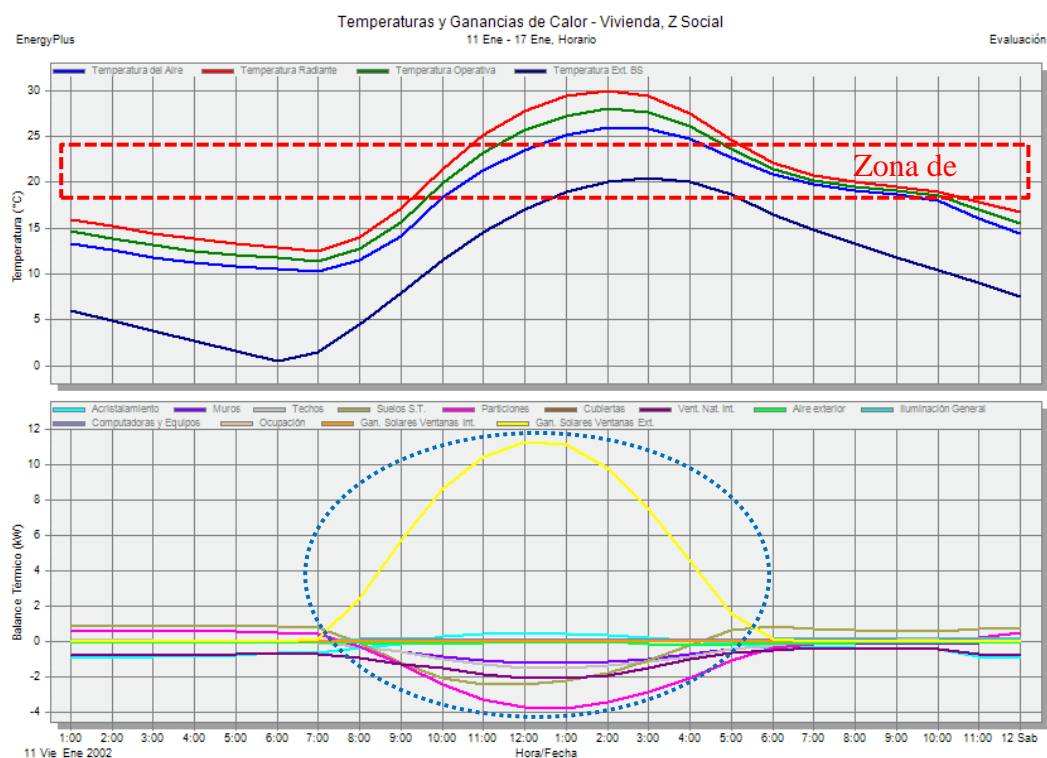


Figura 67. Diagnóstico de ganancias y pérdidas energéticas - Zona social.

Las estrategias de la vivienda se plantean relacionando el estudio anterior sobre las estrategias pasivas y características de la envolvente, aplicado al análisis del funcionamiento de cada uno de los bloques, requiriendo cada uno, un tratamiento distinto, evaluando qué parámetros permiten la respuesta más eficiente. De igual manera las estrategias pueden aprovechar el bloque que más energía capta y beneficiar a las zonas que mayor temperatura requieren como las de descanso.

La energía captada durante el día se almacena en las particiones como el ladrillo y adobe y, se irradia en las horas nocturnas consolidando siempre la temperatura del espacio, sobre la temperatura externa.

## 10.2 Comparación con mediciones en sitio

La posibilidad del levantamiento de datos en el objeto de estudio ofrece la oportunidad de realizar un análisis por medio de una comparación del comportamiento de la temperatura en un determinado punto de la vivienda, validando la información generada por el software. La toma de datos se generó entre los días 5 y 9 de junio de 2018, realizando en la misma alcoba la



simulación en los mismos días, como época del año caracterizada por su primera temporada de lluvia y baja temperatura.

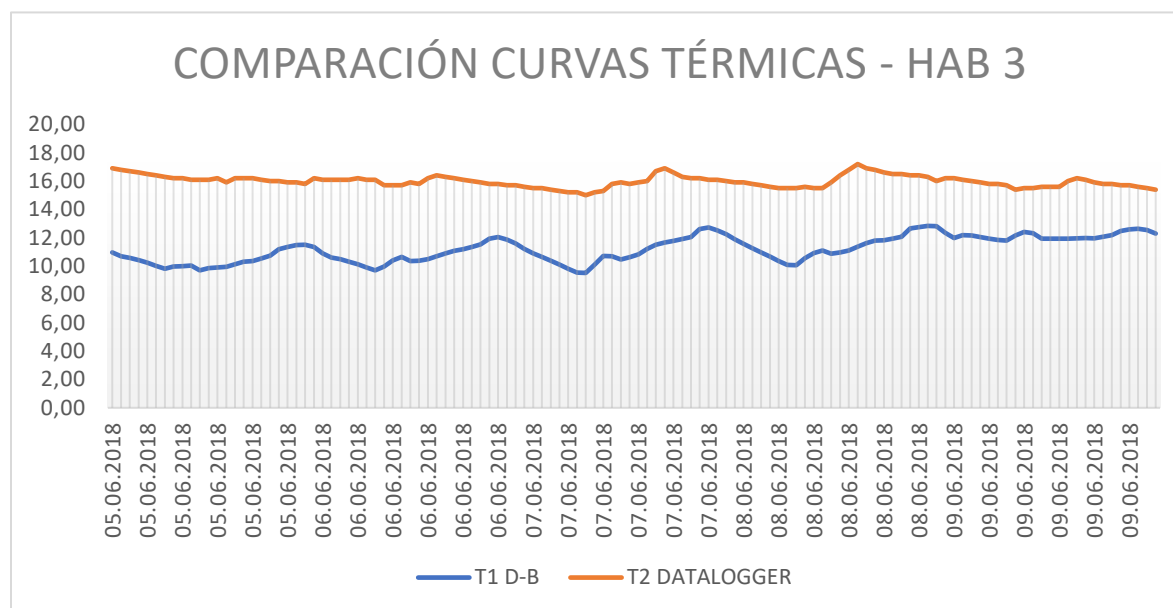


Figura 68. Comparación térmica de datos obtenidos por el software DesingBuilder y muestras en objeto de estudio (hab 3).

En la comparación de los datos se tiene como base los resultados obtenidos por el programa DesingBuilder, el cual toma los datos estadísticos para realizar el cálculo térmico, pero con una probabilidad latente de error, debido a la ausencia de una base climática pudiendo con base a la triangulación de la información generar variaciones en el cálculo, por ende, se hace la medición en el objeto de estudio y se encuentra una diferencia apenas normal, debido a que los datos a pesar de ser entre 2,9°C y 6,4°C más elevado, es una medición de una semana, lo que la denomina como poco significativa, pero se deduce que la temperatura en la habitación 3 en la cual se hizo la medición y se utiliza para comparación, obtuvo una temperatura más elevada.

La medición se tomará en consideración para hacer un comparativo del porcentaje de confort en las dos situaciones con base al modelo mejorado final.

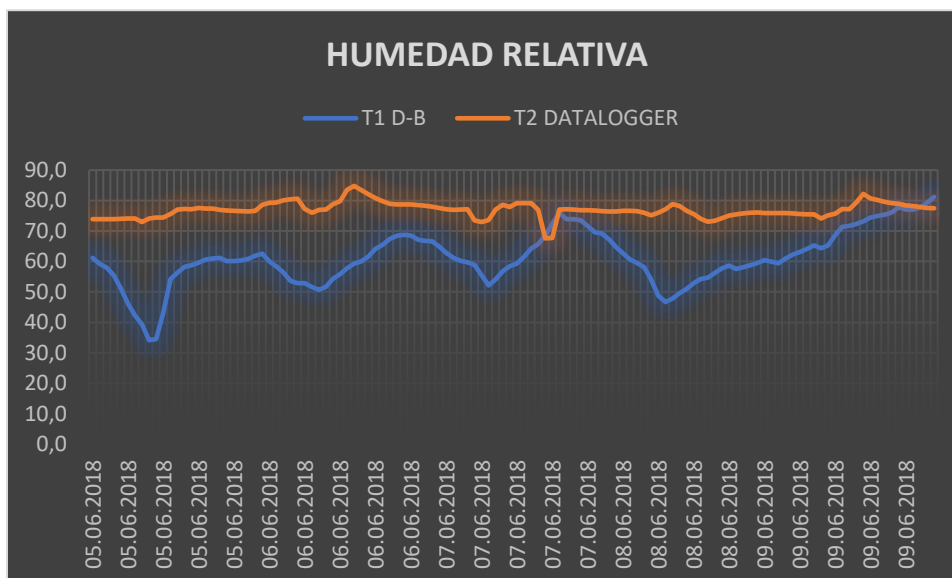


Figura 69. Comparación de humedad de datos obtenidos por el software DesingBuilder y muestras en objeto de estudio (hab 3).

La humedad relativa obtenida por las mediciones y por medio de los cálculos del software, presenta variaciones sobre todo al medio día, donde desciende significativamente en el software. La humedad medida en sitio es mucho más constante con un promedio de 77% intensificando la sensación de frío, haciendo necesario la ventilación durante el mediodía en donde el aire externo tiene menos humedad.

### 10.3 Parámetros que no se intervienen

Los parámetros que no se intervendrán según el análisis y la posibilidad de modificación son en primer lugar, la altura libre de piso a cielo raso, debido a que su altura oscila cerca a los 2,20 m favoreciendo los cálculos en el modelo que entre menor altura, mejor confort, debido al menor volumen de aire, reduciendo la pérdida de temperatura. El segundo parámetro es la forma de la cubierta, ya que la conformada por teja de barro se ubica sobre el bloque de las habitaciones y funciona como un módulo de aislante térmico que aunque no permite la ganancia por radiación solar, tampoco permite la pérdida por intercambio y sería muy costosa su intervención. La cubierta ubicada sobre las alcobas tiene una altura promedio de 2,30 m de altura.

## 10.4 Parámetros que se intervienen en la vivienda

En la búsqueda del mejoramiento de la vivienda por medio de las estrategias pasivas, se evalúa mediante una comparación en respuesta al comportamiento térmico de la vivienda, frente a cada uno de los criterios bioclimáticos modificados, estableciendo el beneficio de cada uno.

**10.4.1 Relación ventana pared y composición del vidrio.** El comportamiento térmico de la vivienda se determina con base a los parámetros que son transversales al comportamiento general de la misma, estos parámetros son la relación de ventana / pared y la composición del vidrio, por lo tanto, son los dos primeros parámetros que se modifican y sus resultados se reflejan en el siguiente cuadro:

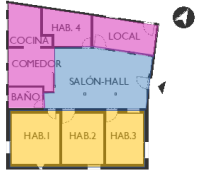
CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA							
VIVIENDA		MODELO BASE		VENTANA 50%		CRISTAL DOBLE	
MODULO	MODELO	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
VIVIENDA		2,98%	11,89°C	16,07%	13,58°C	<b>17,86%</b>	<b>14,20°C</b>

Figura 70. Comparación del funcionamiento de ventanería.

Según el cuadro anterior se evidencia que el comportamiento térmico con la modificación del primer criterio bioclimático (relación V/P), mejora pasando de un 10% de relación V/P a un 50% permitiendo la ganancia térmica por radiación solar e incrementando la temperatura 1,69°C en promedio y elevando las horas de confort a 13,09% con respecto al modelo base. El mejoramiento térmico se ve favorecido al implementar el cambio de la composición del vidrio, elevando la temperatura 0,62°C y favoreciendo el confort en 1,79% lo cual es una ganancia valiosa, debido a la conservación del calor acumulado a lo largo del día.

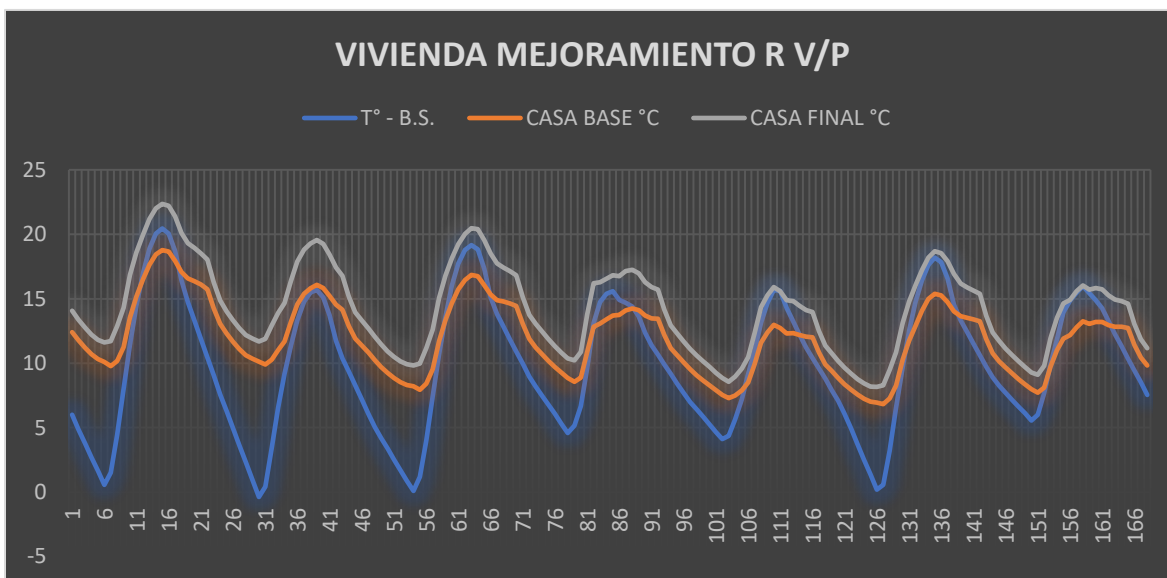


Figura 71. Comparación del comportamiento térmico de la vivienda con la relación de ventana / pared y composición del vidrio.

El análisis de cada bloque permite establecer el mejoramiento de cada estrategia, dilucidando cuáles son los parámetros que necesitan ser modificados para continuar con el progreso el comportamiento térmico.




CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA					
BLOQUES		MODELO BASE		V 50% - Doble	
		CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
BLOQUE 1 ADOBE		0,00%	11,12°C	14,29%	15,00°C
BLOQUE 2 LADRILLO		0,00%	8,40°C	0,00%	9,58°C
BLOQUE 3 MARQUESINA		25%	15,38°C	30,95%	16,75°C

Figura 72. Comparación del funcionamiento de ventanería por bloques.

Del cuadro anterior se evidencia que sin importar su localización, la composición física del bloque afecta directamente su comportamiento, el bloque 1 con la apertura de las ventanas. Sumado a esto, evitar la pérdida térmica con base a la composición del cristal, logra aumentar su temperatura para pasar de 0% a 14,29 de confort y elevar el promedio de temperatura 3,88°C con base al modelo inicial, logrando una temperatura promedio de 15°C.

El bloque 2 compuesto por ladrillo, a pesar del aumento de la temperatura promedio de 1,18°C no incrementa el porcentaje de horas dentro del rango de confort, debido a la inercia térmica de los materiales que lo componen.

El bloque 3 presenta el comportamiento con la temperatura más elevada, a pesar de sólo cambiar la composición del vidrio, disminuyendo la pérdida por la ganancia de inercia, la temperatura aumenta 1,37°C, el confort incrementa 5,95% debido a la composición de la marquesina que funciona como un pequeño invernadero dentro de la vivienda, proporcionando la ventaja de distribuir las temperaturas durante el día a los espacios que requieren más ganancia térmica.

## **10.5 Parámetros que se intervienen por zonas**

Debido al desempeño térmico de cada una de las zonas, primero por la localización dentro de la vivienda, lo cual altera su respuesta y segundo por su composición material, estableciendo estrategias distintas, aplicando criterios bioclimáticos con base al análisis de cada bloque.

**10.5.1 Materialidad de los muros.** El mejoramiento de la envolvente con base a la intervención de los materiales deja como resultado a diferencia del modelo inicial, el impedimento de incluir la lana de roca hacia el interior por la pérdida de área útil, por lo tanto, se plantea el uso de poliestireno recubierto de mortero, forrando el muro actual tanto del bloque 1 como el bloque 2.

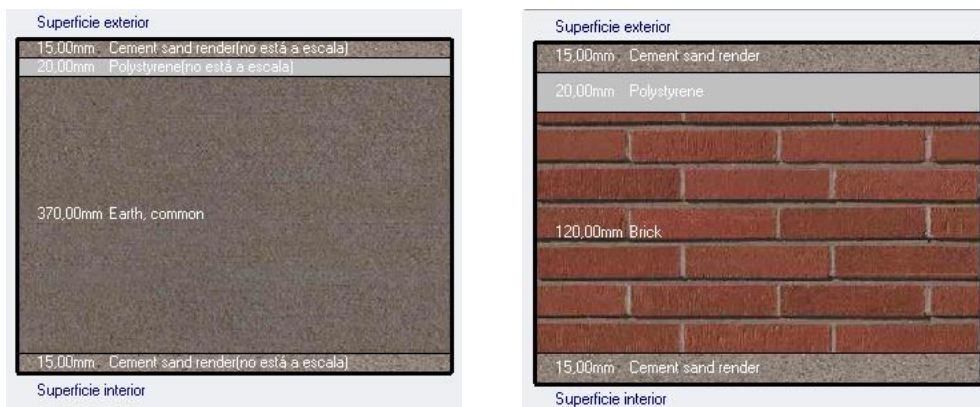


Figura 73. Composición final muros (Bloque 1 – Bloque 2).

El comportamiento de los diferentes módulos con base a la modificación del material, refleja que en el módulo de adobe (bloque 1) aumenta la inercia térmica, favoreciendo la conservación del calor y en el muro del bloque 2 es elemental en el comportamiento térmico, aunque la pérdida energética por medio de la cubierta sigue siendo una constante que requiere manejo; de igual manera se observa según el comportamiento del bloque 3, que a pesar de que su temperatura aumenta en promedio  $0,09^{\circ}\text{C}$  no es representativo en el comportamiento del porcentaje de confort.



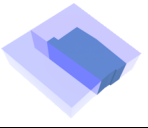
CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA							
BLOQUES		MODELO BASE		V 50% - Doble		MEJOR MUROS	
		CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
BLOQUE 1 ADOBE		0,00%	11,12°C	14,29%	15,00°C	29,17%	16,25°C
BLOQUE 2 LADRILLO		0,00%	8,40°C	0,00%	9,58°C	0,00%	9,79°C
BLOQUE 3 MARQUESINA		25%	15,38°C	30,95%	16,75°C	30,95%	16,86°C

Figura 74. Cuadro mejoramiento de confort.

**10.5.2 Materialidad de las cubiertas.** Con base al análisis inicial, en el cual se observa una gran pérdida por la cubierta en el bloque 2, se implementa con base al análisis de pérdidas energéticas el mejoramiento en las características de la cubierta, implementando un cielo falso, con una cámara de aire, un material aislante y un acabado cálido.

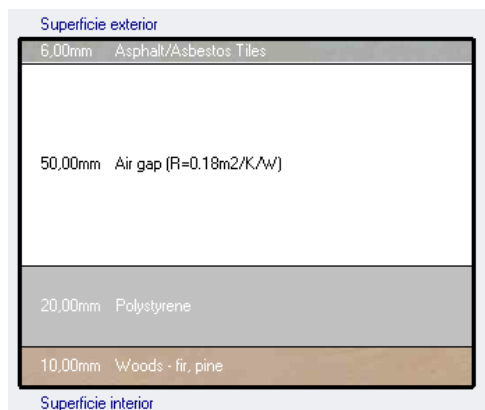


Figura 75. Composición final de la cubierta (Bloque 2).

CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA									
BLOQUES		MODELO BASE		V 50% - Doble		MEJOR MUROS		MEJOR CUBIERTA	
		CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
BLOQUE 1 ADOBE		0,00%	11,12°C	14,29%	15,00°C	29,17%	16,25°C	45,24%	17,25°C
BLOQUE 2 LADRILLO		0,00%	8,40°C	0,00%	9,58°C	0,00%	9,79°C	5,36%	14,13°C
BLOQUE 3 MARQUESINA		25%	15,38°C	30,95%	16,75°C	30,95%	16,86°C	40,48%	19,59°C

Figura 76. Cuadro mejoramiento de confort.

El comportamiento térmico del bloque 2 se ve favorecido con la implementación de la intervención de la conformación de la cubierta, aumentando la temperatura cerca de 4,34°C y consolidando un 5% de horas dentro del confort, la mejora la explica la inercia térmica generada a partir de la reducción de las pérdidas energéticas por la envolvente. También el

comportamiento térmico de la vivienda mejora notablemente debido al aumento de la temperatura y reducción de pérdida, por las particiones.

### 10.6 Comparación térmica de la vivienda base vs final

El resultado final del comportamiento de la vivienda deduce un aumento en promedio de 5°C aprovechando las ganancias por radiación solar y generando una hermeticidad en la piel de la vivienda, reduciendo el intercambio térmico, junto a la generación de intercambio de ventilación en horas favorables, que impida la pérdida térmica y beneficie la renovación de aire.

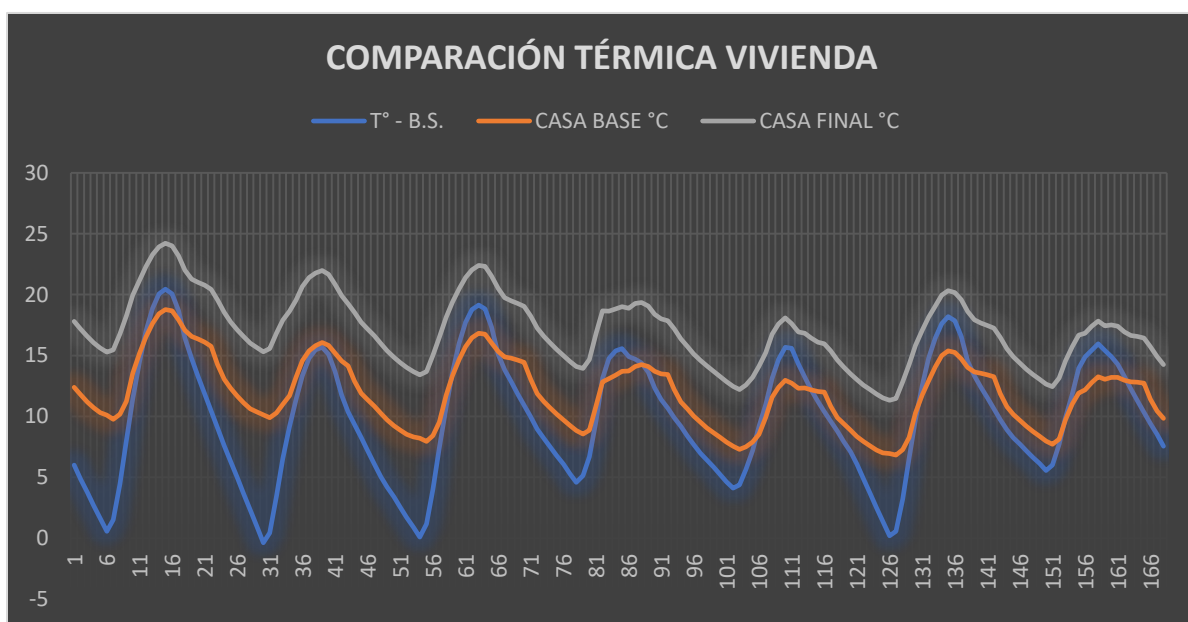


Figura 77. Comparación del comportamiento térmico de la vivienda – base vs final.

### 10.7 Comparación térmica por Bloques

El análisis comparativo de cada bloque permite corroborar el interés principal por el confort en las áreas de reposo y las variaciones específicas según las intervenciones propuestas.



**10.7.1 Comparación térmica bloque 1 – base vs final.** El comportamiento térmico del bloque 1, en el cual se encuentran ubicadas las habitaciones requiere de un manejo más estricto y eficiente, el beneficio de estar construido en adobe, aporta una inercia cálida que limita las variaciones térmicas debido a las bajas temperaturas del lugar, sumado a esto, el beneficio por la ganancia de radiación solar permite calentar las alcobas posibilitado por la relación de V/P sin perder energía con base a la composición del vidrio doble. En conclusión, el bloque se comporta de manera satisfactoria tomando como base el análisis de las curvas de variación de la temperatura operativa, logrando elevar la temperatura promedio en 6,15°C con variaciones térmicas controladas.

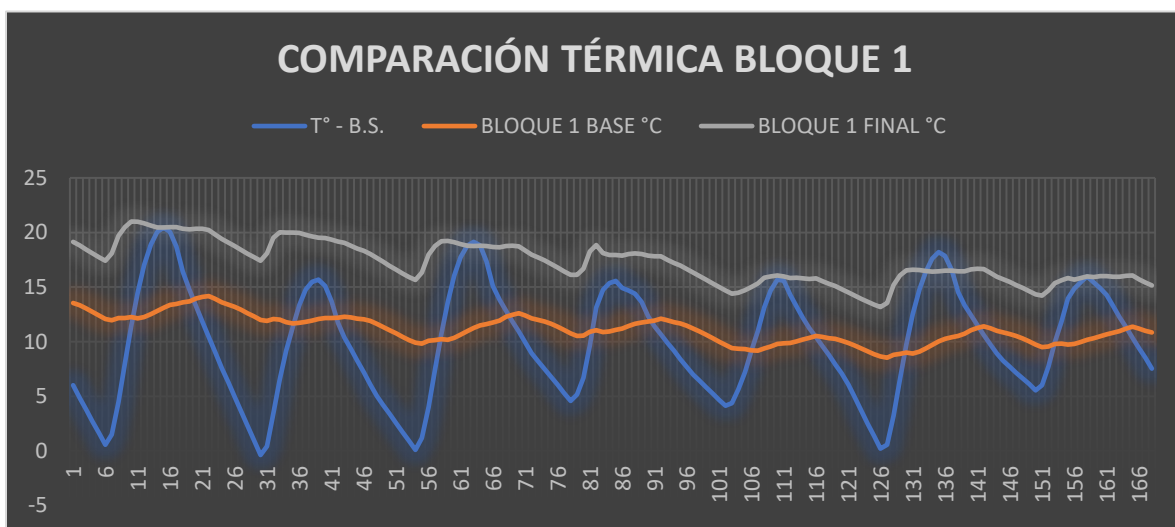


Figura 78. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 1– base vs final.

**10.7.1.1 Comparación térmica bloque 2 – base vs final.** Las variaciones térmicas iniciales debidas a la composición de la envolvente, hacen evidente la falta de materiales que limiten el intercambio térmico aislando las bajas temperaturas exteriores de los espacios internos, con base a las modificaciones propuestas, se evidencia una menor variación de la curva (gris) y un aumento en la temperatura debido a la ganancia por la relación de V/P durante los periodos en los que se utilizan estos espacios, ubicándose en este bloque el área de servicios, se registran las temperaturas más cercanas a los rangos de confort.

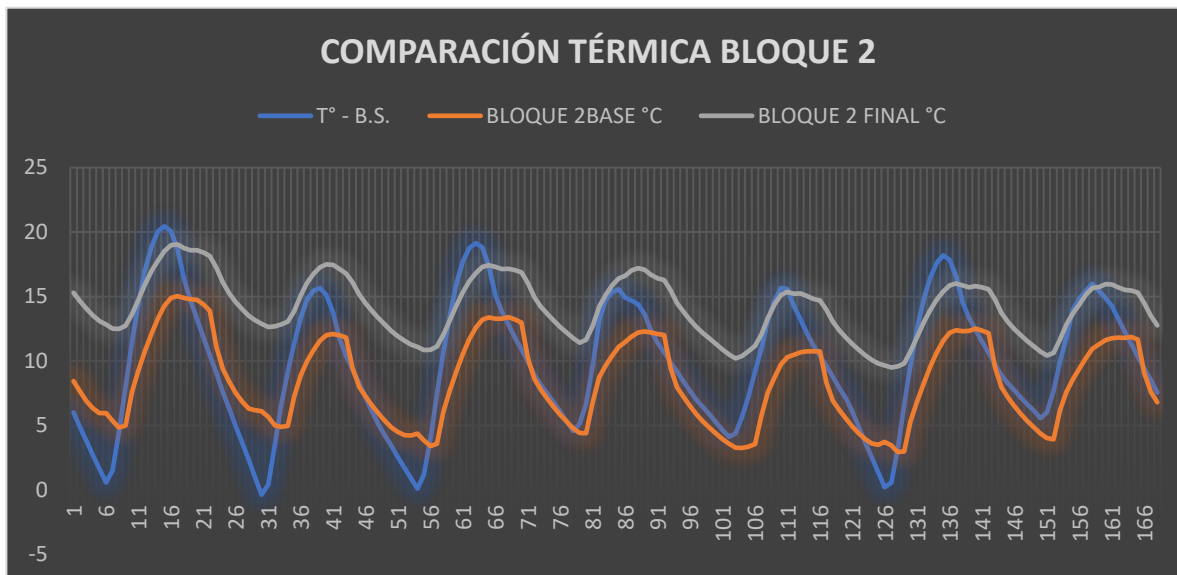


Figura 79. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 2 – base vs final.

**10.7.1.2 Comparación térmica Bloque 3 – Base vs. Final.** El comportamiento del bloque 3 conformado por un espacio central, caracterizado por la cubierta en marquesina, posee un comportamiento de invernadero en el centro de la vivienda almacenando la calor con una notable curva térmica por encima de la temperatura ambiente, la efectividad del vidrio doble como aislante y las temperaturas de los bloques anexos, favorecen la ganancia térmica en más de 4°C en promedio. Se concluye pues, que las temperaturas alcanzadas al medio día, oscilando entre los 20°C y 32°C permiten hacer una recirculación controlada del aire dentro de la vivienda, favoreciendo el aumento de la temperatura en los otros bloques.

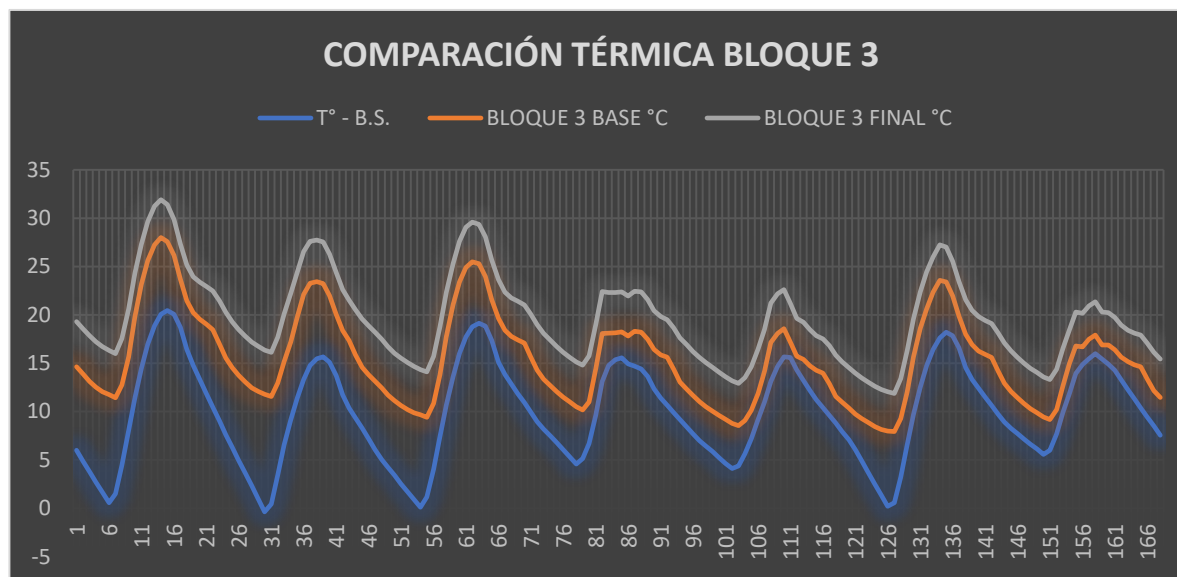


Figura 80. Comparación del comportamiento térmico de Bloque 3– base vs final.

### 10.8 Comparación térmica con base a mediciones hechas en lugar

Con base a las mediciones hechas en lugar, se establece una hipótesis de desempeño térmico de la vivienda, el cual utiliza los datos obtenidos por el programa DesingBuilder reduciendo la diferencia de las curvas de simulación y medición por medio de Datalogger en el objeto de estudio.

VIVIENDA		CUADRO DE COMPARACIÓN TÉRMICA					
MODULO	MODELO	MODELO BASE		COMPLETA		HIPÓTESIS	
		CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
VIVIENDA		2,98%	11,89°C	40,48%	17,06°C	<b>84,52%</b>	<b>19,06°C</b>

Figura 81. Comparación de confort con base a los resultados de las mediciones.

Los resultados al reducir 2,0°C, la diferencia entre las temperaturas de simulación y medición, la cual dista entre 2,9°C y 6,4°C genera un mejoramiento térmico cercano al 85% de las horas dentro de la consigna de confort planteada.

## 11. Comparación económica vs eficiencia energética

La comparación de la eficiencia en cuanto a las modificaciones determina en el momento de la intervención la decisión de los usuarios como interesados y de igual manera como inversionistas.

ESPACIO / MODIFICACIÓN	MODELO BASE		V 50% - Doble		MEJOR MUROS		MEJOR CUBIERTA	
	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C	CONFORT	TEMP. °C
BLOQUE 1 ADOBE	0,00%	11,12°C	14,29%	15,00°C	29,17%	16,25°C	45,24%	17,25°C
DIFERENCIA			14,29%	3,88	14,88%	1,25	16,07%	1,00
BLOQUE 2 LADRILLO	0,00%	8,40°C	0,00%	9,58°C	0,00%	9,79°C	5,36%	14,13°C
DIFERENCIA			0,00%	1,18	0,00%	0,21	5,36%	4,34
BLOQUE 3 MARQUESINA	25%	15,38°C	30,95%	16,75°C	30,95%	16,86°C	40,48%	19,59°C
DIFERENCIA			5,95%	1,37	0,00%	0,11	9,53%	2,73
VIVIENDA	2,98%	11,89°C	17,86%	14,20°C	19,05%	14,41°C	40,48%	17,06°C
DIFERENCIA			14,88%	2,31	1,19%	0,21	21,43%	2,65
VALOR \$ DE LA IMPLEMENTACIÓN			\$	7.244.898,6	\$	2.206.442,4	\$	3.291.036,8
TOTAL			\$					12.742.377,8

Figura 82. Comparativo del costo beneficio en cuanto a mejoramiento del confort de la vivienda.

El análisis del cuadro comparativo refleja que la modificación de la relación V/P es la más favorable para el bloque de habitaciones, la cual requiere mayor temperatura debido al uso, de igual manera beneficia toda la vivienda en general. El comportamiento al permitir el calentamiento por radiación conserva el calor durante la noche en los materiales que componen en mayor cantidad los muros.

En caso de la adopción de la mejor modificación en la búsqueda del mejoramiento del bloque, en el que se encuentran las alcobas, se estima en un costo de \$3'786,879 pesos, pudiendo implementar progresivamente cada mejoramiento.

ITEM	PRECIO	M2	TOTAL
Vidrio doble carpintería PVC	\$177.945	21,18	\$ 3.768.870

Figura 83. Costo implementación modificación ventana (R 50%-vidrio doble) bloque 1.

La implementación del mejoramiento evidencia de igual manera que la sumatoria de modificaciones como los muros y la cubierta, evitan la pérdida energética, a pesar de que en la gráfica la cubierta pareciera mejorar en mayor medida el comportamiento térmico de los bloques 2 y 3, realmente se obtiene porque el tratamiento completo de la envolvente, conformada por el elemento vertical y horizontal, logra una inercia térmica que conserva en mayor medida las ganancias de temperatura.

La implementación de las modificaciones para el mejoramiento térmico se compara con base al precio promedio de la construcción de una vivienda típica rural. Para establecer el porcentaje promedio de incremento del costo total, incluyendo la totalidad de modificaciones, deduciendo un 9% de incremento total, asumiéndolo en el estado actual de la vivienda, en caso de tener en cuenta estas estrategias antes de la construcción, se obtendría menos precio en su implementación.

ITEM	ÁREA	COSTO BIOC.	COSTO REG. M2	BIOC * M2	INCREMENTO
VIVIENDA	141,1	\$ 12.742.378	\$ 1.000.000	\$ 90.307	9,0%

Figura 84. Porcentaje de costo de construcción frente al costo del mejoramiento bioclimático.

El análisis de los mejoramientos de vivienda hallados en el SECOP demuestra un rango de inversión de siete a ocho millones de pesos para cada beneficiario de los mejoramientos de vivienda, por lo tanto, si se incluye el mejoramiento bioclimático, dentro de los planes que buscan mejorar la calidad de vida de los pobladores, la inversión por parte del usuario se reduce a un porcentaje más fácilmente accesible.

El apoyo a esta iniciativa puede ser respaldada por la propuesta del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible CCCS, planteando incentivos por parte del gobierno a la actualización de los edificios, llevando a cabo el reciclaje o adaptación, por medio de procesos de renovación, buscando en estos eficiencia energética. De igual manera, se ofrece la asesoría técnica gratuita a los proyectos que busquen cumplir con estos estándares de sostenibilidad en la construcción.

## Conclusiones

El levantamiento de la información y los análisis por medio de las simulaciones permiten evidenciar el comportamiento poco favorable con un 2.98% de horas dentro de los límites de confort establecidos con base a la norma y clima, la implementación de las estrategias bioclimáticas permite por medio de la modificación de la composición de la envolvente lograr de 0% a 45,24% de confort en el área de descanso y temperaturas no inferiores a los 13,5°C en la semana extrema de invierno.

Debido a que la producción de los alimentos en un 83% provienen del campo en Colombia, requiere que familias que los producen habiten cerca a los cultivos agropecuarios o sea en viviendas rurales, el hecho que generación tras generación lo hayan hecho no garantiza que estas familias posean un hogar que cumpla con estándares de confort, es decir que la calidad de vida de estas personas no esté propensa a enfermedades debido a la calidad de la construcción de su vivienda regida con base a la posibilidad de adquisición, la intensión en el mejoramiento busca mejorar la calidad de vida del campesino garantizando el confort térmico y la calidad del aire evitando las enfermedades de vías respiratorias estimulando la estadía en el campo.

La búsqueda del mejoramiento de la calidad de vida en la vivienda rural posee un trasfondo cultural en el cual se busca proteger el patrimonio mueble e inmueble como son las costumbres y técnicas que evita la pérdida de la identidad cultural, el adecuado manejo del desarrollo tecnológico retroalimenta el conocimiento para hacer intervenciones adecuadas en las viviendas muchas de estas como la representación cultural propia de la zona donde se encuentra.

El estudio de caso demuestra el vacío en la reglamentación de la normativa nacional, en cuanto a la percepción del confort térmico debido a que el cliente o usuario, forma parte de este proceso de formulación de estándares propios y adecuados acerca el confort térmico.

El compilado de los criterios bioclimáticos y estrategias de mejoramiento pasivas que caracterizan el modelo base para la intervención del objeto de estudio que permite llegar a un 89% de confort sin aumento en el consumo energético, permite implementar lineamientos para la

implementación en la normativa local, proporcionando una reglamentación para que las viviendas nuevas o intervención en existentes gocen de una metodología clara y precisa sobre las condiciones físicas que permiten mejorar el funcionamiento térmico.

El análisis de las inversiones en los mejoramientos de vivienda, que se han llevado a cabo en el municipio estimados en 8'000.000 de pesos, permite viabilizar la inversión económica de las soluciones propuestas no solo en el crecimiento explosivo de la vivienda obligado por el crecimiento de la familia sino también en la intervención para el mejoramiento de la calidad interna de la vivienda, garantizando aumento de la calidad de vida para los propietarios, de igual manera, se pueden ver favorecidos en caso de aprovechar estímulos económicos a proyectos sostenibles propuestos por el CCCS.

Las técnicas utilizadas en la construcción de la vivienda con base a los materiales locales como lo son el adobe y de hecho los materiales provenientes de la tierra son los que mejor respuesta térmica obtuvieron en el análisis del funcionamiento, generando una inercia térmica permitiendo la conservación tanto del frío como del calor por lo tanto por medio de la relación ventana / pared y su composición permite la ganancia de radiación solar para mejorar el microclima interior de cada espacio de la vivienda.

## Referencias Bibliográficas

[Software]. DesingBuilder. Version 5.4. Obtenido de: <https://www.designbuilder.co.uk/>.

[Software]. Meteonorm Version 5.1. Obtenido de:

<http://www.meteonorm.com/en/site/downloads/?/download/software/>.

[Software]. Weather Tool. Version 2.0. Obtenido de: <http://weather-tool.software.informer.com/>.

Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., Serra, J. (1998). La construcción sostenible. El estado de la cuestión. Ciudades para un futuro más sostenible. Recuperado de:

<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>.

Alcaldía Municipal de Motavita Boyacá. (2001). Esquema de ordenamiento territorial de Motavita. EOT Motavita Boyacá. Recuperado de:

<http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/M/motavita - boyaca - eot - 2001/motavita - boyaca - eot - 2001.asp>.

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

ASHRAE 55-2010. Thermal environmental conditions for human occupancy, 2010.

Recuperado de: <http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE-55-2010.pdf>.

Auliciems, A. Szokolay S. (2007). Thermal Comfort. Passive and Low Energy Architecture International, PLEA Notes. 2ª Edición, 66p. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/234169993\\_THERMAL\\_COMFORT](https://www.researchgate.net/publication/234169993_THERMAL_COMFORT).

Bautista Gordillo, J. D. Loaiza Elizalde, N. F. (2017). La construcción sostenible aplicada a las viviendas de interés social en Colombia. Artículo científico. Boletín Semillas Ambientales. Bogotá: Colombia. Vol. 11 No. 1. ISSN: 2463-0691. Recuperado de:

<file:///C:/Users/HP/Downloads/12236-57644-1-PB.pdf>.



- Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. ResearchGate. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/264975670\\_Guia\\_de\\_diseno\\_para\\_la\\_eficiencia\\_energetica\\_en\\_la\\_vivienda\\_social](https://www.researchgate.net/publication/264975670_Guia_de_diseno_para_la_eficiencia_energetica_en_la_vivienda_social).
- Celis D'Amico, F. (2000). Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual. Instituto Juan de Herrera. Madrid: España. Recuperado de:  
<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n14/afcel.html>.
- Comisión Brundtland. (1987). Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo Nuestro Futuro Común, Oxford University Press. Oxford: United Reino. agcidChile Cooperación Chilena para el Desarrollo. Recuperado de: <https://www.agci.cl/index.php/glosario/172-d/289-desarrollo-sostenible>.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2012). Foro Manejo de residuos de demolición y construcción. Recuperado de: <https://www.cccs.org.co/wp/>.
- Daluz, M. (2008). Arquitectura bioclimática o la adaptación al medio. Interempresas.net. Recuperado de:  
[http://www.interempresas.net/Cerramientos\\_y\\_ventanas/Articulos/217832-Entrevista-a-Koldo-Monreal-gerente-de-Onhaus.html](http://www.interempresas.net/Cerramientos_y_ventanas/Articulos/217832-Entrevista-a-Koldo-Monreal-gerente-de-Onhaus.html).
- De Los Mozos Martín, P. (2009). Desarrollo, proyecto y estudio de un edificio bioclimático. Proyecto de grado Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Madrid. Recuperado de:  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/4aa7e1baae6c8.pdf>.
- Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. Serie Geográfica, vol. 4, pp. 109-12. Recuperado de:  
<http://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Clima-Confortabilidad.pdf>.

Fuentes Pérez, C., Celis Flores, D. & Aranda Jiménez, Y. (2017). Estrategias de adaptabilidad y clasificación bioclimática al interior de la vivienda tradicional. *Revista de Arquitectura IMED*, 6(1), 22-48. Recuperado de:

<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/1942/1145>.

Fuentes Pérez, C. A. (2015). Calificación ambiental de la vivienda. Estrategias de adaptabilidad higrotérmica. *Revista Electrónica Nova Scientia*. redalyc.org. Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/html/2033/203345704015/>.

García Torres, J. (2013). "Aplicación de estrategias pasivas en el diseño arquitectónico". Caso de Estudio: Anteproyecto de Biblioteca Municipal en Diriamba. Recuperado de:

<http://ribuni.uni.edu.ni/524/1/38837.pdf>.

González, J., Villar, M. (2000). II Seminario y taller iberoamericano sobre Vivienda rural y calidad de vida en los asentamientos rurales. (Vol. I, pp. 37-40). México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/44403365\\_Memoria\\_del\\_II\\_seminario\\_y\\_taller\\_iberamericano\\_sobre\\_vivienda\\_rural\\_y\\_calidad\\_de\\_vida\\_en\\_los\\_asentamientos\\_rurales\\_con\\_sede\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_San\\_Luis\\_Potosi\\_noviembre\\_del\\_año\\_2000\\_editores\\_Jorge\\_Gonzalez](https://www.researchgate.net/publication/44403365_Memoria_del_II_seminario_y_taller_iberamericano_sobre_vivienda_rural_y_calidad_de_vida_en_los_asentamientos_rurales_con_sede_en_la_ciudad_de_San_Luis_Potosi_noviembre_del_año_2000_editores_Jorge_Gonzalez).

Jiménez Torres, T. (2008). Estrategias de diseño para brindar confort térmico en vivienda en la ciudad de Loja. Universidad Técnica Particular de Loja. Recuperado de:

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1071/3/728X108.pdf>.

Lance, G. (2000-2001a). Why housing matters. *Rural Voices*, 6(1), 2-3. Recuperado de:

<http://www.ruralhome.org/sct-information/rural-voices>.

Lance, G. (2000-2001b). Why housing matters to children's well-being. *Rural Voices*, 6(1), 4-5.

Recuperado de:

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/181515/CWRC-00108-2012.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/181515/CWRC-00108-2012.pdf).

Leiva Paladines, X. C. (2017). Estrategias de diseño solar pasivo para brindar confort térmico en viviendas de la ciudad de Loja, sector Amable María. Proyecto de grado Universidad Internacional del Ecuador sede – Loja Facultad de Arquitectura y Diseño CIPARQ. Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2320/1/T-UIDE-0683.pdf>.

Pita. M. F. (s.f). Clima, arquitectura y urbanismo: La consecución del confort desde la arquitectura bioclimática. Recuperado de: <http://titulaciongeografia-sevilla.es/contenidos/profesores/materiales/archivos/2012-06-07temasietesoc.pdf>.

Sánchez Quintanar, C., Jiménez Rosas, E. O. (2010). La vivienda rural. Su complejidad y estudio desde diversas disciplinas. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n30/n30a10.pdf>.

Susunaga Monroy, J. M. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Proyecto de Especialización en Gerencia de Obras. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá: Colombia.