

**Propuesta de estrategias pasivas en vivienda rural de clima
frío húmedo: estudio de caso en la vereda San Antonio, municipio de Ospina.**

Adriana Sofía Ruiz Salazar

Nota del autor

El presente trabajo de grado tiene como propósito cumplir el requisito para optar al título de pregrado como arquitecto en la Universidad CESMAG. Esta obra no puede ser reproducida totalmente o parcialmente por ningún medio mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, digital, fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la Universidad CESMAG o su autor.

La correspondencia referente a este trabajo de grado debe dirigirse al Programa de Arquitectura de la Universidad CESMAG. Correo electrónico: arquitectura@unicesmag.edu.co

**Propuesta de estrategias pasivas en vivienda rural de clima
frío húmedo: estudio de caso en la vereda San Antonio, municipio de Ospina.**

Adriana Sofía Ruiz Salazar

**Programa de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Bellas Artes, Universidad
CESMAG**

Asesor: Arq. Mario Andrés Calvachi Morillo

17 de febrero de 2025

El pensamiento que se expresa
en esta obra es de exclusiva
responsabilidad del autor
y no compromete la ideología
de la Universidad CESMAG.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 17 de febrero de 2025

Dedicatoria

“Tiene que haber algo muy especial acerca de los límites del universo. ¿Y qué es más especial que el hecho de que no haya límites? Y no debe haber límites en el empeño humano. Todos somos diferentes. No importa lo difícil que pueda parecer la vida. Siempre hay algo que puedes hacer y tener éxito. Mientras haya vida, habrá esperanza.”

- EDDIE REDMAYNE - Stephen Hawking.

Agradecimientos

Al concluir este proyecto, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes me han impulsado a cuestionar lo convencional, a trazar nuevas rutas en el espacio arquitectónico y a soñar con un futuro distinto. Este trabajo no es un cierre, sino un punto de partida. Un paso hacia la intervención de espacios que no solo sean funcionales, sino que despierten emociones, y que, sobre todo, imaginen un futuro más incorporado con la naturaleza.

Primero, a mis padres, Lilian Salazar Pantoja y Yovany Ruiz Salazar, que desde el principio me inculcaron el valor del conocimiento, la perseverancia y la libertad de pensamiento. A ustedes les debo mi curiosidad infinita y la capacidad de mirar el mundo con otros ojos, los de una soñadora que se aventura más allá de lo evidente.

A mi familia, les agradezco por su apoyo constante. En cada conversación, en cada gesto de aliento, encontré el espacio para seguir adelante, para seguir explorando nuevas visiones, siempre con la certeza de que tenía un lugar al que regresar. A ustedes les debo parte de la fortaleza con la que he enfrentado los retos de la vida.

A mis profesores, Mario Germán Martínez, Ana María González, Armando José Quijano, Ana Bolena Rivera, Ana Matilde Vicuña, Juan Carlos Gallego, Mario Andrés Calvachi, quienes desafiaron mi imaginación y me alentaron a ver más allá de las formas tradicionales, les agradezco por creer en mi capacidad para transformar el espacio. Gracias por su exigencia, por enseñarme que la arquitectura no es solo construir, sino un lenguaje para comunicar nuevas formas de habitar el mundo. Gracias por su paciencia, por sus consejos, por su crítica constructiva y su aliento en los momentos de duda. Este trabajo es en parte suyo, porque cada palabra, lleva un pedazo de lo que ustedes me enseñaron. No hay mayor regalo que compartir el conocimiento y ustedes me lo dieron con generosidad.

Y finalmente, a la vida misma, que, ha sido la maestra más exigente y a la vez más sabia. Sin ella, sin sus lecciones duras y sus destellos de belleza, este trabajo no tendría alma.

Tabla de Contenido

Introducción	18
Aspectos generales del trabajo de grado	19
Objeto o tema de investigación	19
Contextualización	20
Macrocontexto	20
Microcontexto	20
Problema de investigación	21
Planteamiento del problema	21
Formulación del problema	22
Justificación	22
Objetivos	26
Objetivo general	26
Objetivos específicos	26
Área de investigación	26
Línea de investigación	26
Antecedentes	27
Estado del arte	30
Marco teórico	32
Variables de la investigación	37
Hipótesis de investigación	38
Metodología	38
Paradigma	38
Enfoque	38
Método	39
Población	39
Muestra	40
Tipo de investigación	40
Diseño de investigación	40
Técnicas de recolección de la información	41
Instrumentos de recolección de la información	41

Procesamiento de información	41
Identificación de condiciones climáticas y ambientales de la vereda San Antonio con la finalidad de determinar la relación de los factores ambientales con el confort térmico de la vivienda tradicional rural	42
Análisis de datos de las condiciones ambientales en la vereda San Antonio en el último año: datos obtenidos de IDEAM entre los años 2019 y 2023	42
Humedad relativa	44
Temperatura	45
Protocolo de captura de variables ambientales	47
Temperatura	47
Humedad relativa	48
Rangos de confort térmico según el diagrama de Givoni en las viviendas de estudio	50
Factores que afectan el confort térmico	51
Viviendas seleccionadas para el estudio	51
Análisis de la trayectoria solar respecto a las viviendas estudiadas	59
Propiedades físicas de los materiales prevalentes sobre los sectores de estudio	64
Cálculo de entalpía de los materiales existentes en las viviendas estudiadas	66
Análisis de las variables climáticas locales, para identificar la vulnerabilidad de temperatura presente y confort térmico a lograr	68
Registro de variables dentro de la vivienda	68
Análisis de distribución estadística de datos climáticos como temperatura y humedad relativa mediante la campana de Gauss	70
Análisis de datos climáticos obtenidos de temperatura y humedad relativa mediante la carta psicrométrica	87
Determinación de estrategias bioclimáticas pasivas existentes para clima frío - húmedo, las cuales deben ser aptas para las viviendas estudiadas	92
Importancia de la hermeticidad: análisis de cómo la hermeticidad contribuye a la eficiencia energética y al confort térmico en viviendas rurales	97
Estándares Passivhaus y EnerPHit	97

Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE): implementación de SATE en viviendas rurales para mejorar la eficiencia térmica y reducir la pérdida de energía	99
Propuestas de intervención seleccionadas	100
Muro trombe	100
Termo - techo	101
Invernadero bioclimático	101
Ventana bioclimática	102
Panel aislante de fibra de madera	102
Propuesta de soluciones de intervención para verificar el cumplimiento del aporte realizado al rango de confort y validación de los datos a través de simulaciones y cálculo de datos numéricos	104
Análisis de asoleamiento	104
Intervenciones en muros y fachadas identificadas	104
Simulación constructiva en cada vivienda	108
Ganancias de calor en el interior	114
Eficiencia de la aplicación de hermeticidad a través del uso de corrientes de aire: Uso sobre simulaciones a través de FlowIllustrator	120
Conclusiones	124
Recomendaciones	125
Referencias	126
Anexos	128

Lista de figuras

Figura 1. Contextualización (División territorial del municipio de Ospina Nariño)	20
Figura 2. Contextualización (División territorial del municipio de Ospina Nariño)	21
Figura 3. Gráfico psicrométrico de Givoni	35
Figura 4. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio	43
Figura 5. Humedad relativa máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre 2014 - 2023	45
Figura 6. Temperatura máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre 2014 - 2023	46
Figura 7. Temperatura máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre el año 2023	49
Figura 8. Humedad relativa máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre el año 2023	49
Figura 9. Localización de viviendas de estudio	53
Figura 10. Localización de viviendas de estudio	54
Figura 11. Primera vivienda seleccionada para el estudio	55
Figura 12. Segunda vivienda seleccionada para el estudio	56
Figura 13. Tercera vivienda seleccionada para el estudio	57
Figura 14. Cuarta vivienda seleccionada para el estudio	58
Figura 15. Trayectoria solar primera vivienda	60
Figura 16. Trayectoria solar segunda vivienda	61
Figura 17. Trayectoria solar tercera vivienda	62
Figura 18. Trayectoria solar cuarta vivienda	63
Figura 19. Propiedades físicas de los materiales	65
Figura 20. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	71
Figura 21. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	72
Figura 22. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	73
Figura 23. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	74
Figura 24. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	75
Figura 25. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	76
Figura 26. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	77
Figura 27. Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda	78

Figura 28. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	79
Figura 29. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	80
Figura 30. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	81
Figura 31. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	82
Figura 32. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	83
Figura 33. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	84
Figura 34. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	85
Figura 35. Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort	86
Figura 36. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica	88
Figura 37. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica	89
Figura 38. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica	90
Figura 39. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica	91
Figura 40. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni	93
Figura 41. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni	94
Figura 42. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni	95
Figura 43. Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni	96

Figura 44. Soluciones constructivas	103
Figura 45. Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, vivienda 1	105
Figura 46: Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, vivienda 2	106
Figura 47: Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, vivienda 3	106
Figura 48: Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, vivienda 4	107
Figura 49. Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 1	109
Figura 50. Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 2	110
Figura 51. Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 3	111
Figura 52. Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 3	112
Figura 53. Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 4	113
Figura 54. Gráfica de aporte de temperatura	115
Figura 55. Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 1	116
Figura 56. Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 2	117
Figura 57. Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 3	118
Figura 58. Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 4	119
Figura 59. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 1	120
Figura 60. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 1	121
Figura 61. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 2	121
Figura 62. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 2	121
Figura 63. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 3	122
Figura 64. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 3	122
Figura 65. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 4	122
Figura 66. Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 4	123

Lista de tablas

Tabla 1. Datos correspondientes a rangos promedio de humedad y temperatura	50
Tabla 2. Datos correspondientes a el cálculo de entalpía en las viviendas estudiadas	67
Tabla 3. Certificación EnerPHit en base a los requisitos de componentes individuales del edificio	98
Tabla 4. Análisis de asoleamiento	107

Lista de anexos

Anexo A. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 1	128
Anexo B. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 1	129
Anexo C. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 2	130
Anexo D. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3	131
Anexo E. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3	132
Anexo F. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3	133
Anexo G. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 4	134
Anexo H. Mediciones de temperatura y humedad vivienda 4	135
Anexo I. Póster síntesis del trabajo de grado	136
Anexo J. Póster síntesis del trabajo de grado	137
Anexo K. Póster síntesis del trabajo de grado	138
Anexo L. Póster síntesis del trabajo de grado	149
Anexo M. Póster síntesis del trabajo de grado	140
Anexo N. Informe de solución constructiva vivienda 1	141
Anexo O. Informe de solución constructiva vivienda 2	141
Anexo P. Informe de solución constructiva vivienda 3	142
Anexo Q. Informe de solución constructiva vivienda 3	142
Anexo R. Informe de solución constructiva vivienda 4	143
Anexo S. Artículo científico	143

Resumen

El presente trabajo de investigación, está enfocado a la aplicación de estrategias bioclimáticas a las viviendas rurales tradicionales de la vereda San Antonio, Ospina Nariño. La finalidad de este trabajo de grado, es contribuir a la solución de las dificultades que enfrentan las residencias rurales, las cuales implican la amplitud térmica, el impacto directo de los vientos locales en la vivienda y la falta hermeticidad en las mismas.

Para abordar esta problemática, se identificaron las condiciones climáticas y ambientales de la región, analizando variables como temperatura, humedad y orientación solar. Posteriormente, se seleccionaron estrategias pasivas como el uso de ventanas bioclimáticas, muros Trombe, invernaderos bioclimáticos y el uso de termo - techos. Estas soluciones aprovechan recursos naturales como la radiación solar y el viento para optimizar el rendimiento energético de las viviendas y minimizar el impacto ambiental.

Basándose en el paradigma del positivismo, el estudio tiene como objetivo adquirir conocimiento científico empírico a través de la observación y medición de datos específicos, del mismo modo, de acuerdo con el paradigma de la investigación, la misma presenta un enfoque cuantitativo debido a que esta se basa en la recolección de datos específicos, principalmente mediciones de temperatura y humedad relativa que tienen en cuenta las condiciones climáticas internas y externas para proporcionar soluciones objetivas. La metodología incluye el análisis de las condiciones climáticas, así como la identificación de las necesidades y requerimientos de los usuarios, considerando aspectos ambientales.

La efectividad de las estrategias bioclimáticas pasivas se evalúa a través de métodos que incluyen el aprovechamiento de la radiación solar, la ventilación natural y la utilización de materiales óptimos. Para concluir, esta investigación destaca la eficacia de las estrategias pasivas al mejorar el confort térmico y reducir la dependencia de sistemas de calefacción activos. Además, se ofrece un modelo replicable en otras comunidades rurales con condiciones similares. Este trabajo contribuye al desarrollo de propuestas que integran el entorno natural y la intervención bioclimática, promoviendo un diseño más eficiente y respetuoso con el entorno, mientras mejora las condiciones de vida de los usuarios.

Palabras clave: Estrategias bioclimáticas pasivas, balance energético, análisis de temperatura y humedad.

Abstract

This research is focused on the application of bioclimatic strategies to traditional rural homes in the San Antonio area, Ospina Nariño.

The purpose of this thesis is to contribute to the solution of the difficulties faced by rural homes, which involve thermal amplitude, the direct impact of local winds on the home and the lack of airtightness in them.

To address this problem, the climatic and environmental conditions of the region were identified, analyzing variables such as temperature, humidity and solar orientation. Subsequently, passive strategies were selected such as the use of bioclimatic windows, Trombe walls, bioclimatic greenhouses and the use of thermo-roofs. These solutions take advantage of natural resources such as solar radiation and wind to optimize the energy performance of homes and minimize environmental impact.

Based on the positivism paradigm, the study aims to acquire empirical scientific knowledge through the observation and measurement of specific data. Likewise, according to the research paradigm, the study presents a quantitative approach because it is based on the collection of specific data, mainly temperature and relative humidity measurements that take into account internal and external climatic conditions to provide objective solutions. The methodology includes the analysis of climatic conditions, as well as the identification of the needs and requirements of users, considering environmental aspects.

The effectiveness of passive bioclimatic strategies is evaluated through methods that include the use of solar radiation, natural ventilation and the use of optimal materials. To conclude, this research highlights the effectiveness of passive strategies in improving thermal comfort and reducing dependence on active heating systems. In addition, a replicable model is offered in other rural communities with similar conditions. This work contributes to the development of proposals that integrate the natural environment and bioclimatic intervention, promoting a more efficient and environmentally friendly design, while improving the living conditions of users.

Keywords: Passive bioclimatic strategies, energy balance, temperature and humidity analysis.

Introducción

La arquitectura bioclimática se define como un enfoque del diseño arquitectónico que integra de manera armónica las condiciones climáticas y los recursos naturales del entorno con el propósito de crear espacios habitables, confortables y sostenibles. Este enfoque prioriza el uso eficiente de la energía y la reducción del impacto ambiental a través de estrategias pasivas que aprovechan elementos como la orientación solar, la ventilación natural y las propiedades térmicas de los materiales. La presente investigación se encamina en la aplicación de estrategias bioclimáticas a las viviendas rurales de la vereda San Antonio, Ospina Nariño. Esta investigación expone una relevancia especial en la actualidad, en la zona de Ospina Nariño, donde las condiciones geográficas y climáticas presentan desafíos específicos para la adaptación de viviendas adecuadas y resistentes.

El objetivo fundamental de esta investigación es contribuir a la solución de las dificultades que enfrentan las residencias rurales. Se busca proporcionar alternativas bioclimáticas que permitan la adaptación de estas viviendas, las cuales suelen ser inestables e incómodas para sus usuarios. Para abordar esta problemática, se aplicarán principios de estrategias pasivas, que promueven el desarrollo de viviendas con un mayor confort térmico. En el proceso de investigación, se evalúa la efectividad de diversas estrategias bioclimáticas, incluyendo el aprovechamiento de la radiación solar, la ventilación natural y el uso de materiales térmicos. El objetivo es proponer estrategias pasivas específicas, que utilicen materiales locales y se adapten a las condiciones frías de la región. Estas propuestas considerarán aspectos cruciales como el tamaño de la vivienda, la distribución de los espacios, la integración de áreas de trabajo y la funcionalidad de la vivienda en el contexto rural de Ospina Nariño.

La metodología empleada implica un análisis detallado de las condiciones climáticas locales, incluyendo la temperatura, corrientes y dirección de vientos, humedad relativa, topografía y vegetación, entre otros factores relevantes. Además, se identifican las necesidades y requerimientos específicos de los usuarios. Las estrategias bioclimáticas seleccionadas se orientan a mejorar el confort térmico de las viviendas, aprovechando al máximo los aspectos beneficiosos del entorno.

La investigación no solo aborda el problema del confort térmico en las viviendas rurales, sino que también ofrece un marco teórico y práctico que puede ser replicado en otros contextos rurales con características similares. Esto permite extender los beneficios de la arquitectura bioclimática a una amplia gama de comunidades y mejorar significativamente su calidad de vida.

Aspectos generales del trabajo de grado

Objeto de investigación

El objeto de esta investigación, es la vivienda rural tradicional, de la vereda San Antonio, el comportamiento térmico de estas construcciones, presenta una importancia significativa en la actualidad. Es esencial realizar un análisis de la situación actual de las viviendas en esta región, considerando aspectos importantes como las propiedades de los materiales utilizados, su adaptabilidad a las condiciones climáticas y topográficas locales.

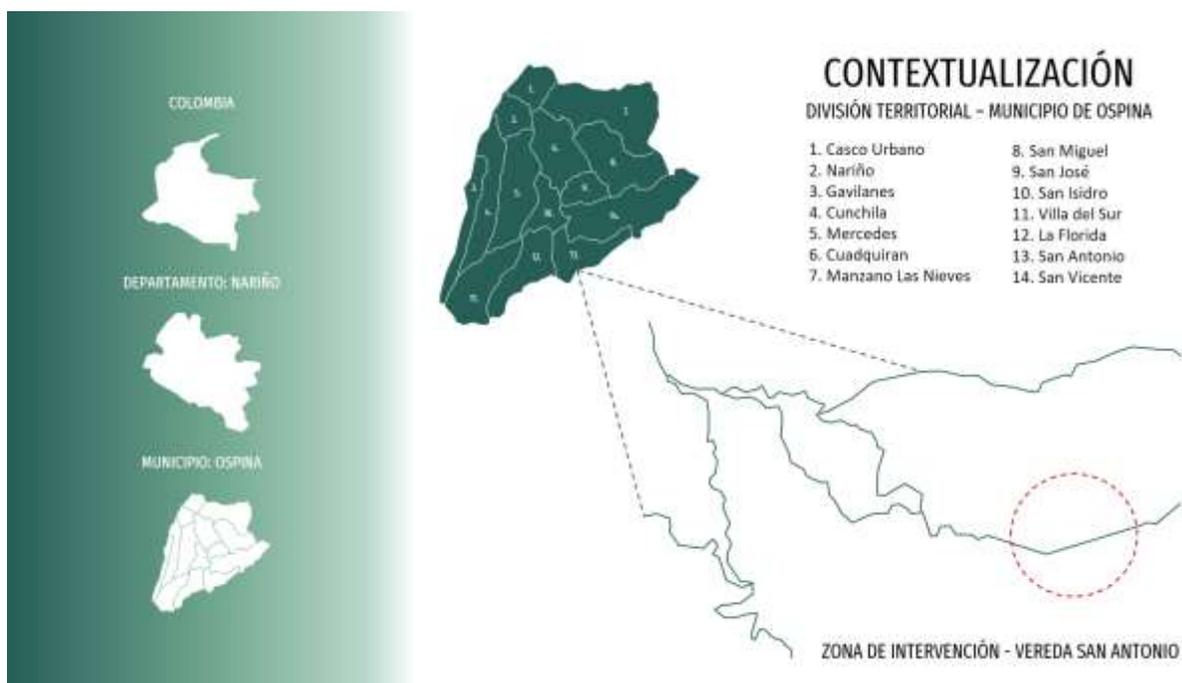
Además, es imperativo proponer alternativas bioclimáticas que se ajusten a las necesidades espaciales de la población, integrando de manera armoniosa el entorno natural con la residencia rural, todo ello mientras se garantizan condiciones de vida dignas. En este contexto, la implementación de estrategias pasivas se presenta como una solución fundamental, permitiendo que la vivienda tradicional se convierta en un espacio confortable y respetuoso con su entorno.

Contextualización

El trabajo de investigación es llevado a cabo en la zona rural del municipio de Ospina Nariño, específicamente en la vereda San Antonio. Es un sitio de intervención adecuado para la implementación de estrategias pasivas dentro de la vivienda rural debido a su condición topográfica y climática. La aplicación de dichas estrategias en esta región busca mejorar la calidad de vida de la población, promover el desarrollo consiente de la construcción y preservar el medio ambiente.

Figura 1

Contextualización (División territorial del municipio de Ospina Nariño)



Nota. Fuente: Autoría propia.

Macrocontexto

La vereda San Antonio en el municipio de Ospina, al sur del departamento de Nariño. con coordenadas 1.0258367455852317, -77.5395492114549, cuenta con una extensión total de 5 km² aproximadamente y está ubicada a 11 kilómetros de distancia del casco urbano de Ospina.

Es una zona de gran importancia, donde se debe tener en cuenta el impacto antropogénico de las edificaciones y la necesidad de construir de manera eficiente para preservar el medio ambiente.

Microcontexto

La vereda San Antonio cuenta con una vía importante dentro de la cual se ubican las viviendas que serán estudiadas, esta zona cuenta con una expansión de 1.61km y con coordenadas: 1.008964 – 77.544591. Es una zona de gran importancia ambiental, donde se debe tener en cuenta el impacto antropogénico de las edificaciones y la necesidad de construir de manera eficiente para preservar el medio ambiente, teniendo en cuenta que en esta región se ha desarrollado una arquitectura empírica tradicional, la cual se caracteriza por el uso de materiales locales, técnicas de construcción antiguas y diseños que se adaptan a las condiciones climáticas y geográficas.

Figura 2

Contextualización (División territorial del municipio de Ospina Nariño)



Nota. Fuente: Planimetría obtenida de Google Maps.

Problema de investigación

Debido a las condiciones geográficas y climáticas específicas de la zona, las viviendas rurales enfrentan desafíos en cuanto a la regulación térmica, lo que resulta en ambientes interiores incómodos e inestables para sus habitantes. Esto puede afectar negativamente la calidad de vida de las personas, su salud y bienestar, así como su productividad en las actividades diarias. Por lo tanto, es necesario investigar y proponer estrategias pasivas que permitan mitigar los problemas de confort térmico en estas viviendas, buscando soluciones arquitectónicas sostenibles y adaptadas a las necesidades de los usuarios en la zona fría de Ospina, Nariño.

Planteamiento del problema

Las condiciones climáticas en San Antonio, caracterizadas por temperaturas extremas, alta radiación solar y variaciones estacionales marcadas, plantean un reto importante en términos de intervención de viviendas que sean capaces de proporcionar un adecuado confort térmico a sus habitantes. A pesar de la necesidad evidente de abordar este problema, hasta la fecha, no se han realizado investigaciones que propongan estrategias específicas de diseño bioclimático

para las viviendas campesinas en esta región. Los habitantes de San Antonio enfrentan diariamente dichas condiciones, las cuales afectan directamente su calidad de vida. Estas condiciones, agravadas por la falta de soluciones adecuadas, generan malestar continuo en las familias, quienes manifiestan la necesidad urgente de viviendas que brinden un confort térmico adecuado.

La comunidad ha expresado de manera recurrente que las viviendas actuales no son capaces de protegerlos de las temperaturas extremas ni de las fluctuaciones climáticas, obligándolos a recurrir a métodos improvisados e ineficaces para mitigar el impacto del clima.

La falta de soluciones adaptadas a las necesidades y características de las comunidades locales ha agravado esta problemática, lo que hace urgente encontrar alternativas que permitan mejorar el confort térmico en estas construcciones. Y proponer soluciones adecuadas a las necesidades espaciales de la población.

Formulación del problema

En este contexto, surge la necesidad de investigar y proponer estrategias pasivas de diseño arquitectónico que permitan mitigar los problemas de confort térmico en las viviendas campesinas de San Antonio, Ospina Nariño. Estas estrategias deben ser adecuadas para las condiciones climáticas locales y económicamente viables para las comunidades campesinas.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo principal abordar la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué estrategias pasivas bioclimáticas se necesitan para lograr el confort térmico para la vivienda rural tradicional en un clima frío, húmedo en la vereda de San Antonio?

Responder a esta pregunta es esencial para promover un desarrollo sostenible en las zonas rurales, preservar el patrimonio cultural y mejorar las condiciones de vida de las comunidades campesinas en San Antonio. Además, esta investigación contribuye al conocimiento general en el campo de la arquitectura bioclimática y su aplicabilidad en contextos similares de clima frío.

Justificación

Inicialmente, este estudio tiene como punto de partida, la implementación de estrategias bioclimáticas en la vivienda, debido a que busca tener un impacto significativo en la calidad del aire interior y la comodidad térmica de los ocupantes. Por ejemplo, la orientación del edificio, la elección de materiales de construcción adecuados, la ventilación natural, el aprovechamiento de la iluminación natural y la implementación de sistemas de energía renovable, son algunas de las estrategias bioclimáticas que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento energético de la vivienda y reducir su impacto ambiental. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, el desarrollo

de este estudio se fundamenta en base a los criterios que respaldan el potencial de la presente investigación.

Esta investigación es relevante y necesaria en el entorno rural, específicamente en la vereda San Antonio, ubicado en el municipio de Ospina Nariño. En primer lugar, la arquitectura bioclimática es una disciplina que se encuentra en evolución, y existen nuevas técnicas y estrategias que se desarrollan constantemente. Por consiguiente, la investigación en este campo busca proporcionar nuevas perspectivas y soluciones innovadoras para el diseño y construcción de viviendas rurales en esta región. Del mismo modo, este territorio presenta características climáticas y geográficas específicas respecto a la ubicación de las viviendas existentes, lo que permite que la implementación de técnicas y estrategias bioclimáticas en las viviendas rurales sea especialmente relevante. Por ejemplo, la región cuenta con alturas variables, temperaturas y humedades relativas específicas, que deben ser considerados en el momento de intervenir en estas construcciones.

Los usuarios de las viviendas a intervenir son los principales beneficiarios, ya que este estudio busca mejorar su confort térmico y reducir su dependencia de sistemas de climatización convencionales, adaptándose a sus necesidades específicas ya las condiciones climáticas descritas anteriormente, por lo tanto, este estudio es conveniente al brindar soluciones prácticas, sostenibles y personalizadas que benefician directamente a los habitantes de San Antonio. Además, establece un modelo replicable en otras comunidades rurales con características similares, promoviendo el bienestar y la sostenibilidad en la región.

La realización de este estudio busca generar influencia en la población que reside en las 52 viviendas (208 personas aproximadamente) de la vereda San Antonio; 3 de ellas son objeto base en esta investigación debido a sus características respecto a material, localización y diseño. Este estudio puede aportar soluciones específicas para adaptar tecnologías pasivas a las viviendas respecto a las condiciones climáticas de la región y posteriormente, mejorar el rendimiento térmico de los hogares.

En general, los beneficios que los habitantes de la región de San Antonio, pueden obtener de esta investigación son significativos y abarcan tanto la mejora en la calidad de vida como en el ahorro en costos de energía a largo plazo. Además, la adaptación de sus hogares a las condiciones climáticas específicas de la región puede resultar en una mayor resiliencia frente a los cambios climáticos presentes en esta zona. De la misma manera, se busca desarrollar estrategias viables y perdurables con una cobertura superior a 30 años, el cual permita ser un punto de referencia para la implementación de políticas y métodos de mitigación en el ámbito de la vivienda. Se pretende transformar este sector de manera positiva, generando un impacto en

la calidad de vida de los habitantes y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de las zonas rurales. Para lograr esto, se plantea promover la utilización de técnicas de calefacción pasiva y mediante un análisis bioclimático, generar una mejoría dentro de la gestión energética.

En este sentido, la investigación busca aplicar el modelo teórico de la arquitectura bioclimática a un contexto específico, lo que permite obtener nuevas perspectivas y soluciones innovadoras para el diseño y construcción de viviendas. Además, se pretende verificar la forma en que las estrategias bioclimáticas se presentan en la realidad, a través de su implementación en viviendas rurales específicas. Dentro del contexto de la temática planteada, se realiza la siguiente hipótesis: El análisis bioclimático permite identificar las estrategias bioclimáticas más adecuadas para cada vivienda rural en función de las características climáticas y geográficas de la región. Con lo anterior, se espera reafirmar la validez de la arquitectura bioclimática como una disciplina que puede generar soluciones adaptadas a las condiciones climáticas específicas de una región.

Existen diferentes técnicas que se pueden utilizar para realizar este estudio donde se tienen en cuenta la disponibilidad de recursos y datos. A continuación, se presentan los aspectos a tener en cuenta dentro de la metodología para el desarrollo de la investigación. Investigación documental: Este método implica la revisión de bibliografía científica existente sobre arquitectura rural y bioclimática.

La revisión de esta información pretende recopilar datos relevantes y actualizados sobre las mejores prácticas, técnicas y estrategias bioclimáticas que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento térmico de las viviendas en la región.

Trabajo de campo: Se refiere a la recopilación de datos primarios a través de observaciones y mediciones haciendo uso de un termohigrómetro que permite realizar mediciones de temperatura y humedad relativa en las edificaciones existentes en la zona de intervención. El estudio permite obtener información detallada sobre las condiciones climáticas, características arquitectónicas de las viviendas y el comportamiento de los habitantes en relación con el uso de la energía y otros factores relevantes.

Experimentación y simulación: Se refiere a la realización de pruebas en el campo de estudio y simulaciones digitales, lo que facilita la evaluación del rendimiento a partir de diferentes técnicas y estrategias bioclimáticas en el área de intervención. A su vez, este método brinda información precisa sobre los efectos de diferentes soluciones en el rendimiento térmico de las viviendas. El diseño y modelado permite predecir el rendimiento de las soluciones antes de su implementación en la práctica.

Esta investigación tiene implicaciones prácticas importantes en la solución de problemas concretos en el diseño y construcción de viviendas. A su vez, esto permite ayudar a resolver el problema de la baja calidad en la temperatura del aire interior y la falta de comodidad térmica de los ocupantes. Además, el uso de estrategias bioclimáticas tiene implicaciones trascendentales en una amplia gama de problemas prácticos relacionados con el rendimiento energético de la vivienda y la reducción del impacto ambiental. El resultado de la investigación busca ser una respuesta y/o solución a problemas concretos de tipo tecnológicos, permitiendo mejorar la situación actual en el ámbito de la vivienda rural. En este sentido, la implementación de técnicas de calefacción pasiva y el análisis bioclimático ayudan a generar soluciones específicas y adaptadas a las condiciones climáticas de la región.

La investigación propuesta en el proyecto arquitectónico es de gran interés para la comunidad, el municipio, la sociedad colombiana y el mundo, ya que busca mejorar la calidad del aire interior y la comodidad térmica en las viviendas rurales, a través de estrategias bioclimáticas. Esto puede tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de los ocupantes, así como en la reducción del impacto ambiental de la construcción y el uso de energía. Teniendo en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU, en la búsqueda de lograr una conectividad entre ciudades y asentamientos humanos donde sean inclusivos, seguros, resiliente y sostenibles en América latina y el caribe, esta investigación permite generar estrategias aptas para el desarrollo de las mismas dentro del área de intervención y a su vez, brindar un punto de referencia para su aplicación en otras regiones.

Este proyecto de carácter investigativo, se ubica en la vanguardia del conocimiento en el ámbito de la construcción sostenible y la eficiencia energética en viviendas rurales. La utilización de estrategias bioclimáticas en el diseño y construcción de viviendas rurales es un campo de investigación emergente que busca mejorar la calidad de vida de los habitantes y contribuir a la sostenibilidad ambiental en las zonas rurales.

La importancia de esta investigación radica en la implementación de estrategias bioclimáticas en un contexto específico como lo es el diseño y construcción de residencias. Además, la investigación busca producir innovaciones y cambios relevantes en el tema objeto de estudio, ya que se propone implementar soluciones sostenibles y eficientes que mejoren la calidad del aire interior y la comodidad térmica de los ocupantes de las edificaciones. Por lo tanto, el potencial de esta investigación radica en su capacidad de generar conocimiento relevante y aplicable en el campo de la construcción sostenible y la eficiencia energética en viviendas.

Objetivos

Objetivo general

Formular estrategias pasivas para mejorar el confort térmico en la vivienda rural en un clima frío húmedo, tomando como caso de estudio las viviendas de San Antonio, Ospina.

Objetivos específicos

- Identificar condiciones climáticas y ambientales de la vereda San Antonio con la finalidad de determinar la relación de los factores ambientales con el confort térmico de la vivienda tradicional rural.
- Analizar las variables climáticas locales, para identificar la vulnerabilidad de temperatura presente y confort térmico a lograr.
- Determinar las estrategias bioclimáticas pasivas existentes para clima frío - húmedo, las cuales deben ser aptas para las viviendas estudiadas.
- Proponer soluciones de intervención para verificar el cumplimiento del aporte realizado al rango de confort y validar los datos a través de simulaciones y cálculo de datos numéricos.

Área de investigación

Este trabajo de grado se encamina al área de “Medio ambiente”, ya que se enfoca en la implementación de estrategias bioclimáticas en viviendas para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes y reducir su impacto ambiental mediante la propuesta de soluciones constructivas, pues se enfoca en el estudio de variables ambientales y climáticas rurales. La investigación se centró específicamente en la intervención de las viviendas objeto de estudio. Se analizan los problemas asociados y sus causas con el objetivo de proponer estrategias de mitigación que mejoren la confortabilidad de las edificaciones. Este enfoque se alinea con los objetivos del Proyecto Educativo del Programa de Arquitectura, que busca promover la investigación en temas relacionados con la sostenibilidad y el impacto ambiental en la construcción.

Línea de investigación

El presente trabajo de investigación se enfoca en la línea de “Ciudad, paisaje y territorio” al analizar componentes ambientales temperatura, humedad relativa, espacio público, y propuestas de estrategias pasivas. debido a que se busca implementar estrategias bioclimáticas en las viviendas con el fin de mitigar los efectos de las condiciones climáticas y mejorar el rendimiento energético de las edificaciones.

Además, al utilizar herramientas tecnológicas como simulaciones computacionales y mediciones en la zona, este estudio también demuestra la importancia del uso de la tecnología en el proceso de edificaciones sostenibles y eficientes.

Antecedentes

Inicialmente, dentro de este trabajo de investigación, se puede decir que la arquitectura bioclimática, entendida como la forma de proyectar y construir edificios sostenibles y eficientes energéticamente a partir de la correcta adaptación al clima y al entorno, se considera una vuelta a las raíces de la arquitectura popular. De acuerdo con Piñeiro Lago (2015), en su trabajo de grado titulado: La arquitectura bioclimática, consecuencias en el lenguaje arquitectónico, la arquitectura ha estado vinculada al lugar y al uso de materiales locales desde la cabaña primitiva y a lo largo de las épocas y las diferentes corrientes arquitectónicas. Sin embargo, en algún momento se produjo un desvío de estas directrices que llevó al extremo de la insostenibilidad actual. En este orden de ideas, se plantea la pregunta de cuándo se produjo ese desvío y cómo se ha retomado el enfoque bioclimático en la arquitectura actual, lo que sugiere un interés por explorar los antecedentes históricos y el desarrollo evolutivo de la arquitectura bioclimática.

Este tema se prolonga hasta la revolución industrial donde se empezó a producir un desvío en las directrices tradicionales y se comenzó a utilizar materiales como el hierro, el vidrio, el acero y el hormigón. Estos nuevos materiales permitieron una nueva expresividad y un lenguaje arquitectónico distinto al de la piedra y la madera. Además, el uso de elementos prefabricados aceleró el ritmo de construcción, provocando un crecimiento exponencial de las ciudades. Los interiores se inundan de luz y los edificios crecen en altura, dando lugar al Modernismo y el Art Nouveau.

En este contexto, a principios del siglo XX, surge el hormigón armado como nuevo material de construcción y con él, una variedad de posibilidades formales que dieron lugar a movimientos como el Cubismo, Futurismo, Expresionismo, Neoplasticismo y Racionalismo. Todo ello, junto al Movimiento Moderno y los cinco puntos de Le Corbusier, marcaron el inicio de una nueva etapa en la arquitectura, que busca retomar las directrices de la arquitectura bioclimática, y adaptarlas a los nuevos materiales y necesidades de la sociedad actual: “El periodo internacionalista de la arquitectura moderna, en realidad no fue más que una expresión concreta de la modernidad acaecida principalmente en el contexto de Centro Europa durante el periodo entreguerras. En su anhelo de una arquitectura democrática, racional y de calidad se aproximaron a la optimización industrial, promulgando una arquitectura en serie. La normalización de los aspectos antropométricos, higrotérmicos y sociales del habitante universalizó los criterios modernos ante cualquier usuario y lugar. En definitiva, en los años veinte los arquitectos de las vanguardias trataban de construir una verdadera “máquina de habitar”, capaz de responder por medio de la técnica moderna ante el ser humano y la naturaleza. Le Corbusier, uno de los principales ideólogos de esas vanguardias, desarrolló un marco conceptual

en el que la técnica era el soporte de los “cinco puntos para una nueva arquitectura”, reflejándose en dos soluciones: el sistema Domino como mecanismo estructural y la “Respiración exacta” como sistema de climatización. La suma de ambos le permitió elaborar una versión conceptualmente verosímil hasta el momento de la arquitectura internacional en los “Grandes trabajos” de final de la década” (Requena, 2016, p. 2).

Posiblemente de manera inconsciente, pero con un impacto significativo, se introdujo en el Movimiento Moderno uno de los elementos más distintivos de la arquitectura bioclimática: la cubierta ajardinada y posteriormente, el parasol. A medida que las ciudades seguían creciendo desenfrenadamente, nuevos bloques de viviendas surgieron en proximidad cada vez mayor, y la contaminación volvió a empeorar la calidad de vida en las ciudades.

En el año 1933 se llevó a cabo el IV Congreso del CIAM, en el cual se creó la Carta de Atenas, que ya a principios del siglo XX abogaba por la necesidad de un cambio en la insostenible trayectoria de las nuevas ciudades. Esto hizo que se empezaran a considerar cuestiones como los espacios verdes, las calles anchas y otras medidas que mejoraran las condiciones de vida de los habitantes, pero aún quedaba pendiente abordar el diseño insostenible de cada edificio a nivel particular.

Un momento clave en el rumbo de la arquitectura fue la crisis del petróleo de 1973, que hizo que el precio del crudo se disparara y se tomara conciencia de la importancia del ahorro energético. Sin embargo, mucho antes, en la década de 1960, algunos arquitectos ya comenzaban a cuestionar el despilfarro energético y a buscar alternativas más sostenibles. Uno de estos pioneros fue el arquitecto húngaro Víctor Olgyay, quien en 1963 publicó su obra "Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism", en la que planteó la idea de adaptar los edificios a las necesidades de sus habitantes y a las condiciones climáticas de su entorno. Este fue uno de los primeros trabajos en abordar el tema de la arquitectura bioclimática y sentó las bases de lo que se convertiría en un enfoque cada vez más importante en la arquitectura sostenible.

En 1967 la Fundación Rockefeller le financió a Olgyay un año sabático como profesor visitante en la Facultad de Arquitectura de la Universidad del Valle en Cali (Colombia), donde llevó adelante una gran investigación proyectual. Los primeros contactos comenzaron con la visita del decano Jaime Coronel Arroyo a Princeton y surgió la invitación de esa estadía para satisfacer la doble función de educar arquitectos y avanzar en conocimientos y de entrelazar docencia con investigación. En el libro se sintetiza el Método Bioclimático de Diseño, en la parte 2 las Consideraciones para Colombia y en la parte 3 la Interpretación arquitectónica. Esta parte final contiene proyectos de ejemplo realizados para Bogotá, Cali, Buenaventura, Guapi e Ipiales.

Del mismo modo, en 1969, el arquitecto Baruch Givoni, de origen israelí, publica su obra "Building Bioclimatic Chart", conocida como los "Climogramas de Givoni", que superan las publicaciones de Olgyay en 1963 y todavía son utilizados por la mayoría de los arquitectos bioclimáticos en la actualidad. Esta obra es un hito importante en el desarrollo de la arquitectura bioclimática, ya que ofrece herramientas precisas para el diseño de edificios energéticamente eficientes. Además, en 1970, el arquitecto australiano Glenn Murcutt, premio Pritzker de arquitectura, abre su propio estudio y comienza a diseñar edificios basados en una arquitectura adaptada a las condiciones climáticas de su entorno, con un lenguaje propio.

Esto marca un punto de inflexión en la arquitectura bioclimática, ya que se reconoce la importancia de la adaptación al medio ambiente y se empiezan a desarrollar diseños que aprovechan las condiciones naturales para reducir el consumo energético.

En 1975, Brenda y Robert Vale publicaron "The Autonomous House", un libro sobre la eficiencia energética y la autosuficiencia de la vivienda, y continuaron profundizando en la investigación en toda su carrera profesional. Fueron pioneros en la construcción del primer edificio autónomo en el Reino Unido en 1993 y posteriormente desarrollaron el sistema de clasificación NABERS para medir el impacto ambiental de los edificios existentes.

En los años 80, Alemania comenzó a investigar una nueva técnica para proyectar y construir edificios con un consumo energético casi nulo. En 1988, se formuló el estándar Passivhaus en la Universidad de Lund en Suecia, y dos años después se realizó en Darmstadt, Alemania, el primer proyecto bajo este estándar. En 1984 se tradujo al español el "Método Mazria", una metodología de diseño pasivo del arquitecto Edward Mazria, y en 1987, la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU publicó el Informe Brundtland, que destacaba la necesidad de un cambio global hacia un desarrollo sostenible.

En 1993, los representantes del movimiento High-Tech se dieron cuenta del costoso mantenimiento de sus edificios y su enorme gasto energético, por lo que decidieron darle un nuevo enfoque más respetuoso con el medio ambiente. Así es como Norman Foster, Richard Rogers, Renzo Piano, Thomas Herzog, François Hélène Jourda y Grilles Perroudin se reunieron en Florencia para fundar el grupo READ, naciendo así el movimiento Eco-Tech.

A pesar de los notables avances realizados en el ámbito de la arquitectura bioclimática, el sector de la edificación sigue siendo el responsable del 40% del consumo total de energía. Para hacer frente a este problema, el 19 de mayo del 2010, se creó la Directiva Europea 2010/31/UE, el cual establece que todos los edificios nuevos construidos a partir de 2020 deben ser de consumo energético casi nulo (NZEB), y para los edificios públicos, a partir de 2018. Este

problema energético y de agotamiento de recursos es una problemática actual y relevante que requiere ser abordada y estudiada.

Estado del Arte

La arquitectura bioclimática ha ido evolucionando a lo largo de las últimas décadas gracias a la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas y estrategias que buscan mejorar la eficiencia energética de los edificios y su integración con el entorno. En la actualidad, existe una gran cantidad de documentos y publicaciones que recogen los avances y las nuevas tendencias en arquitectura bioclimática, siendo imprescindible para hacer frente al problema energético y de agotamiento de recursos. En este contexto, resulta interesante analizar los documentos más recientes sobre arquitectura bioclimática y su impacto en el diseño y construcción de edificios sostenibles, tales como los que se darán a conocer a continuación.

Principalmente se debe destacar el trabajo de pregrado realizado por Moreno Quintero y Carreño León (2019), en su trabajo Aplicación de estrategias de diseño para vivienda en zona de asentamiento en subpáramo, el cual se enfoca en el diseño de una tipología de vivienda continua para solucionar los problemas de adaptabilidad térmica y topográfica en los cascos urbanos ubicados en zonas de sub páramo en Colombia, específicamente en el sector de Vetas, Santander.

Para lograrlo, se han aplicado estrategias bioclimáticas y componentes urbanos ambientales, basados en el análisis y la comparación de viviendas vernáculas y contemporáneas en condiciones similares. Además, se ha llevado a cabo un análisis detallado del usuario, la topografía y la manzana tipo, con el objetivo de desarrollar una propuesta que demuestre la efectiva aplicación de estrategias bioclimáticas pasivas y mejore el confort térmico de los habitantes en estas zonas. Este proyecto busca integrar condiciones sociales, económicas y oportunidades del contexto para ser una solución replicable en situaciones similares.

Del mismo modo, González Olarte (2022), realiza su trabajo de grado el cual se basa en el proyecto de diseño de una vivienda bioclimática en el barrio Lagos del Cacique en Bucaramanga que tiene como objetivo principal analizar y aplicar estrategias bioclimáticas pasivas para mejorar tanto el interior como el exterior de una edificación, aprovechando al máximo las características climáticas y reduciendo el consumo de recursos naturales.

Para conseguirlo, se siguieron una serie de pasos que permitieron entender cómo resolver el proyecto desde una perspectiva técnica, formal y funcional. Esto implicó la recolección de referencias tipológicas para el diseño y el análisis de las mismas, buscando la mejor manera de adaptarlas al contexto climático específico de la zona. Asimismo, se realizaron estudios

detallados del clima y la topografía local, y se estudiaron diferentes opciones de materiales y soluciones constructivas que se adaptaran a las necesidades del proyecto.

Todo esto con el fin de obtener una edificación que cumpla con los requerimientos bioclimáticos, ofreciendo a sus usuarios un ambiente interior confortable y saludable, mientras se minimiza el impacto ambiental. Para ello, se implementaron diferentes elementos como la ventilación natural, protección solar, iluminación natural y espacios verdes, entre otros. Además, se debe considerar la distribución y áreas adecuadas para cada necesidad.

La aplicación de estas estrategias disminuyó el impacto climático y contribuyó a la regeneración del entorno. A manera de conclusión, el diseño de una vivienda bioclimática no solo mejora el confort del usuario, sino que también es una forma de promover la sostenibilidad y la armonía con el entorno.

Un ejemplo relevante en el campo de la arquitectura sostenible es el trabajo del estudio de arquitectura RC en Madrid, especializado en la construcción de viviendas con el estándar Passivhaus y con calificación energética A. Entre sus proyectos más recientes destaca la "Casa Fons", finalizada en 2023 en Aravaca, Madrid. Este diseño incorpora un sistema constructivo tradicional de termo arcilla con un aislamiento exterior tipo SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) y acabados en morteros acrílicos, lo que garantiza un alto nivel de eficiencia térmica.

La casa cuenta con ventanas de PVC correderas elevables, equipadas con triple acristalamiento y gas argón en las cámaras, lo que maximiza la capacidad de aislamiento. Además, incluye contraventanas de madera para regular la entrada de luz y temperatura. A nivel de confort, integra un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor, lo que asegura una circulación continua de aire fresco sin perder calor en invierno, y una climatización por Aero termia y suelo radiante, que mejora la eficiencia energética.

Este tipo de diseño guarda una estrecha relación con bioclimática, donde también se busca integrar estrategias pasivas para mejorar el confort térmico en viviendas. Este proyecto explora soluciones sostenibles, como el uso de materiales locales, ventilación natural y control de la radiación solar, pero adaptadas a las necesidades específicas de la región.

Finalmente, dentro de los estudios realizados dentro de la universidad Cesmag, es importante resaltar el trabajo de investigación que se encuentra en desarrollo por parte de los docentes Quijano y Calvachi (2023), donde se aborda el diseño de estrategias bioclimáticas de conservación preventiva de las piezas arqueológicas descubiertas en el Medio Universitario San Damián del corregimiento de Catambuco (municipio de Pasto) provenientes de 75 tumbas, 47

acumulaciones, 57 rasgos indefinidos y siete posibles huellas de columnas de viviendas, además de restos óseos de fauna.

Todo este material arqueológico actualmente está depositado de manera provisional en la Fundación Güe Quyne de la ciudad de Bogotá, la cual está adelantando la labor de clasificación de los vestigios y los estudios arqueológicos respectivos, antes de ponerlos en exposición en las instalaciones de la universidad; sin embargo, hasta el momento no se conocen las condiciones ambientales que serán indispensables para garantizar la conservación de estos bienes culturales, ni existe un lugar adecuado para tal propósito.

Por lo tanto, el estudio beneficiará a la comunidad académica de la Universidad CESMAG, así como a las personas del Cabildo Quillacinga de Catambuco y al público en general, debido a que a través de la exposición futura de este patrimonio arqueológico es posible fomentar el aprendizaje de los pueblos prehispánicos que se asentaron en la zona andina de Nariño.

La investigación se realizará desde el paradigma del Positivismo, el enfoque cuantitativo y empleando el método científico, y corresponde a un estudio explicativo. El diseño de investigación será pre experimental, ya que mediante la utilización de herramientas digitales avanzadas (Design Builder) se puede simular (manipular) las estrategias bioclimáticas propuestas para observar su incidencia en las variables: humedad relativa, temperatura del aire e Iluminancia. Con este estudio se diseñará un prototipo de equipamiento de conservación preventiva de los bienes muebles de carácter arqueológico, que podrá ser replicado en otros lugares del país.

Marco teórico

Análisis climático

De acuerdo con Fuentes Freixanet (2009). En su trabajo de investigación, en la metodología de diseño arquitectónico bioclimático, el análisis climático es un paso fundamental, ya que el clima es un factor determinante en la concepción del diseño espacial y formal.

Los parámetros climáticos, como la temperatura, la humedad, la lluvia y la radiación solar, influyen en la forma, orientación y distribución de los espacios, así como en la selección de materiales constructivos, texturas y colores. Es necesario contar con un modelo climático adecuado para lograr una integración armónica entre la edificación y su entorno natural. De esta manera, se logrará una edificación que proporcione el mayor confort térmico y lumínico, con el menor consumo energético posible, a la vez que se reduce el impacto ambiental de la construcción. El clima es uno de los factores más importantes a considerar en la definición del

lugar para la implantación de una obra de arquitectura. Es determinante para la configuración de la arquitectura, por lo que su análisis es esencial en el proceso de diseño.

La consideración del clima resulta orientadora para la definición del proyecto, ya que permite potenciar las formas de configuración de la arquitectura. Ignorar su influencia en el diseño produce un resultado irresponsable que incorpora un costo energético y material innecesario para hacer mínimamente habitable el espacio. Por lo tanto, es importante considerar el clima en el diseño de edificaciones bioclimáticas para lograr un diseño integrado y sostenible.

Tipología de vivienda

La tipología es el estudio de los tipos o clases, se encarga en diversos campos de estudio, de realizar una clasificación de diferentes elementos. Teniendo en cuenta a Osorno Ramírez (2014). En el ámbito de la arquitectura, la tipología es el estudio de los tipos elementales que pueden formar una norma que pertenece al lenguaje arquitectónico. Dentro de la tipología de vivienda, encontramos:

- **Vivienda colectiva:** Son edificios o conjuntos de edificios que albergan viviendas individuales, donde cada vivienda es habitada por una familia independiente del resto. Su uso es mayoritariamente residencial. Existen zonas comunes, como el portal, un parque comunitario o el garaje y zonas privadas, como los trasteros.
- **Vivienda unifamiliar:** Las viviendas unifamiliares son aquellos inmuebles en los que habita una sola familia, tal y como su propio nombre indica. La construcción de viviendas unifamiliares permite tener en cuenta elementos como la disposición y orientación de las distintas estancias, además de poder contar con materiales sostenibles que ayuden a un mayor ahorro energético.
- **Vivienda bifamiliar:** Es una edificación de dos unidades residenciales generalmente de dos plantas, que cuenta con una vivienda completa por planta para dos familias. Puede tener dos accesos independientes o conectadas entre sí por una escalera interior.
- **Vivienda multifamiliar:** Una vivienda multifamiliar es aquella en la que una construcción vertical u horizontal está dividida en varias unidades de viviendas integradas que comparten el terreno como bien común.
- **Agrupación de viviendas:** Conjunto de viviendas que forman una unidad que espacialmente tienden a potenciar la interacción entre los habitantes.

Diagrama de Givoni

El Diagrama de Givoni (2018). Se basa en un diagrama psicrométrico, en el cual se pueden distinguir varias zonas características. En primer lugar, existe una zona de bienestar térmico, la cual está delimitada por la temperatura del termómetro seco y la humedad relativa, sin tomar en cuenta otros factores. Sin embargo, esta zona puede ser ampliada por la acción de otros factores adicionales.

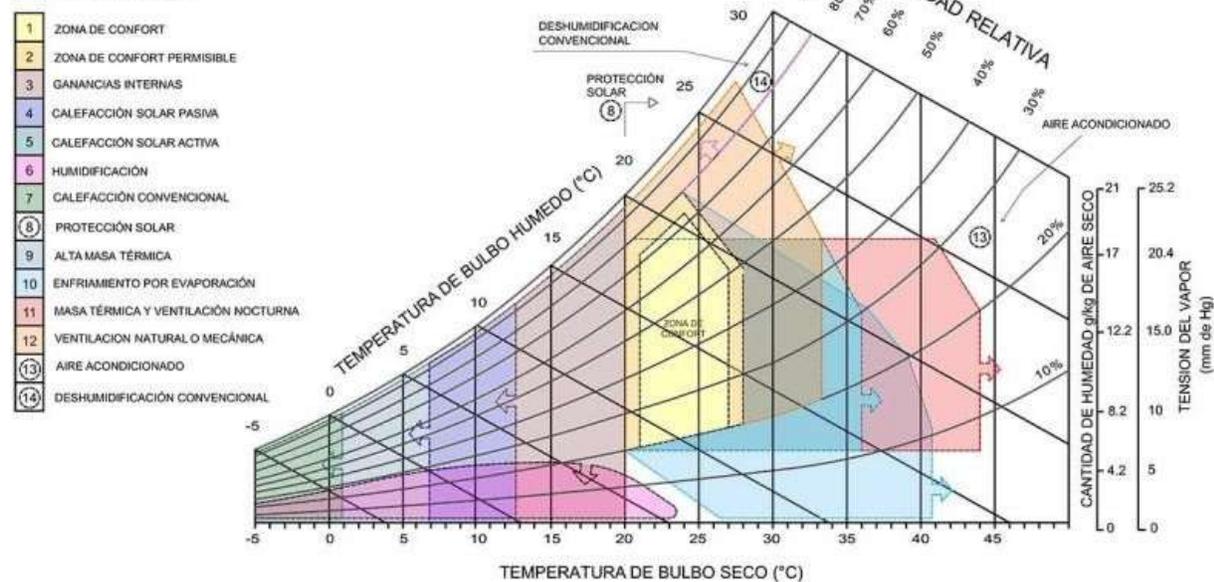
Hacia la derecha del diagrama, se encuentra la zona de bienestar ampliada, la cual depende de la masa térmica del edificio, representada por los materiales de construcción utilizados. También se puede considerar el enfriamiento evaporativo, que ocurre cuando una corriente de aire seco y cálido pasa sobre una superficie de agua, lo que produce una disminución de la temperatura y un aumento de la humedad ambiental. Si se necesitan condiciones adecuadas fuera de estos límites, se debe recurrir a sistemas mecánicos de ventilación y des humidificación.

Por otro lado, hacia la izquierda del diagrama se encuentra la zona de confort, la cual se extiende siempre que se produzca un calentamiento, ya sea a través del calentamiento pasivo utilizando la radiación solar directa durante el día, o del calor almacenado en acumuladores durante la noche, o mediante el uso de sistemas convencionales de calefacción. El Diagrama de Givoni permite determinar la estrategia bioclimática a adoptar en función de las condiciones higrotérmicas del edificio durante una época determinada del año, lo que puede mejorar significativamente el confort térmico en el interior de las edificaciones.

Figura 3

Grafico psicrométrico de Givoni

GRAFICO PSICROMETRICO DE GIVONI



Nota. Fuente: Arq. Silvia Pittman.

Eficiencia Energética

Como señala Linares Lamas (2009), la eficiencia energética se refiere a la gestión óptima del consumo de energía con el fin de lograr niveles adecuados de confort y servicio. Esto implica ajustar el consumo de electricidad a las necesidades reales de los usuarios y reducir las pérdidas durante el proceso.

La implementación de un nivel adecuado de eficiencia energética en un país puede aumentar la seguridad del abastecimiento de energía para la población. La Norma ISO 50001 y el International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) son algunos de los principales estándares para medir la eficiencia energética. En otras palabras, para evaluar la eficiencia energética en una construcción bioclimática, es necesario analizar diversos indicadores que midan los consumos de energía durante un periodo de tiempo determinado.

Una mayor intensidad energética utilizada en el hogar se traduce en una menor eficiencia eléctrica, por lo que es importante buscar estrategias que permitan una gestión óptima del consumo energético sin comprometer el confort y la calidad del servicio.

Estrategias Bioclimáticas

En el ámbito de la arquitectura, se han desarrollado distintas estrategias bioclimáticas que tienen en cuenta las particularidades del clima local con el fin de conseguir el máximo confort interior y reducir el consumo energético destinado al acondicionamiento térmico de los edificios.

Como afirma Casabianca, estas estrategias se pueden aplicar en diferentes escalas, tanto a nivel urbano, como edilicio y constructivo. En el ámbito urbano, se pueden implementar estrategias que controlen el microclima de los espacios abiertos, fomentando el acceso a la luz solar y la circulación de brisas, y evitando la formación de islas de calor. A nivel edilicio, se pueden emplear técnicas de diseño que tomen en cuenta la orientación y la habitabilidad de los espacios. Por último, en la escala constructiva, se pueden emplear tecnologías innovadoras en materiales de construcción y aislantes, incluyendo materiales reciclados o de bajo impacto ambiental para los ocupantes del edificio. Dentro de las estrategias bioclimáticas existentes, es importante resaltar que en esta investigación se profundizarán las siguientes:

- **Ganancias internas:** Las ganancias internas provienen de fuentes de calor que están situadas al interior de la vivienda. Estas incluyen a las personas, la iluminación, equipos eléctricos y artefactos de cocina.
- **Calefacción solar pasiva:** Este tipo de energía es una técnica de aprovechamiento de la energía solar que mediante un conjunto de técnicas de construcción puede transformar el calor y utilizarlo sin necesidad de otros dispositivos, como calentadores de gas o calderas.
- **Calefacción solar activa:** La calefacción solar activa, se diferencia de la pasiva principalmente, en que la energía se transforma en calor en nuestras viviendas mediante placas solares o recolectores.
- **Humidificación:** La humidificación consiste en una operación en la cual se da una transferencia simultánea de materia y calor, sin la presencia de una fuente de calor externa. Esta tiene lugar cuando un gas se pone en contacto con un líquido puro, en el cual es prácticamente insoluble.
- **Calefacción convencional:** Existen dos tipos: La calefacción convencional por convección de aire caliente y la calefacción radiante, como la radiación del sol, que transmite directamente el calor a las paredes y a los objetos.

Variables de la investigación

En el marco de este estudio, es esencial considerar cuidadosamente tres variables climáticas fundamentales que tienen un impacto directo en el comportamiento térmico de las viviendas rurales: la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento. Estas variables son críticas para entender cómo las condiciones ambientales afectan el confort y la habitabilidad de las viviendas en la región.

- **Humedad relativa:** La humedad relativa es el porcentaje de la humedad de saturación, que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación. La humedad relativa se puede definir equivalentemente en términos de presión de vapor de agua en el aire comparada con su presión de vapor de saturación. La humedad relativa es la cantidad de humedad en el aire, comparado con la que el aire puede "mantener" a esa temperatura. Cuando el aire no puede "mantener" toda la humedad, entonces se condensa como rocío.
- **Temperatura de bulbo seco:** La temperatura de bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. Esta temperatura, junto con la temperatura de bulbo húmedo, es utilizada en la valoración del bienestar térmico, en la determinación de la humedad del aire y en psicrometría para el cálculo y estudio de las transformaciones del aire húmedo.

Mediante el diagrama psicrométrico o carta psicrométrica es posible a partir de dos valores de entrada, uno de los cuales suele ser la temperatura seca por su fácil determinación, conocer el resto de las propiedades de las mezclas de aire seco y vapor de agua. Es utilizado en meteorología, minería subterránea ventilación natural, climatización, en arquitectura bioclimática y en arquitectura sustentable, entre otros.

Al tener en cuenta estas variables de estudio, este trabajo podrá evaluar de manera integral las condiciones climáticas en la vivienda y analizar cómo las estrategias de calefacción pasiva impactan en el confort térmico y la eficiencia energética. Esto permite obtener conclusiones más precisas y brindar recomendaciones adecuadas para mejorar el diseño y la implementación de estas estrategias, contribuyendo así a la calidad de vida de los habitantes de estas edificaciones.

Hipótesis de investigación

Es importante el uso de las estrategias de calefacción pasivas aplicadas en la vivienda, donde se puede inferir que, si se implementan técnicas de diseño bioclimático de calefacción pasiva en las viviendas campesinas, teniendo en cuenta la orientación solar y la distribución de los espacios interiores, se espera que se optimice la captación y retención de calor solar, reduciendo la dependencia de sistemas de calefacción convencionales.

La aplicación de dichas alternativas puede permitir un confort térmico dentro de la edificación, teniendo en cuenta las características climáticas y geográficas de la región. Esta hipótesis está basada en la premisa de que aprovechar los recursos disponibles y aplicar técnicas de diseño bioclimático pueden contribuir al mejoramiento del confort interior y a la reducción del consumo de energía destinado al acondicionamiento térmico.

Metodología

Paradigma

Esta investigación se fundamenta en el enfoque del positivismo, el cual sostiene que el conocimiento científico se adquiere a través de la observación y verificación de hechos con el fin de verificar o explicar un fenómeno. El objetivo de este estudio es obtener datos medibles y verificables de tipo técnico con el fin de establecer conclusiones objetivas sobre las estrategias de calefacción pasiva aplicadas a la vivienda rural campesina en la región de San Antonio.

El propósito es mejorar la calidad de vida de los habitantes, tomando en cuenta las condiciones climáticas específicas de la zona. Esto implica medir y cuantificar de manera precisa las condiciones climáticas reales del entorno. Mediante la generación de conocimiento científico empírico, basado en datos observables y medibles, se buscarán abordar los problemas relacionados con el confort térmico. Esta investigación permitirá desarrollar soluciones más efectivas aplicadas en un entorno real, con el objetivo de mejorar la habitabilidad de las viviendas rurales campesinas.

Enfoque

De acuerdo con el paradigma de la investigación, la misma presenta un enfoque cuantitativo debido a que esta se basa en la recolección de datos específicos con el fin de proporcionar una solución a la problemática abordada en capítulos anteriores, específicamente en relación con la aplicación de estrategias de calefacción pasiva integradas a la vivienda para mejorar el confort térmico.

A través del estudio, se identificarán las áreas de la vivienda que presentan mayores alteraciones térmicas, comparándolas con estándares de confortabilidad establecidos. De esta

manera, se generará conocimiento técnico y cuantitativo basado en mediciones objetivas, proporcionando una base sólida para abordar y resolver los conflictos relacionados con el confort térmico en las viviendas rurales campesinas.

Método

El enfoque cuantitativo y la recopilación de datos empíricos mediante mediciones de campo son elementos fundamentales del método científico. Al aplicar este método en la investigación sobre estrategias de calefacción pasiva en la vivienda rural campesina, se busca obtener información objetiva y verificable.

Método científico. En primer lugar, se plantea una hipótesis o suposición inicial sobre el impacto de las estrategias de calefacción pasiva en el confort térmico de la vivienda rural campesina. Luego, se lleva a cabo la recopilación de datos mediante mediciones de campo, que incluyen variables como la temperatura, la humedad y otras condiciones climáticas relevantes. Estos datos se obtienen de manera precisa y sistemática, siguiendo un protocolo establecido.

A partir de los datos recopilados, se realiza un análisis estadístico y se aplican métodos científicos para evaluar la relación entre las estrategias de calefacción pasiva y el confort térmico. Se busca establecer conclusiones objetivas basadas en la evidencia empírica obtenida.

Además, al comparar los resultados obtenidos con estándares de confortabilidad establecidos, se utiliza un marco de referencia objetivo para evaluar la eficacia de las estrategias aplicadas. Esto permite generar conocimiento científico basado en datos observables y medibles, lo cual es fundamental para proporcionar soluciones más eficaces y fundamentadas.

Población

En el marco de esta investigación, la población de interés está compuesta por las 52 viviendas de la región de estudio. Estas viviendas representan un contexto relevante para analizar y comprender las estrategias de calefacción pasiva aplicadas en la vivienda rural campesina. Al considerar a las 52 viviendas como población, se busca obtener un panorama amplio y representativo de las condiciones existentes en la región, así como de las necesidades y desafíos específicos que enfrentan los residentes en términos de confort térmico.

La elección de esta población se basa en la importancia de abordar la problemática desde una perspectiva integral y contextualizada, teniendo en cuenta las particularidades y características propias de las viviendas. Al involucrar a las 52 viviendas en el estudio, se busca obtener información precisa y significativa que permita identificar patrones, tendencias y posibles soluciones que beneficien a esta zona.

Muestra

En el marco de esta investigación, se ha seleccionado una muestra de 26 viviendas de la región que cumplen con características constructivas específicas. Esta selección se basa en la necesidad de enfocar el estudio en un grupo de viviendas que presenten similitudes relevantes en términos de su estructura, materiales de construcción y diseño arquitectónico. La elección de esta muestra busca asegurar la representatividad de las viviendas estudiadas, permitiendo obtener conclusiones significativas y aplicables a un conjunto más amplio de viviendas con características similares en la región de interés.

Al focalizar la investigación en estas 26 viviendas, se busca profundizar en el análisis de sus estrategias de calefacción pasiva y comprender de manera más precisa cómo estas características constructivas influyen en su eficiencia energética y confort térmico.

Tipo de investigación

La investigación correlacional busca determinar la existencia y la fuerza de la relación entre dos o más variables, sin establecer una relación de causa y efecto. En este caso, se podrían identificar y medir diferentes variables relacionadas con las estrategias de calefacción pasiva y el confort térmico en la vivienda rural campesina.

Estas variables podrían incluir características de diseño de la vivienda (como la orientación, la eficiencia energética de los materiales utilizados), condiciones climáticas locales (temperatura, humedad), consumo energético y niveles de confort térmico percibidos por los usuarios. Este tipo de investigación proporcionaría información sobre las relaciones entre las variables estudiadas y permitiría identificar patrones y tendencias en los datos recopilados.

Diseño de investigación

El enfoque experimental adoptado en el diseño de la investigación permitió obtener datos objetivos y precisos sobre las variables de temperatura y humedad relativa en la zona de estudio. Mediante la recolección de datos meteorológicos y mediciones de campo se logra realizar la comparación entre los datos existentes en la región de estudio, para determinar las soluciones óptimas para cada vivienda.

Al realizar esta comparación, se puede determinar si la aplicación de las estrategias de calefacción pasiva tiene un impacto significativo en el confort térmico y el consumo energético de las viviendas rurales campesinas. Además, se pueden identificar las variables más relevantes que influyen en los resultados observados.

Técnicas de recolección de la información

Para analizar las mediciones de campo y compararlas con los estándares de confort, será necesario aplicar diversas pruebas estadísticas. Al utilizar el test como técnica de recolección de información, se obtienen datos estructurados y cuantificables, lo que facilita el análisis estadístico y la comparación de resultados, lo que permite obtener información directa de las variables a analizar, como la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, así como la relación entre las mismas.

Adicionalmente, para medir la efectividad de las estrategias de mitigación implementadas, se utilizarán pruebas de tipo antes-después, lo que permitirá identificar cambios significativos en las condiciones ambientales y térmicas tras la aplicación de dichas medidas. Este enfoque proporciona una base sólida para evaluar y validar las intervenciones realizadas en el marco del estudio.

Instrumentos de recolección de la información

La investigación empleó hojas de respuestas de test o batería de respuestas como herramienta principal para recopilar información relacionada con el confort térmico, las variaciones ambientales medibles y otros factores asociados. Este método permitió la recolección y comparación de datos de manera más precisa entre fuentes de información externas o generadas de manera propia. Las hojas de respuestas fueron procesadas y analizadas con el apoyo de software estadístico, lo que optimizó la gestión de los datos, garantizando resultados más confiables y relevantes. Esta integración tecnológica no solo agilizó el análisis, sino que también fortaleció la validez de las conclusiones al proporcionar una base cuantitativa sólida para la interpretación de los resultados.

Procesamiento de la información

Este estudio incluye el procesamiento de datos ambientales, como temperatura, humedad relativa, el cual se lleva a cabo mediante el uso de un termo higrómetro y es complementada con información proveniente de una red de estaciones meteorológicas ubicadas en áreas circundantes. Los datos recopilados fueron analizados estadísticamente, lo que permitió identificar patrones y establecer comparaciones relevantes entre diferentes zonas. Adicionalmente, se llevaron a cabo simulaciones digitales utilizando software de modelado y simulación (Uso de simuladores: Ubaqus y FlowIllustrator) para evaluar la efectividad de las estrategias de mitigación propuestas.

Identificación de condiciones climáticas y ambientales de la vereda San Antonio con la finalidad de determinar la relación de los factores ambientales con el confort térmico de la vivienda tradicional rural

En el campo de la arquitectura, la búsqueda de soluciones eficientes para el diseño de viviendas en entornos diversos es de vital importancia. En San Antonio, donde prevalece un clima frío húmedo, las condiciones climáticas presentan características específicas que influyen significativamente en el comportamiento térmico de las viviendas. En este contexto, las temperaturas tienden a ser más bajas, especialmente durante los meses de invierno, con niveles de humedad medianamente altos. Estas condiciones climáticas implican un mayor riesgo de condensación y acumulación de humedad en las estructuras, lo que puede llevar a problemas de deterioro.

En un clima frío húmedo como el de la vereda San Antonio, es esencial tener en cuenta estas condiciones climáticas al diseñar viviendas y estructuras. La adecuada gestión del aislamiento térmico, la prevención de la humedad y el diseño que aproveche las condiciones naturales (como la luz solar y la ventilación) son fundamentales para crear viviendas que sean confortables para sus habitantes y que respeten el entorno ambiental circundante. El confort térmico es fundamental para el bienestar de los habitantes y, en contextos rurales como el estudiado, donde los recursos son limitados, la aplicación de estrategias bioclimáticas puede ser un enfoque efectivo.

En este orden de ideas, el estudio de humedad relativa y temperatura son variables fundamentales para poder comprender cómo los factores climáticos impactan en la calidad de vida del usuario y en el rendimiento de las estrategias pasivas dentro de la vivienda. Comprender y gestionar estas variables climáticas no solo es esencial para la aplicación de estrategias dentro de la vivienda, sino que también contribuye a la conservación del entorno natural una intervención inteligente que responda a estas condiciones específicas permite lograr un equilibrio esencial entre las necesidades humanas y la naturaleza.

Análisis de datos de las condiciones ambientales en la vereda San Antonio en el último año: datos obtenidos de IDEAM entre los años 2019 y 2023

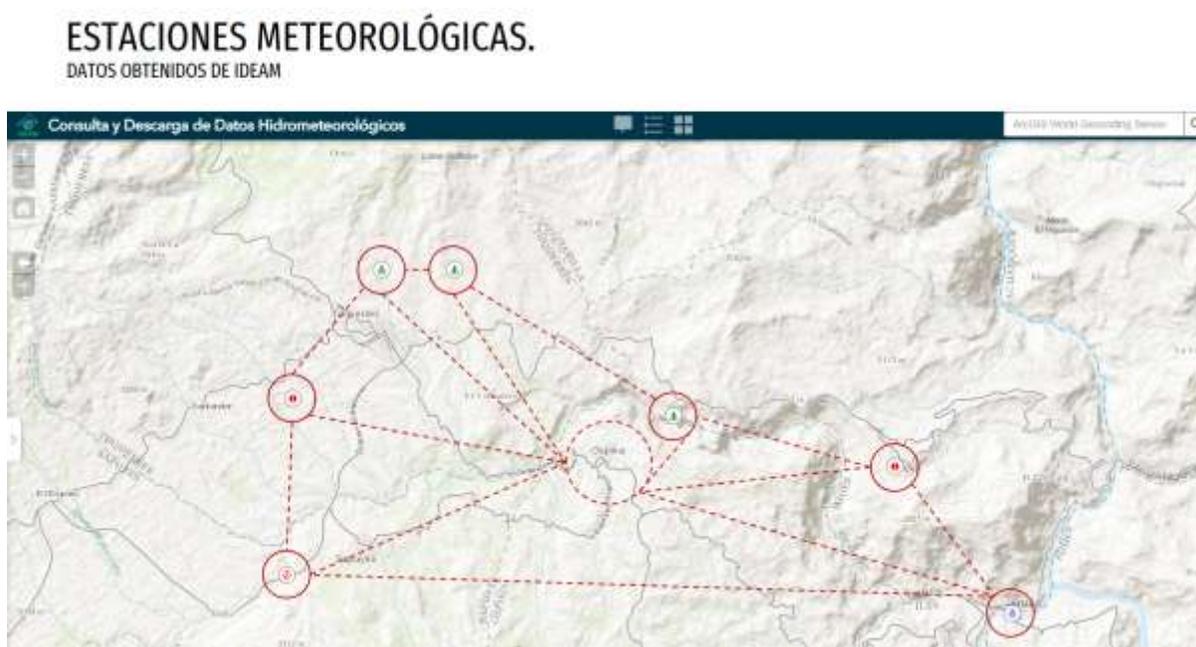
Como anteriormente se plantea, el análisis de las condiciones climáticas, es de gran relevancia, debido a que las mismas permiten definir patrones y tendencias meteorológicas y facilitan el entendimiento del comportamiento climático en la región estudiada. Por consiguiente, se llevó a cabo un proceso detallado para obtener datos precisos y confiables.

La obtención de información se hizo a través de una consulta a la plataforma del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), lo cual permitió acceder a datos ambientales fundamentales para este estudio, brindando una sólida base de información.

Por medio de esta herramienta, se puede acceder a registros ambientales, donde se tuvo en cuenta la humedad máxima, mínima y promedio mensual y anual, de igual manera, para los datos de temperatura, permitiendo así analizar de manera integral las variaciones climáticas en el área de estudio entre el periodo de 01/01/2013 hasta 31/12/2023, con la finalidad de determinar patrones estacionales a lo largo de la década. Se tomó la decisión de utilizar esta estación meteorológica por su proximidad con el sector de estudio, no obstante, se debe aclarar que la estación no recolectó datos en algunas fechas por falta de fuente eléctrica, situación que en ningún caso compromete el desarrollo de la investigación.

Figura 4

Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio



Nota. Fuente: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.

Humedad Relativa

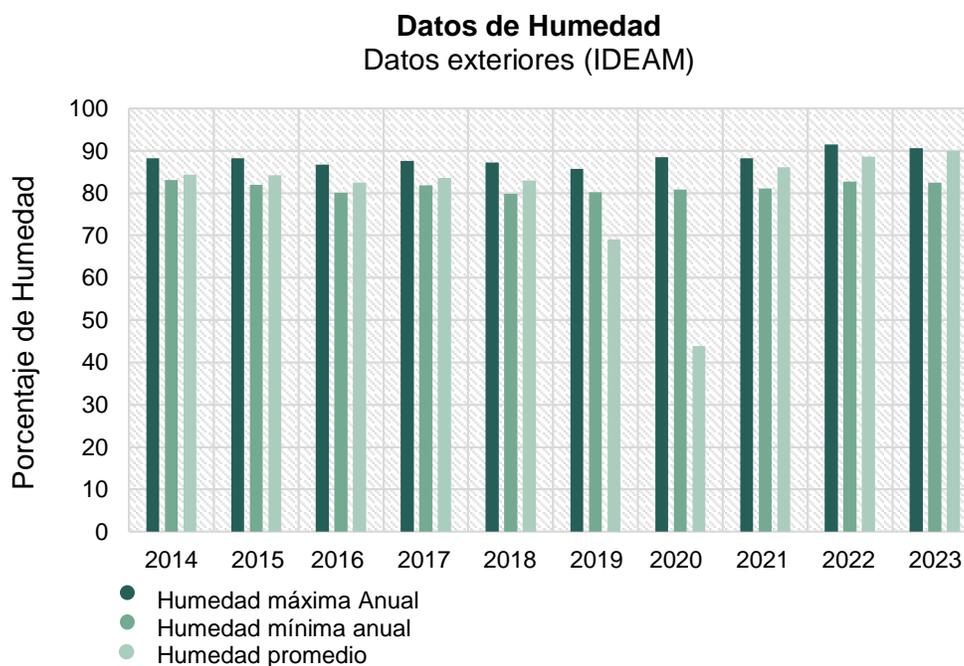
Es un factor climático que tiene un impacto importante en este estudio, debido a que permite analizar la durabilidad de estructuras y materiales, esto quiere decir que altos niveles de humedad relativa pueden afectar la durabilidad de los materiales de construcción y fomentar la aparición de moho y problemas relacionados con el deterioro de la vivienda. En contextos rurales como San Antonio, la humedad relativa puede influir en la sensación térmica de los habitantes y en cómo perciben la temperatura. Este parámetro climático no solo tiene un papel fundamental en la percepción del clima, sino que también desempeña un papel en la regulación del confort térmico.

Al profundizar esta variable, se busca evidenciar cómo se entrelaza con otros factores climáticos y cómo su gestión adecuada es esencial para crear ambientes interiores óptimos. La variabilidad en la humedad relativa puede afectar la sensación térmica dentro de la vivienda, debido a esto las estrategias bioclimáticas deben adaptarse a estas condiciones cambiantes para garantizar un ambiente interior agradable. Para poder realizar las intervenciones adecuadas en la vivienda, es necesario conocer y tener en cuenta las variaciones climáticas de la humedad en el ambiente exterior.

La Figura 2 exhibe la representación gráfica de la humedad relativa a lo largo de la década por año. Los registros detallados de humedad relativa obtenidos por el IDEAM en la última década, revelan tendencias climáticas, donde se evidencia que, en estos años, se presenta una fluctuación de humedad entre el 85% y 92%, siendo el 2019 el año que presenta un menor porcentaje de humedad relativa, por otra parte, en el 2022 se presenta un punto máximo de humedad relativa con 92%. Una humedad relativa alta puede causar condensación en las superficies frías dentro de la vivienda, como ventanas, paredes y techos. Esto no solo puede afectar negativamente el confort térmico sino también dañar los materiales de construcción. La alta humedad puede dificultar el calentamiento de la vivienda, ya que el aire húmedo requiere más energía para aumentar de temperatura en comparación con el aire seco.

Figura 5

Humedad relativa máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre 2014-2023



Variable	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Humedad maxima anual	88%	88%	86%	87%	87%	85%	88%	88%	91%	90%
Humedad minima anual	83%	81%	80%	81%	79%	80%	80%	81%	82%	82%
Humedad Promedio	84%	84%	82%	83%	82%	69%	43%	86%	88%	89%

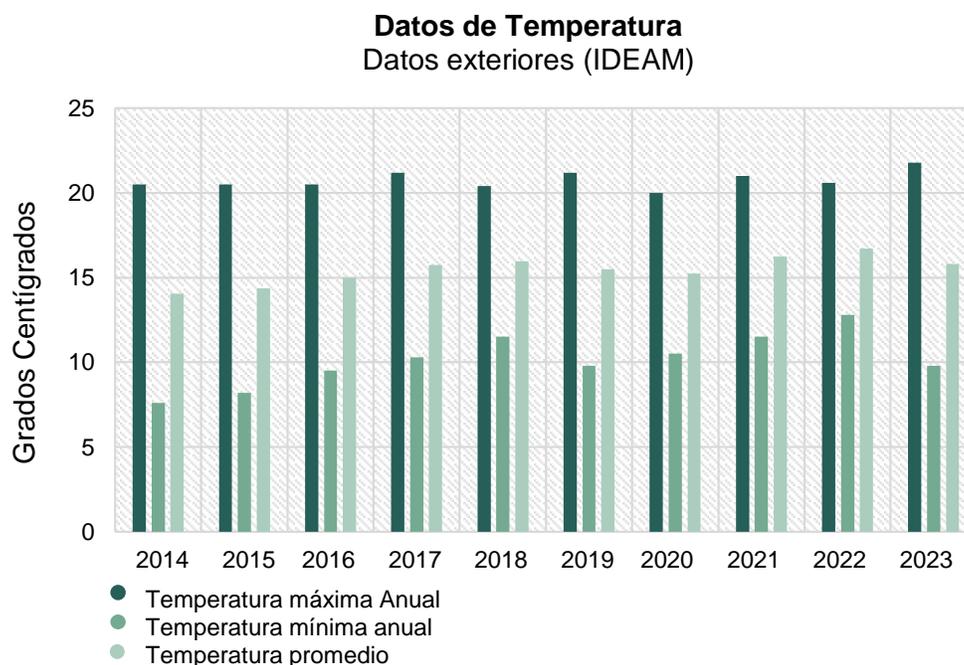
Nota. Fuente: Autoría propia por medio de datos obtenidos de IDEAM.

Temperatura

La temperatura influye directamente en la percepción de confort térmico, donde los valores extremadamente altos o bajos pueden llevar a sensaciones de calor excesivo o frío, respectivamente. A partir de la variación de temperatura se determinan los patrones estacionales y diarios de temperatura, lo que es crucial para proponer estrategias bioclimáticas efectivas y lograr un equilibrio entre el ambiente exterior e interior. En la siguiente gráfica, se examina la variación de temperatura en la región de San Antonio y se analiza cómo estas condiciones repercuten en el confort térmico. A través de una evaluación de las temperaturas registradas en diferentes años, se busca identificar patrones estacionales y establecer las bases para la aplicación de estrategias bioclimáticas efectivas.

Figura 6

Temperatura máxima, promedio y mínima de la vereda San Antonio en el periodo comprendido entre 2014-2023



Variable	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Temperatura máxima Anual	20.5	20.5	20.5	21.2	20.4	21.2	20	21	20.6	21.8
Temperatura mínima Anual	7.6	8.2	9.5	10.3	11.5	9.8	10.5	11.5	12.8	9.8
Temperatura Promedio	14.1	14.4	15	15.8	16	15.5	15.3	16.3	16.7	15.8

Nota. Fuente: Autoría propia por medio de datos obtenidos de IDEAM.

La Figura 3 presenta el comportamiento de la temperatura a lo largo de la década por año. Los registros detallados de temperatura obtenidos por el IDEAM en la última década, revelan tendencias climáticas, donde se evidencia una fluctuación de temperatura entre los 7.6 °C y 21.2 °C, siendo el 2014 el año que presenta un menor porcentaje de humedad relativa, por otra parte, en el 2017 y 2019 se presenta un punto máximo de humedad relativa con 21.2 °C. A partir de los datos obtenidos, la variabilidad climática observada en San Antonio tiene un impacto directo en el confort térmico de las viviendas campesinas. Durante los meses fríos, las temperaturas mínimas pueden resultar desafiantes para mantener un ambiente interior cálido y cómodo. La necesidad de estrategias de acondicionamiento térmico pasivo se hace evidente, instando a considerar elementos como aislamiento térmico y sistemas de calefacción pasiva.

Protocolo de captura de variables ambientales

El protocolo empleado para investigar las variables ambientales relacionadas con la humedad relativa y la temperatura se basa en una recopilación técnica y estandarizada de datos, donde se hace uso de un termo higrómetro digital (Ut333 de Unit-t) capaz de medir la temperatura y la humedad en un rango de 9 y 1.7 metros. Se seleccionaron varios puntos de referencia en el exterior de cada una de las viviendas incluidas en la muestra de estudio. Este enfoque tiene como objetivo capturar y representar de manera efectiva las variaciones climáticas en el área de estudio.

En cada punto de muestreo, se realizaron mediciones consecutivas en el espacio exterior de cada vivienda, con un tiempo total de 10 minutos por espacio. Esto permite calcular un promedio y suavizar las fluctuaciones momentáneas. Las mediciones se llevaron a cabo en un intervalo de tiempo que abarcaba desde las 09:10 a. m. hasta las 16:00 p. m. para capturar con precisión el período de máxima y mínima exposición solar durante el día. Las mediciones se tomaron a una altura estandarizada de 1 metro sobre el nivel del suelo, lo que optimizó la captura de la radiación térmica del entorno. Además, se realizaron mediciones tanto en áreas expuestas como en aquellas bajo la influencia de la sombra proporcionada por la vegetación, lo que posibilitó una comparación significativa de los diferentes microclimas.

Para documentar cada medición, se utilizó una plantilla detallada y precisa que incluía campos clave como la fecha, hora, y condiciones ambientales concurrentes. Los datos recopilados se sometieron a un análisis estadístico, lo que permite identificar patrones y tendencias de alta relevancia. Los resultados obtenidos se utilizaron como base sólida para realizar un diagnóstico altamente preciso de las condiciones térmicas presentes en el lugar de estudio.

Temperatura

La información obtenida sobre las temperaturas mínimas y máximas basadas en mediciones propias en la región de San Antonio, es valiosa para comprender las condiciones climáticas locales y sus implicaciones. La variación estacional en las temperaturas debe considerarse al proponer estrategias de confort térmico en las viviendas, como se muestra en la figura 4. La temperatura máxima de 15°C sugiere que la región puede experimentar períodos de calor leves, lo que puede ser especialmente relevante durante los meses más cálidos del año. Por otro lado, la temperatura mínima de 6°C indica que las noches pueden ser demasiado frías en algunas épocas del año. La variación estacional en las temperaturas debe considerarse al diseñar estrategias de confort térmico y control climático en las viviendas.

Las temperaturas extremas, tanto mínimas como máximas, pueden tener un impacto significativo en el confort térmico de los habitantes. Durante los días calurosos, es esencial contar con estrategias de enfriamiento efectivas, como la ventilación natural o la sombra. Durante las noches más frescas, es importante garantizar que las viviendas retengan el calor para mantener un ambiente interior confortable.

Humedad relativa

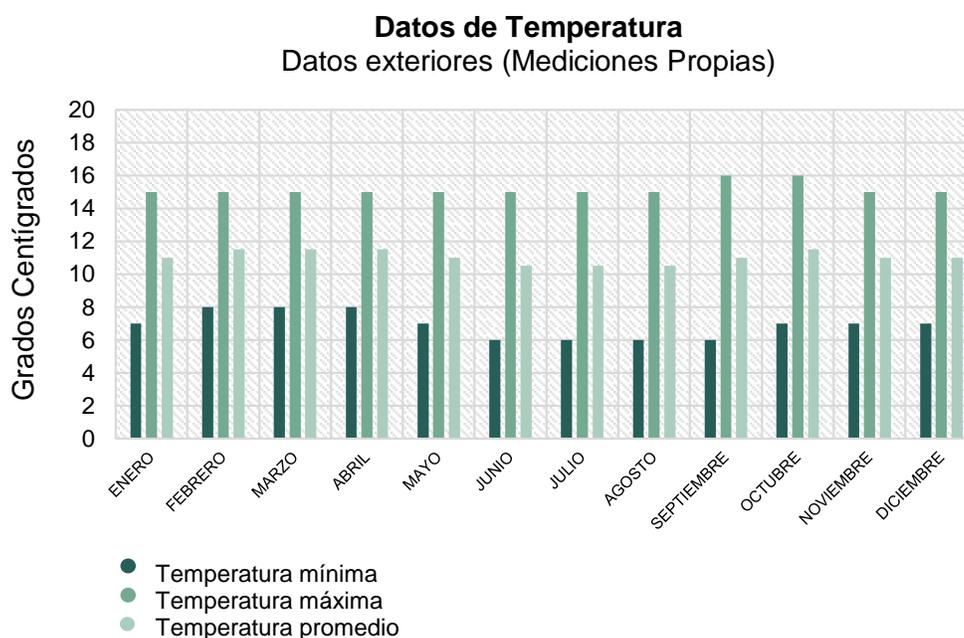
Se llevaron a cabo mediciones de humedad relativa en el ambiente exterior en la región de San Antonio. Estos datos brindan una visión sobre las condiciones climáticas locales y son fundamentales para el desarrollo de alternativas en las viviendas para que se adapten eficazmente a su entorno. En este contexto, esta grafica presentada en la figura 3, presenta los resultados detallados de las mediciones de humedad, mostrando las fluctuaciones obtenidas. El registro de este rango de humedad relativa proporciona información que permite realizar un análisis, donde se definen alternativas específicas que aborden las variaciones de humedad, asegurando así que las viviendas sean confortables, seguras y adecuadas para sus ocupantes en todas las condiciones climáticas, del mismo modo, la humedad máxima del 100% señala períodos de alta humedad en el aire. Esta variación en la humedad relativa puede estar influenciada por factores estacionales, patrones climáticos y la proximidad a cuerpos de agua.

Al analizar estos datos, se pueden extraer varias consideraciones importantes para la investigación: En una fluctuación de humedad entre el 50% y 100%, hay posibilidades de que la condensación pueda ocurrir en ciertas condiciones. La condensación puede conducir a problemas de moho, deterioro de materiales y pérdida de eficiencia energética. Es crucial examinar las estrategias de diseño que previenen la condensación, especialmente en superficies exteriores en este caso.

Como se menciona anteriormente, las mediciones obtenidas, sugieren que el clima de la región puede experimentar cambios estacionales o diarios en la humedad, lo que puede influir en el confort interior y en la necesidad de controlar la humedad en las viviendas. La amplitud en los niveles de humedad relativa en la región debe tenerse en cuenta en la aplicación de estrategias pasivas en las viviendas. Esto puede influir en la selección de materiales de construcción, sistemas de ventilación y control de humedad.

Figura 7

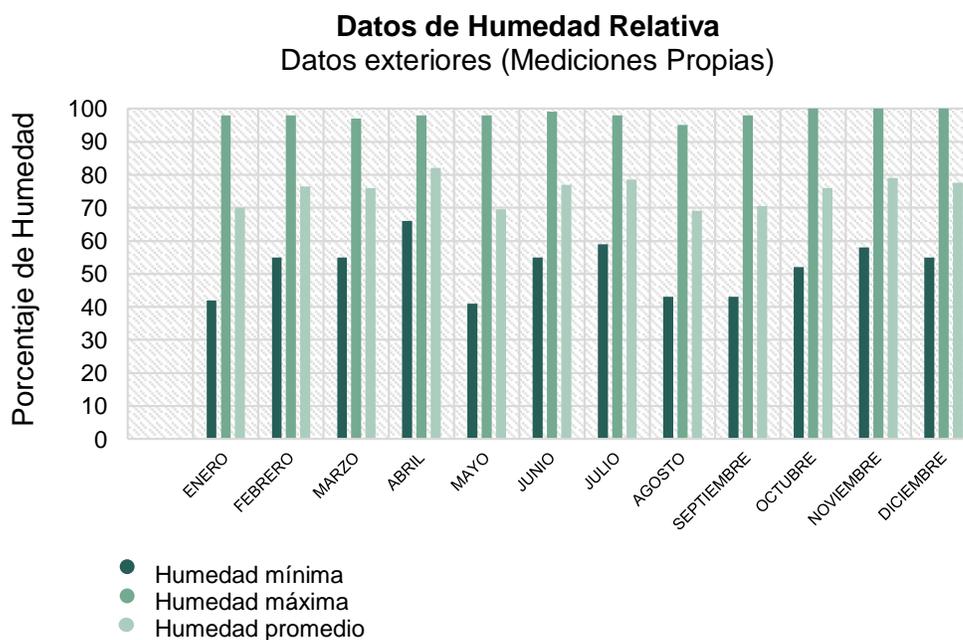
Temperatura máxima, promedio y mínima en el periodo comprendido entre el año 2023



Nota. Fuente: Autoría propia por medio de datos obtenidos de mediciones propias.

Figura 8

Humedad relativa máxima, promedio y mínima en el periodo comprendido entre el año 2023



Nota. Fuente: Autoría propia por medio de datos obtenidos de mediciones propias.

Rangos del confort térmico según el diagrama de Givoni en las viviendas de estudio

Mediante la aplicación del diagrama de Givoni se especifica el rango de confort al cual se quiere llegar dentro de las viviendas estudiadas, la consideración de los rangos de confort térmico es esencial al momento de proponer alternativas en la vivienda tradicional, lo cual permite comparar los valores ideales para lograr un confort térmico y los que se obtienen al tomar las mediciones en la zona estudiada.

La adecuada gestión de factores como temperatura y humedad relativa es importante para garantizar que los ocupantes se sientan cómodos en su entorno habitable. Estos elementos no solo impactan en la sensación térmica, sino también en la calidad de vida, el bienestar de los usuarios y el mantenimiento de la vivienda: “La zona denominada de confort es la que corresponde a las condiciones de humedad – temperatura en las que el cuerpo humano requiere el mínimo gasto de energía para ajustarse al ambiente. En el diagrama de Givoni la zona de confort la temperatura suele estar entre 20 °C y 25 °C, a su vez, la humedad debe estar en un rango entre 50% y 55%. En el diagrama psicrométrico de Givoni la zona de confort define el área en la que cuando los parámetros climáticos se encuentran en su interior, no se necesita ninguna corrección constructiva para la obtención del bienestar y en la que cualquier edificación media cumple con las condiciones de procurar dentro de ella una sensación térmica agradable si no hay radiación directa hacia el interior” (García, 2011, p. 354).

Ahora bien, el rango de confort térmico de humedad relativa que se tiene como referencia en esta investigación es entre 50% y 55%, simultáneamente los rangos de temperatura pueden variar según las preferencias individuales y las condiciones específicas del clima, en este caso se busca mantener una temperatura interior de 23 °C. En la siguiente tabla, se darán a conocer los rangos generales para poder conseguir el confort en la vivienda a partir de las variables estudiadas.

Tabla 1

Datos correspondientes rangos promedio de humedad y temperatura.

Variable	Rango	Sensación	Descripción
Humedad Relativa	Menos de 30 %	Seco	Puede sentirse incómodo y causar sequedad.
	Entre 50% y 55%	Confortable	Rango óptimo
	Más del 60%	Húmedo	Puede sentirse pegajoso e incómodo, especialmente si la temperatura es alta.
Temperatura	Menos de 17 °C	Frío	Incomodidad térmica
	Entre 20 °C y 23 °C	Confortable	Rango óptimo
	Más de 30 °C	Caliente	Calor intenso, generalmente incómodo para la mayoría.

Nota. Fuente: Autoría propia por medio de datos obtenidos del diagrama de Givoni.

Factores que afectan el confort térmico

A partir de los resultados obtenidos sobre las mediciones de temperatura y humedad en la región de San Antonio, se puede definir que existen varios factores que pueden influir en el confort térmico de las viviendas en esa área específica. La intensidad y duración de la radiación solar directa pueden hacer que las superficies exteriores se calienten significativamente, aunque debido a los materiales existentes, la recolección de este calor solar, se disipa con facilidad en algunos de los espacios de la vivienda. Esto puede causar expansiones y contracciones en los materiales, lo que a largo plazo puede afectar su durabilidad.

La humedad en el aire puede afectar la percepción de la temperatura. En un ambiente húmedo, las superficies pueden sentirse más frías debido a la evaporación del agua, por otro lado, en un ambiente seco, las superficies pueden sentirse más calientes debido a la falta de evaporación. En el caso de las edificaciones objeto de estudio, la alta humedad nocturna genera una sensación térmica más fría de la que indica el termómetro, esto se debe a que la humedad del aire ralentiza la tasa de evaporación, impidiendo la eficiente disipación del calor interno.

Por otro lado, es importante reconocer factores tales como la intensidad de la radiación solar, la orientación existente de la vivienda y velocidad del viento, junto con la presencia de sombra natural, vegetación y materiales de construcción, son elementos relevantes que repercuten en el interior de la vivienda, la comprensión de estos factores influye en las posibles soluciones de intervención a desarrollar.

Viviendas seleccionadas para el estudio

La vivienda tradicional rural refleja el legado cultural y la identidad de las comunidades, adaptándose a las condiciones climáticas y geográficas de cada región con materiales locales y técnicas autóctonas. Analizando las características arquitectónicas tradicionales, se busca combinar construcciones locales con tecnologías pasivas contemporáneas para mejorar el confort térmico. Las siguientes viviendas fueron elegidas por sus características en adaptación climática a través de la disposición de espacios, orientación y elección de materiales.

Vivienda 1: Se trata de una vivienda tradicional rural, en forma de "L", la cual tiene materiales como lo son: la teja de fibrocemento, lámina acanalada de aluminio sobre su cubierta, muros de mampostería con ladrillo cocido con un revestimiento en concreto y pilares en madera, fue seleccionada para este estudio por sus características topográficas, su ubicación y la variedad de materiales utilizados para su construcción, se evidencia en la figura 6.

Vivienda 2: En este tipo de vivienda la aplicación de pilares de madera además de materiales como la teja de barro, ladrillo cocido visto, revestimiento en concreto y pilares en

madera, como se puede observar en la figura 7, se trata de una construcción contemporánea que se ve influenciada por elementos tradicionales en el momento de distribuir sus espacios interiores, fue seleccionada para este estudio debido a la ubicación topográfica, la falta de arborización como manera de desviar los vientos directos y la variedad de materiales utilizados para su construcción.

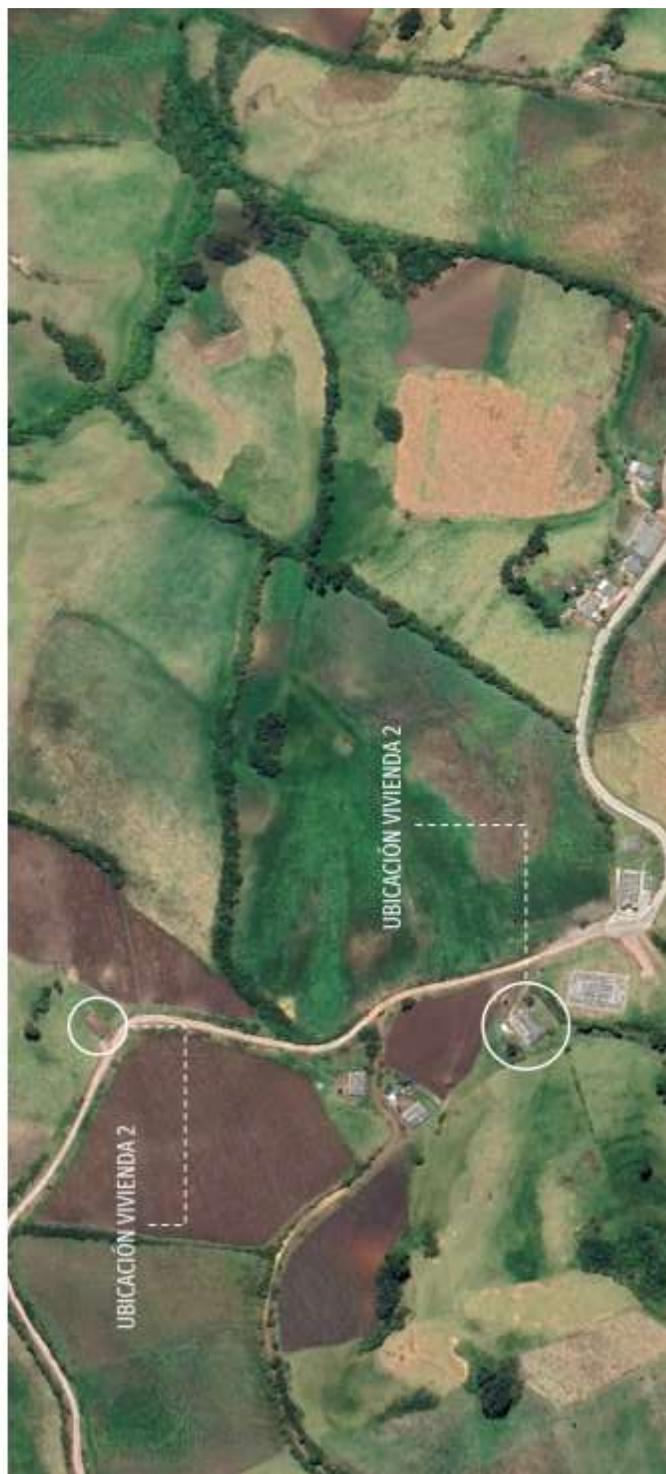
Vivienda 3: Esta vivienda presenta una ubicación estratégica, se detalla de manera clara en la figura 8, ya que hace uso de la topografía elevada de la colina, para así desviar los vientos locales, además de hacer uso de una vegetación baja alrededor de la misma, lo cual contribuye a la estabilización de temperatura en el contexto exterior inmediato, posee una forma ortogonal contemporánea y hace uso de materiales como la teja de fibrocemento – eternit, muros de ladrillo con revestimiento en concreto, del mismo modo, su estructura está realizada en concreto.

Vivienda 4: Como se muestra en la figura 9, es una vivienda tradicional construida en tapia, lo cual representa un valor cultural, además, presenta una barrera de masa arbórea media en la fachada posterior, utiliza materiales como la teja de barro en el techo, y lámina acanalada de aluminio para recubrir ciertas zonas, su ubicación topográfica es beneficiosa debido a que se encuentra en la parte baja de una colina, por consiguiente, los vientos locales no impactan directamente, aunque la proporción del tejado y ventanas, no permite el acceso de luz solar en algunos espacios internos de la construcción.

Figura 9

Localización de viviendas de estudio

LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS DE ESTUDIO

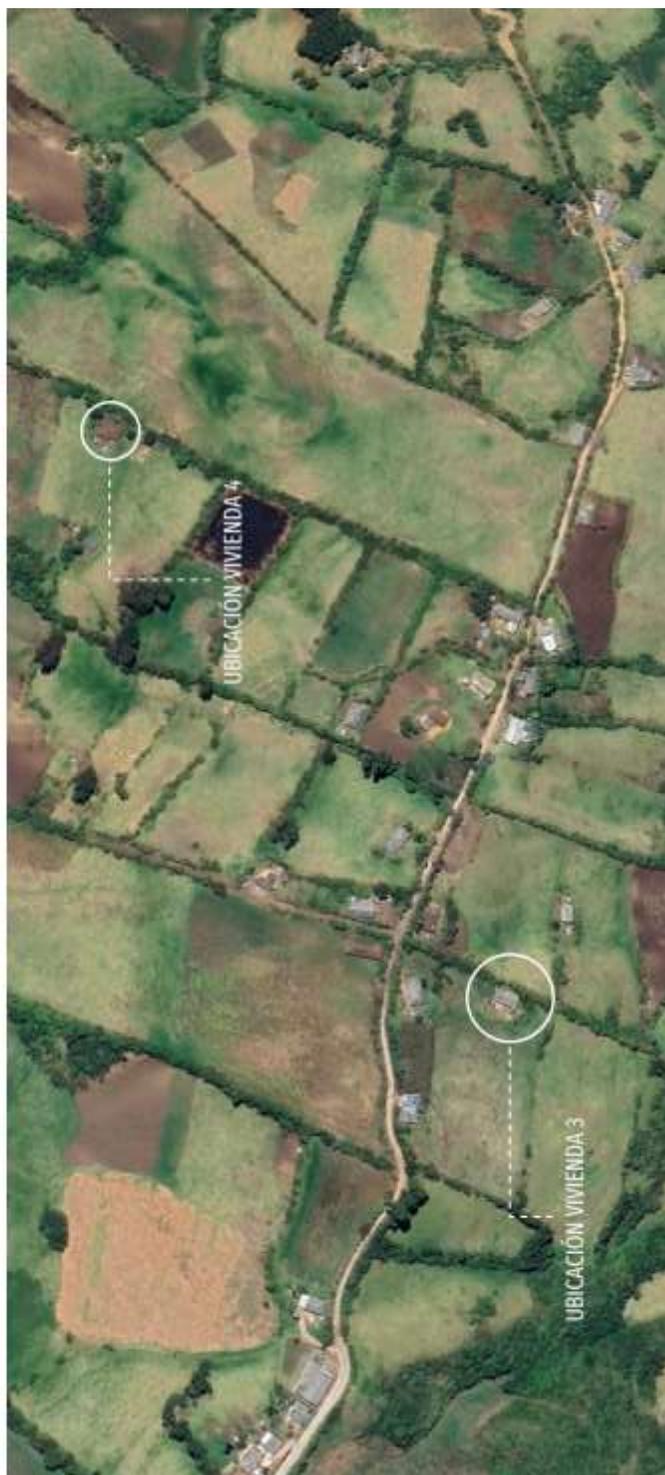


Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 10

Localización de viviendas de estudio

LOCALIZACIÓN DE VIVIENDAS DE ESTUDIO



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 11

Primera vivienda seleccionada para el estudio



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 12

Segunda vivienda seleccionada para el estudio



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 13

Tercera vivienda seleccionada para el estudio



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 14

Cuarta vivienda seleccionada para el estudio



Nota. Fuente: Autoría propia.

Análisis de la trayectoria solar respecto a las viviendas estudiadas

Un análisis solar detallado permite identificar los muros potenciales para ubicar propuestas de soluciones constructivas, lo que permite el aprovechamiento de las ganancias solares durante el día. Esto se logra mediante el estudio de la trayectoria del sol a lo largo del año, considerando factores como la latitud, longitud, altitud y época del año.

Vivienda 1: En el caso esta construcción, se ha analizado la trayectoria solar en ambas fachadas. Los resultados muestran que La fachada Frontal recibe asoleamiento entre las 12:50 p.m. y las 5:50 p.m. La fachada Posterior recibe asoleamiento entre las 6:25 a.m. y las 11:25 a.m. Estos datos permiten identificar oportunidades para optimizar la captación de energía solar y reducir la demanda de calefacción en la vivienda.

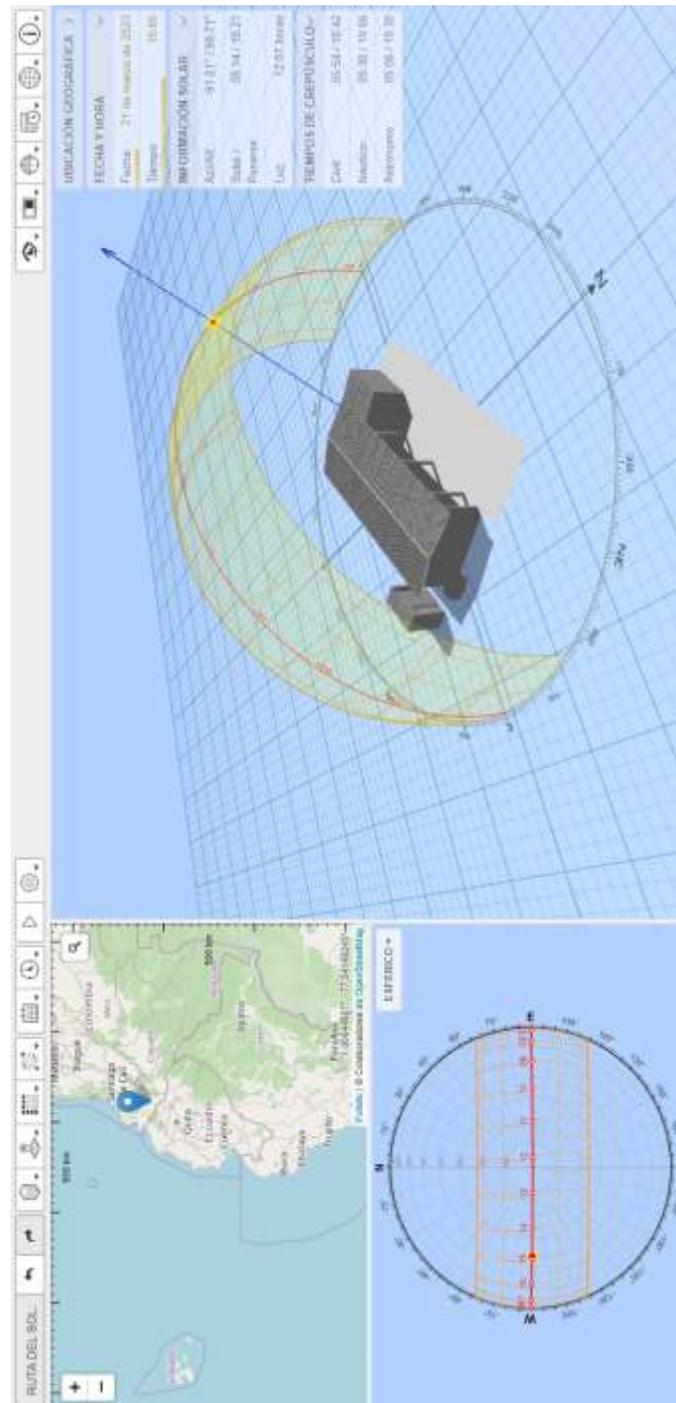
Vivienda 2. En climas fríos, la ganancia solar durante el verano puede ser un problema. Al analizar la trayectoria solar, se pueden diseñar estrategias para evitar el sobrecalentamiento, como el uso de aleros, persianas o vegetación, que protejan las aberturas de la radiación solar directa en épocas de calor. El análisis de la trayectoria solar revela que la fachada Frontal recibe asoleamiento directo desde las 2:40 p.m. hasta las 6:15 p.m., mientras que la fachada Posterior recibe asoleamiento directo desde las 6:45 a.m. hasta las 10:30 a.m.

Vivienda 3. La captación de calor solar durante el invierno ayuda a mantener una temperatura interior confortable, reduciendo la necesidad de calefacción artificial. El conocimiento de la trayectoria solar permite combinar el diseño solar con otras estrategias bioclimáticas pasivas, como el uso de la ventilación natural y la protección contra el viento, para lograr una mayor eficiencia energética y confort térmico en la vivienda. En la Vivienda 3, el análisis de la trayectoria solar revela que la fachada Frontal recibe asoleamiento directo desde la 1:45 p.m. hasta las 5:55 p.m., mientras que la fachada Posterior recibe asoleamiento directo desde las 6:50 a.m. hasta las 11:15 a.m.

Vivienda 4. El análisis de la trayectoria solar revela que la fachada Frontal recibe asoleamiento directo desde las 2:30 p.m. hasta las 5:25 p.m., mientras que la fachada Posterior recibe asoleamiento directo desde las 6:40 a.m. hasta las 10:30 a.m. Analizar la trayectoria solar es de gran ayuda para visualizar cómo la luz solar incide en diferentes momentos del día y las estaciones. Al considerar este factor, se logra una intervención que armoniza con el entorno y se pueden tomar decisiones informadas sobre la ubicación de ampliación de ventanas y la disposición de los espacios interiores.

Figura 15

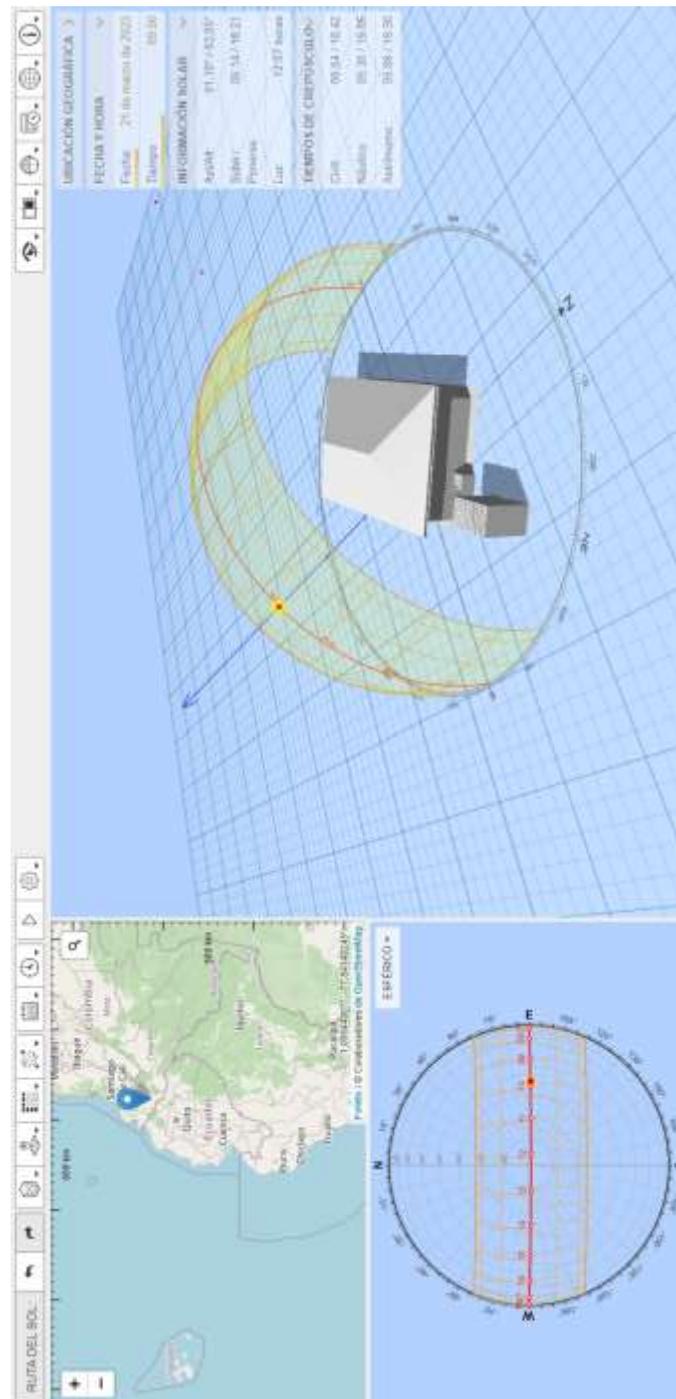
Trayectoria solar primera vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia a través de la página andrewmarsh.com.

Figura 16

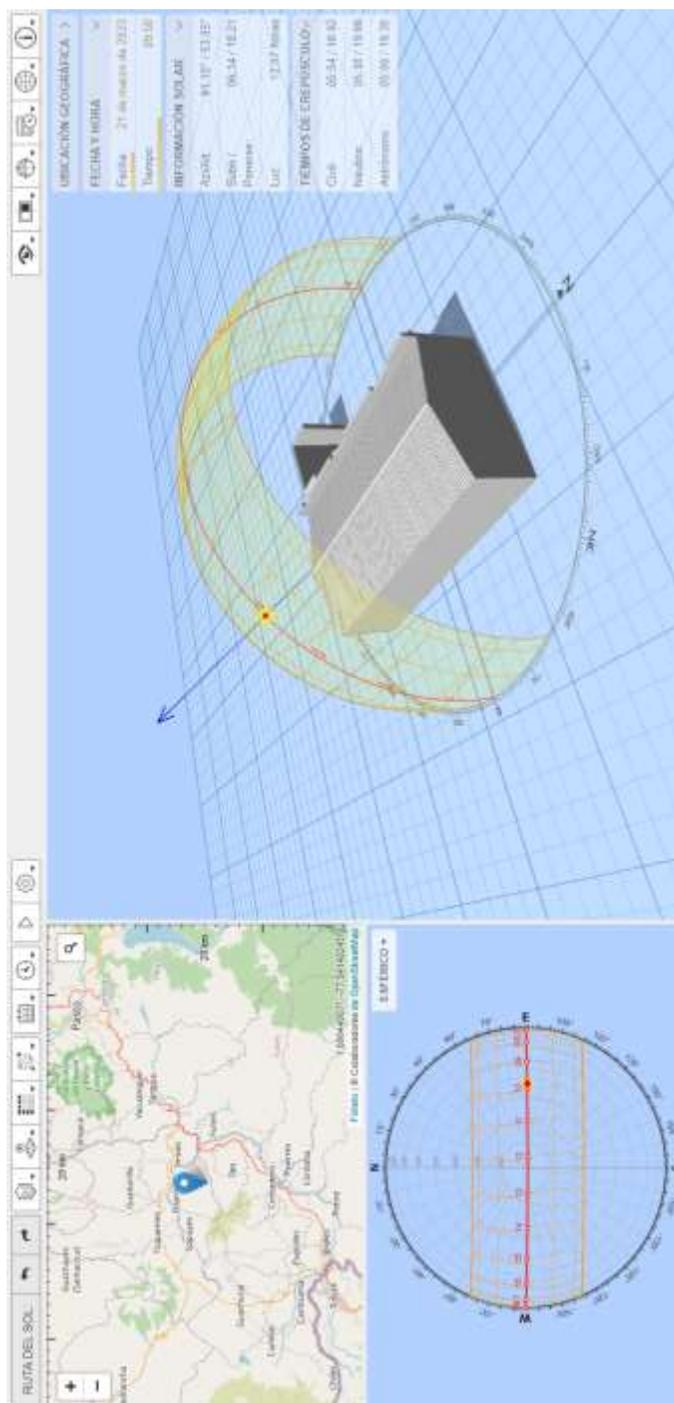
Trayectoria solar segunda vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia a través de la página andrewmarsh.com.

Figura 17

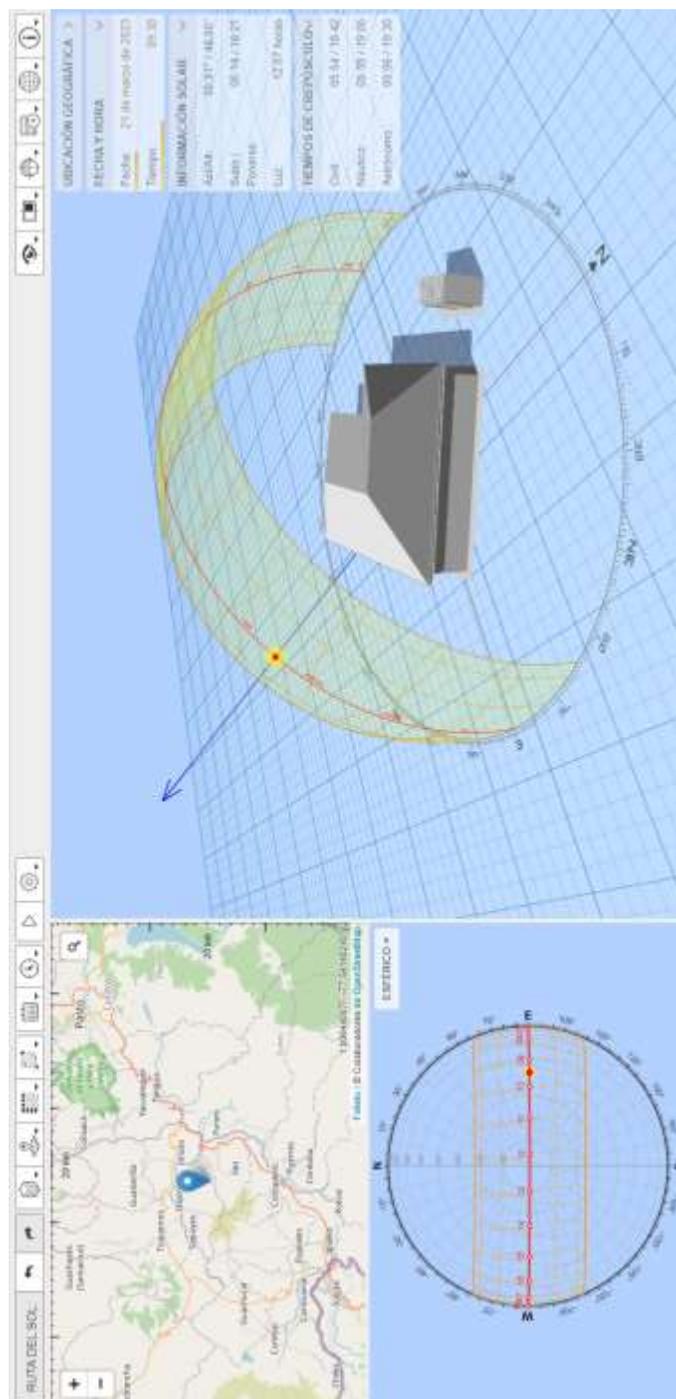
Trayectoria solar tercer vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia a través de la página andrewmarsh.com.

Figura 18

Trayectoria cuarta tercer vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia a través de la página andrewmarsh.com.

Propiedades físicas de los materiales prevalentes sobre los sectores de estudio

La elección de materiales de construcción es un aspecto crucial que afecta directamente la eficiencia energética y el confort térmico en el interior de las viviendas. Los materiales pueden influir en la forma en que las viviendas interactúan con las condiciones climáticas exteriores, ya sea al aislar contra el frío o el calor, almacenar o liberar calor gradualmente y regular la transferencia de energía térmica. Estos factores no solo impactan en el bienestar de los habitantes, sino también en el uso energético y en la durabilidad de las construcciones. Para comprender cómo los materiales afectan el comportamiento térmico, es esencial analizar sus propiedades clave, como la conductividad térmica, la resistencia térmica y la inercia térmica. Estas propiedades proporcionan información vital sobre cómo los materiales interactúan con las fluctuaciones de temperatura y la radiación solar. La conductividad térmica determina cómo los materiales transmiten el calor, mientras que la resistencia térmica mide su capacidad para resistir ese flujo, la inercia térmica, por su parte, define la capacidad de un material para almacenar y liberar calor.

La teja de barro es adecuada para techos en climas fríos y húmedos debido a su capacidad para proporcionar un aislamiento moderado y su baja inercia térmica, que permite responder rápidamente a cambios de temperatura. Ayuda a mantener el calor dentro de la vivienda. A su vez, el ladrillo puede ser usado en climas fríos y húmedos, pero su baja resistencia térmica implica que necesitará complementarse con otros materiales aislantes para mejorar su rendimiento.

Por otro lado, el concreto no es óptimo por sí solo para climas fríos y húmedos debido a su alta conductividad térmica y baja resistencia térmica. Necesitará un aislamiento adicional para ser efectivo. Su alta inercia térmica puede ser beneficiosa para estabilizar la temperatura interior si se combina adecuadamente con otros materiales. La tapia es adecuada para climas fríos y húmedos gracias a su capacidad de proporcionar un buen nivel de aislamiento y su alta inercia térmica, no obstante, impide la transferencia de calor al interior, debido al grosor del muro. Del mismo modo, materiales como el fibrocemento es excelente para aislamiento térmico en climas fríos y húmedos debido a su muy baja conductividad térmica y alta resistencia térmica. Sin embargo, su baja inercia térmica significa que no almacena calor, por lo que podría necesitar combinarse con materiales que aporten inercia térmica para estabilizar la temperatura interior.

Figura 19*Propiedades físicas de los materiales existentes***Fibrocemento.**

Conductividad térmica (w/m.K) 0.04

Resistencia térmica (m²·k/w) 2.5Inercia térmica (j/m²·k) 0.01**Ladrillo.**

Conductividad térmica (w/m.k) 0.8

Resistencia térmica (m²·k/w) 0.13Inercia térmica (j/m²·k) 0.14**Tapia.**

Conductividad térmica (w/m.k) 0.5

Resistencia térmica (m²·k/w) 0.2Inercia térmica (j/m²·k) 0.9**Teja de barro.**

Conductividad térmica (w/m.k) 0.35

Resistencia térmica (m²·k/w) 0.29Inercia térmica (j/m²·k) 0.06**Aluminio.**

Conductividad térmica (w/m.k) 209.3

Resistencia térmica (m²·k/w) 0.2Inercia térmica (j/m²·k) 8.4**Concreto.**

Conductividad térmica (w/m.k) 1.4

Resistencia térmica (m²·k/w) 0.07Inercia térmica (j/m²·k) 0.24

Nota. Fuente: Autoría propia a través datos obtenidos en el trabajo “Estrategias Bioclimáticas en la arquitectura, por María López de Asiain Alberich”.

El aluminio no es adecuado para climas fríos y húmedos debido a su alta conductividad térmica y baja resistencia térmica, que lo hacen un mal aislante. Su alta inercia térmica y capacidad para disipar rápidamente el calor no son deseables en estos climas.

En climas fríos y húmedos, los materiales más adecuados son aquellos con baja conductividad térmica y alta resistencia térmica. La teja de barro, la tapia y el fibrocemento cumplen bien con estos criterios. El ladrillo y el concreto pueden ser utilizados con aislamiento adicional, mientras que el aluminio no es adecuado para este tipo de clima. La implementación de estas estrategias bioclimáticas pasivas, complementadas con los materiales existentes, puede mejorar significativamente el confort térmico de las viviendas rurales en climas fríos y húmedos. Es fundamental combinar técnicas tradicionales con enfoques modernos para lograr soluciones sostenibles y culturalmente respetuosas.

Cálculo de entalpía de los materiales existentes en las viviendas estudiadas

El cálculo de entalpía de materiales como la teja de barro, ladrillo, concreto, tapia, fibrocemento, y aluminio es determinante en este contexto, con las características climáticas mencionadas a lo largo de este capítulo. La entalpía es una medida de la energía total de un sistema, incluyendo la energía interna y la energía asociada con la presión y el volumen. En el caso de los materiales de construcción, la entalpía se refiere a la cantidad de energía necesaria para cambiar su temperatura.

En un clima frío y húmedo, la elección de materiales con baja entalpía es fundamental para reducir la demanda de energía para calefacción y mejorar el confort térmico dentro de la vivienda. Los materiales con baja entalpía tienen una menor capacidad para absorber y liberar calor, lo que reduce la carga térmica en el edificio y minimiza la necesidad de sistemas de calefacción. Por ejemplo, la teja de barro y el ladrillo tienen una baja entalpía debido a su alta densidad y baja conductividad térmica. Estos materiales pueden ayudar a mantener una temperatura estable dentro de la vivienda, reduciendo la necesidad de calefacción. Por otro lado, materiales como el fibrocemento y el aluminio tienen una mayor entalpía debido a su baja densidad y alta conductividad térmica, lo que los hace menos adecuados para climas fríos y húmedos.

Finalmente, cálculo de entalpía de materiales es importante en este análisis debido a que facilita la elección de materiales adecuados para climas fríos y húmedos y reducir la demanda de energía para calefacción. Esto se logra mediante la selección de materiales con baja entalpía, como la teja de barro y el ladrillo, y la implementación de estrategias pasivas de diseño bioclimático que aprovechan las condiciones climáticas naturales.

Tabla 2

Datos correspondientes a el cálculo de entalpía en las viviendas estudiadas

Vivienda 1	Entalpia (Temperatura y humedad máximas)	Entalpía (Temperatura y humedad mínimas)
Concreto	11.907 Kcal	4.085 Kcal
Fibrocemento	13.387 Kcal	4.727 Kcal
Aluminio	12.435 Kcal	4.314 Kcal
Vivienda 2	Entalpia (Temperatura y humedad máximas)	Entalpía (Temperatura y humedad mínimas)
Concreto	11.234 Kcal	4.413 Kcal
Teja de Barro	11.962 Kcal	4.732 Kcal
Ladrillo	11.507 Kcal	19,008 Kcal
Vivienda 3	Entalpia (Temperatura y humedad máximas)	Entalpía (Temperatura y humedad mínimas)
Concreto	8,076 Kcal	4.498 Kcal
Fibrocemento	9.055 Kcal	5.132 Kcal
Teja de barro	8.566 Kcal	4.815 Kcal
Vivienda 4	Entalpia (Temperatura y humedad máximas)	Entalpía (Temperatura y humedad mínimas)
Concreto	7.368 Kcal	5.526 Kcal
Teja de barro	7.187 Kcal	0.590 Kcal
Aluminio	7.696 Kcal	0.579 Kcal

Nota. Fuente: Autoría propia.

Análisis de las variables climáticas locales, para identificar la vulnerabilidad de temperatura presente y confort térmico a lograr

Al intentar transformar una construcción ya existente en un hogar confortable y eficiente desde el punto de vista bioclimático, la clave reside en comprender tanto las condiciones exteriores como las intrínsecas particularidades internas. Este entendimiento integral no solo se traduce en una vivienda más acogedora, sino que también representa un paso significativo hacia el comportamiento térmico y la reducción del impacto ambiental. Realizar una comparación entre mediciones tanto en el interior como en el exterior de una vivienda es fundamental para desarrollar propuestas de estrategias pasivas bioclimáticas en una vivienda ya existente.

Las mediciones exteriores proporcionan información sobre las condiciones climáticas generales de la ubicación, incluyendo la humedad y las variaciones de temperatura. Las mediciones interiores ofrecen una visión detallada del microclima específico dentro de la vivienda, que puede ser diferente debido a factores como la orientación de la casa, los materiales existentes, la calidad del aislamiento y la presencia de sombra natural. Al realizar mediciones tanto dentro como fuera de la vivienda, es posible identificar los puntos críticos donde se producen problemas de confort térmico.

Es posible determinar si hay áreas de la casa que reciben demasiado calor debido a la radiación solar directa o si hay corrientes de aire frío que provocan sensaciones de incomodidad, este ejercicio ayuda a evaluar cómo los materiales de construcción reaccionan a las condiciones climáticas. Al comprender cómo estos materiales absorben, retienen y liberan calor, es posible proponer estrategias para optimizar su rendimiento, como agregar aislamiento adicional o utilizar materiales con propiedades térmicas específicas. Como ya se ha evidenciado anteriormente, cada vivienda tiene sus características únicas y, por lo tanto, una solución de diseño que funcione para una casa puede no ser adecuada para otra.

Registro de variables dentro de la vivienda

Como se menciona anteriormente, las siguientes mediciones van más allá de la simple recolección de datos; representan el primer paso hacia la creación de soluciones a medida que se adaptan perfectamente a las complejidades del entorno construido y natural, lo cual permite el enfoque de la disposición de los espacios donde hay dificultades para lograr el confort térmico.

Este conocimiento no solo se traduce en la identificación de áreas problemáticas, como puntos de calor excesivo o falta de ventilación adecuada, sino también en la capacidad de proponer estrategias pasivas bioclimáticas verdaderamente eficaces. Desde sombreados

estratégicos hasta la elección cuidadosa de materiales y técnicas de aislamiento, estas soluciones a medida se basan en datos concretos y observaciones precisas. (revisar las figuras 15 hasta la 22).

Vivienda 1: En el espacio de la cocina se encuentra una fluctuación de temperatura entre los 17 °C y 22 °C, lo que representa una estabilidad aceptable en horas del día, sin embargo, aún se encuentra por fuera del rango de confort establecido en el anterior capítulo. La humedad relativa en la zona de la cocina se mantiene relativamente estable, fluctuando solo en un rango estrecho entre el 51.4% y 66.9% lo que sugiere que la humedad está dentro del confort establecido, aunque en ciertos momentos del día, esta fluctuación no es tan constante, debido a la comparación de la humedad relativa con exterior, ya que la misma influye al interior de la vivienda.

La habitación principal muestra una variación significativa en la humedad relativa, con una fluctuación entre 16.1°C y 18.3°C, entre los valores máximos y mínimos registrados. Esta variación puede deberse a varios factores, como la ventilación directa, la permeabilidad de las paredes y techos. Las temperaturas registradas, con máximas y mínimas relativamente cercanas entre sí, indican que la habitación se mantiene en una regulación de temperaturas. A pesar de las variaciones estacionales, las temperaturas parecen ser relativamente estables, aunque sigue estando debajo del rango del confort térmico. Por otra parte, la humedad en este espacio presenta picos altos con una humedad del 80%, donde se demuestra que hay cambios abruptos de temperatura a lo largo del día ya que, en ciertas horas, puede llegar a un 51% de humedad. Esta falta de estabilidad podría indicar una inadecuada hermeticidad en el espacio, lo que impide mantener un ambiente equilibrado en términos de humedad, más en términos de confort existe aún carencia de equilibrio, debido a que el rango debería estar entre un 50% y 55%.

Vivienda 2: La variación en la temperatura presenta una fluctuación entre 16.2 °C y 22.8 °C, indica que este espacio interior mantiene un nivel de temperatura bastante estable, aunque sin llegar a cumplir con el rango de confort térmico.

La humedad Relativa registrada en la habitación principal es relativamente constante, aunque presenta picos de un 80.2% en ciertas horas del día, aunque con fluctuaciones mínimas y máximas cercanas entre sí. En este caso, se pueden considerar estrategias pasivas adicionales, como la optimización de la ventilación natural, el uso de cortinas o persianas para gestionar la radiación solar y la selección de materiales que proporcionan un mejor aislamiento, podría ayudar a optimizar aún más el confort térmico y la eficiencia energética de la habitación. Las mediciones en la habitación principal de la vivienda estudiada 2 indican un ambiente interior estable y cómodo en términos de humedad y temperatura.

Vivienda 3: La variación en la humedad relativa es relativamente baja en la zona de la cocina, lo que indica cierta estabilidad en este aspecto. Sin embargo, la diferencia entre los valores máximos y mínimos aún sugiere que podría haber cierta fluctuación en la humedad. Esta variación puede deberse a la ventilación, a la presencia de fuentes de humedad internas (como la cocción) y a la permeabilidad de las estructuras circundantes.

La variación en estas mediciones es relativamente baja, lo que indica cierta estabilidad en las condiciones de humedad en la habitación principal. Esta estabilidad puede contribuir al confort de los ocupantes, ya que las variaciones extremas en la humedad pueden afectar la calidad del aire y el bienestar. En este espacio, se puede evidenciar que está dentro del rango de confort establecido.

Vivienda 4: Las temperaturas registradas están en un rango cómodo (fluctuaciones entre 16.2°C y 21.9°C). Sin embargo, la humedad relativa se encuentra en niveles poco estables (fluctuaciones entre 52.6 % y 80.3% en la zona de la cocina y entre 45 % y 77,6 % en la habitación principal), aunque es esencial monitorearla para evitar problemas relacionados con la condensación y el moho, especialmente dado el contexto de una cocina. Dado que la cocina es propensa a generar calor y humedad debido a la cocción y otras actividades, es fundamental contar con un sistema de ventilación eficiente.

Las temperaturas están dentro de un rango cómodo y la humedad relativa, aunque variable, se mantiene en niveles regulares para poder alcanzar para el confort con ayuda de intervención. Sin embargo, la variabilidad en la humedad podría afectar la percepción del confort para los residentes, especialmente si esta variación ocurre frecuentemente. Dada la variabilidad en la humedad, es esencial realizar un monitoreo continuo para comprender las tendencias a lo largo del tiempo.

Análisis de distribución estadística de datos climáticos como temperatura y humedad relativa mediante la campana de Gauss

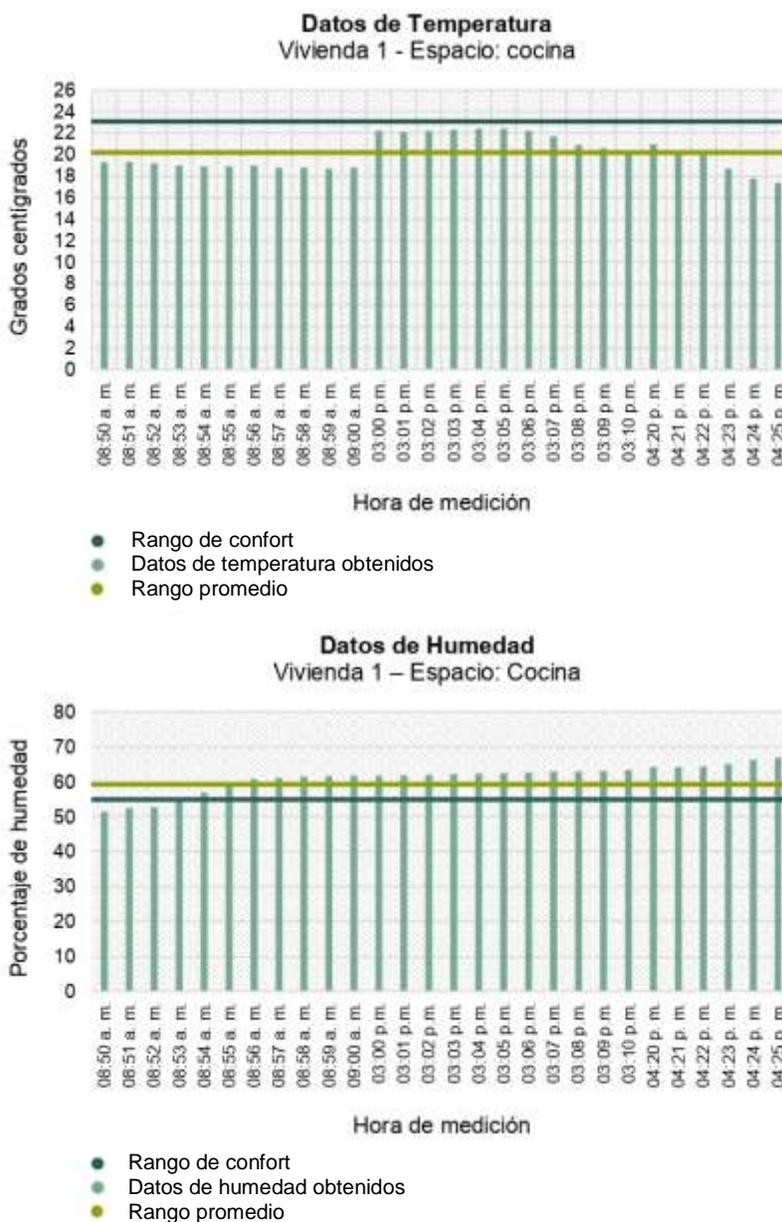
La representación gráfica de una distribución normal mediante la campana de Gauss es una herramienta estadística efectiva para organizar los datos de una muestra en una curva simétrica, lo que facilita la interpretación de las mediciones obtenidas en el campo de estudio. A través de esta herramienta, se identificaron las áreas que podrían estar más afectadas en términos de confort, alineándose con el modelo y estándares de Olgyay, como se puede ver en las figuras de la 23 hasta la 30.

En una primera evaluación, se analiza la situación de manera integral a través del gráfico, brindando una visión panorámica de las áreas potencialmente comprometidas. La representación

gráfica demuestra que existen probabilidades de alcanzar el confort térmico mediante soluciones pasivas teniendo en cuenta los límites establecidos para un rango de confort. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis más detallado, proporcionando datos estadísticos que reflejan la probabilidad de que ciertas condiciones estén fuera del área de confort.

Figura 20

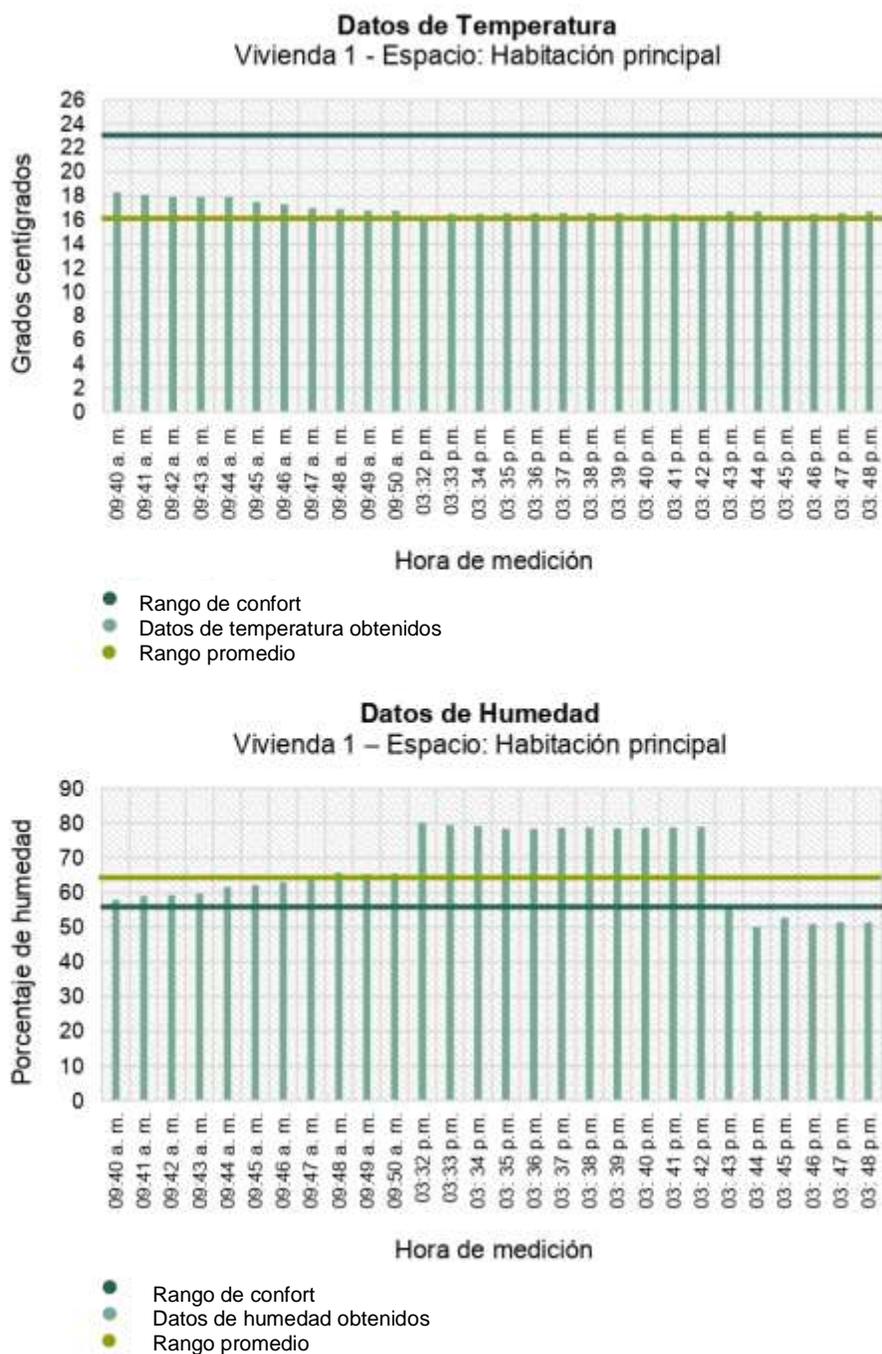
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 21

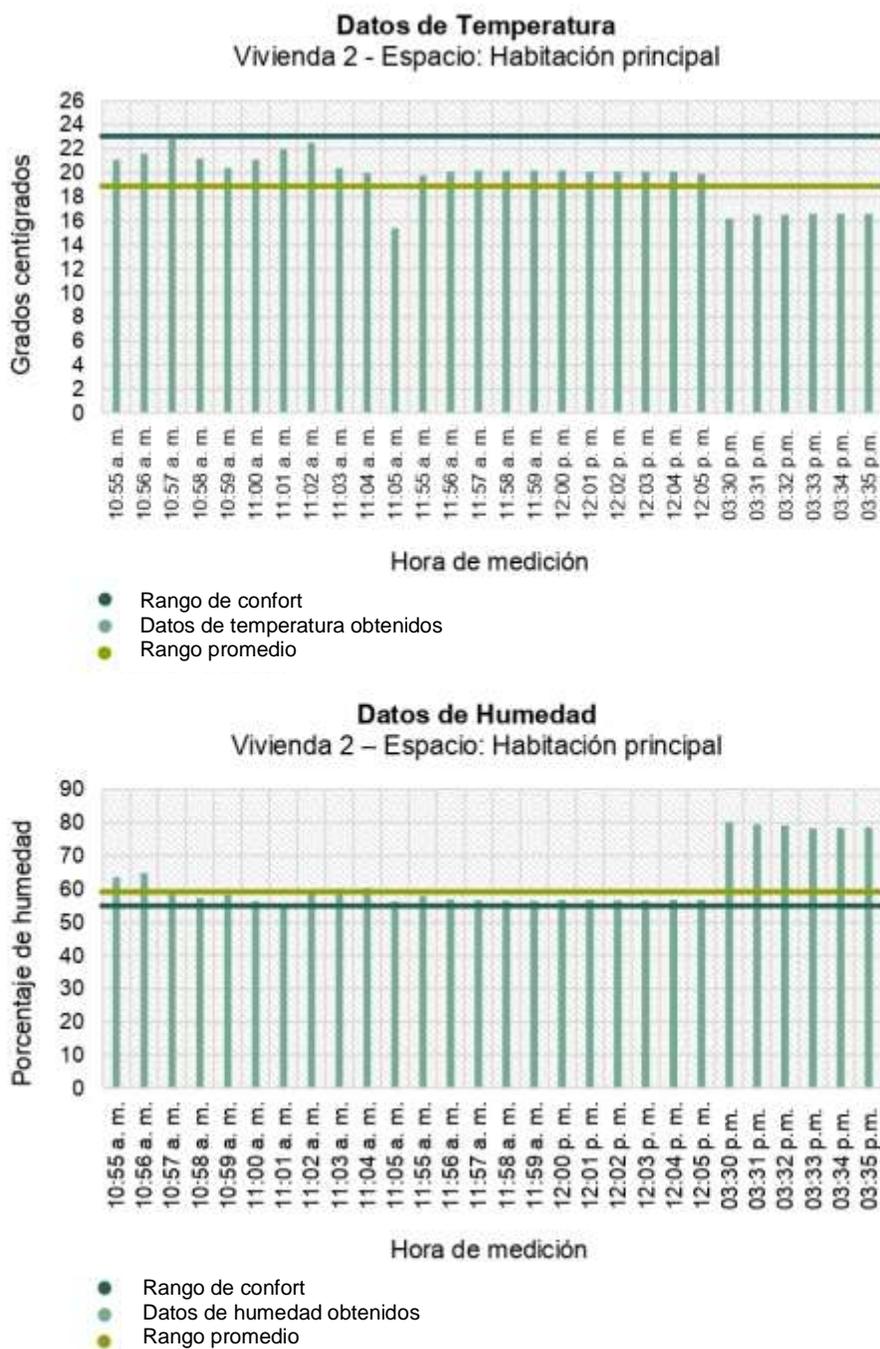
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 22

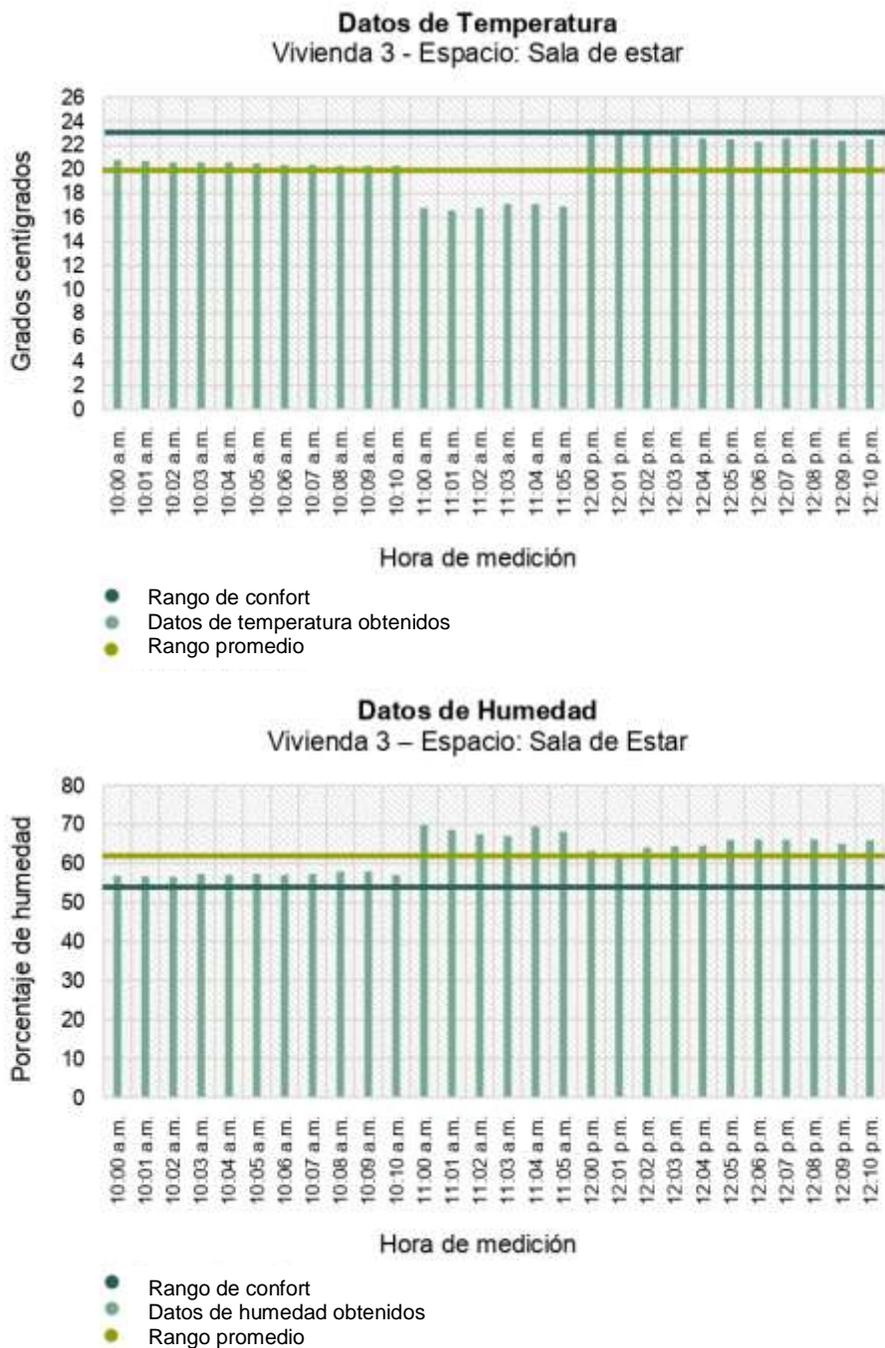
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 23

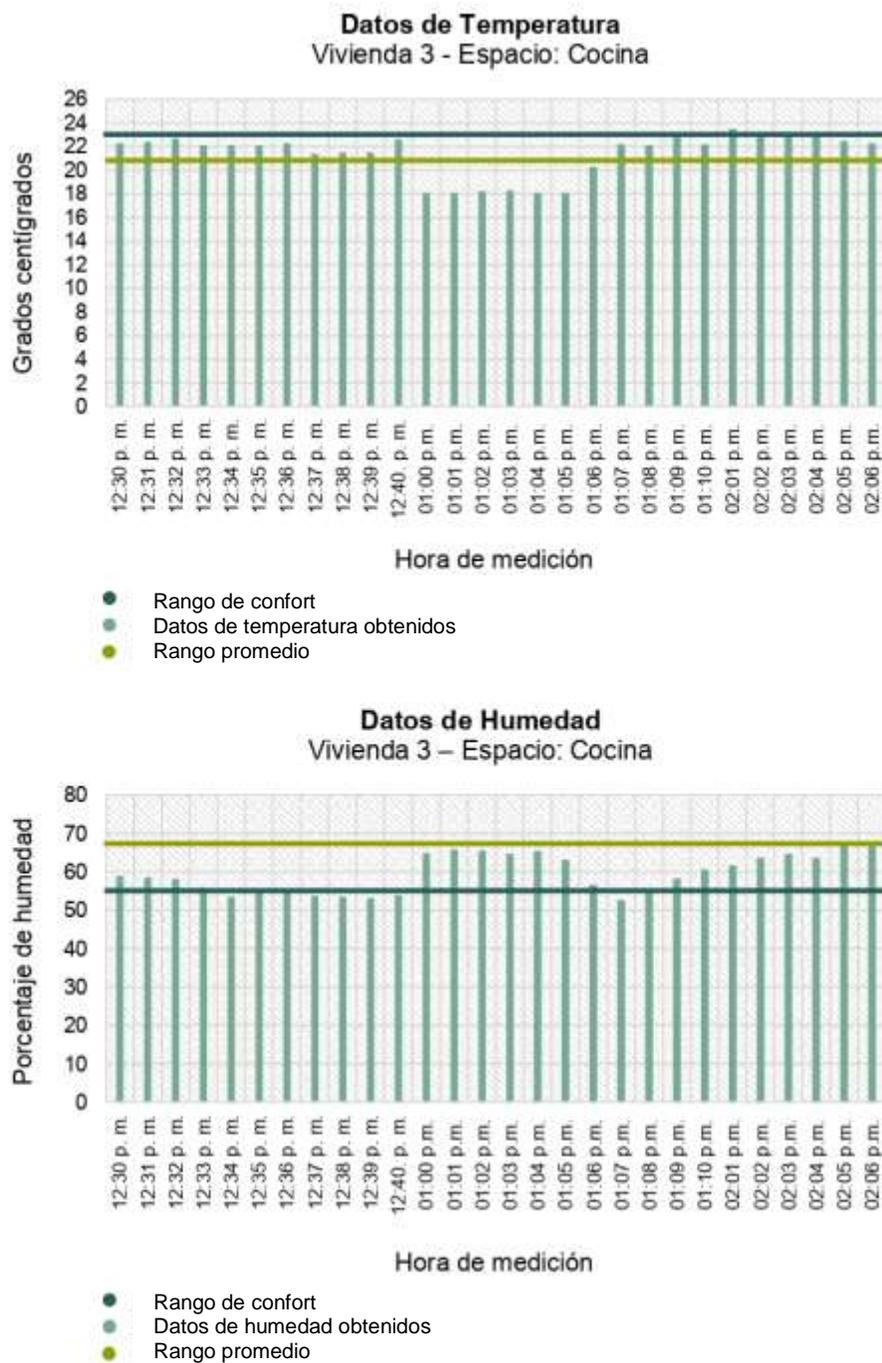
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 24

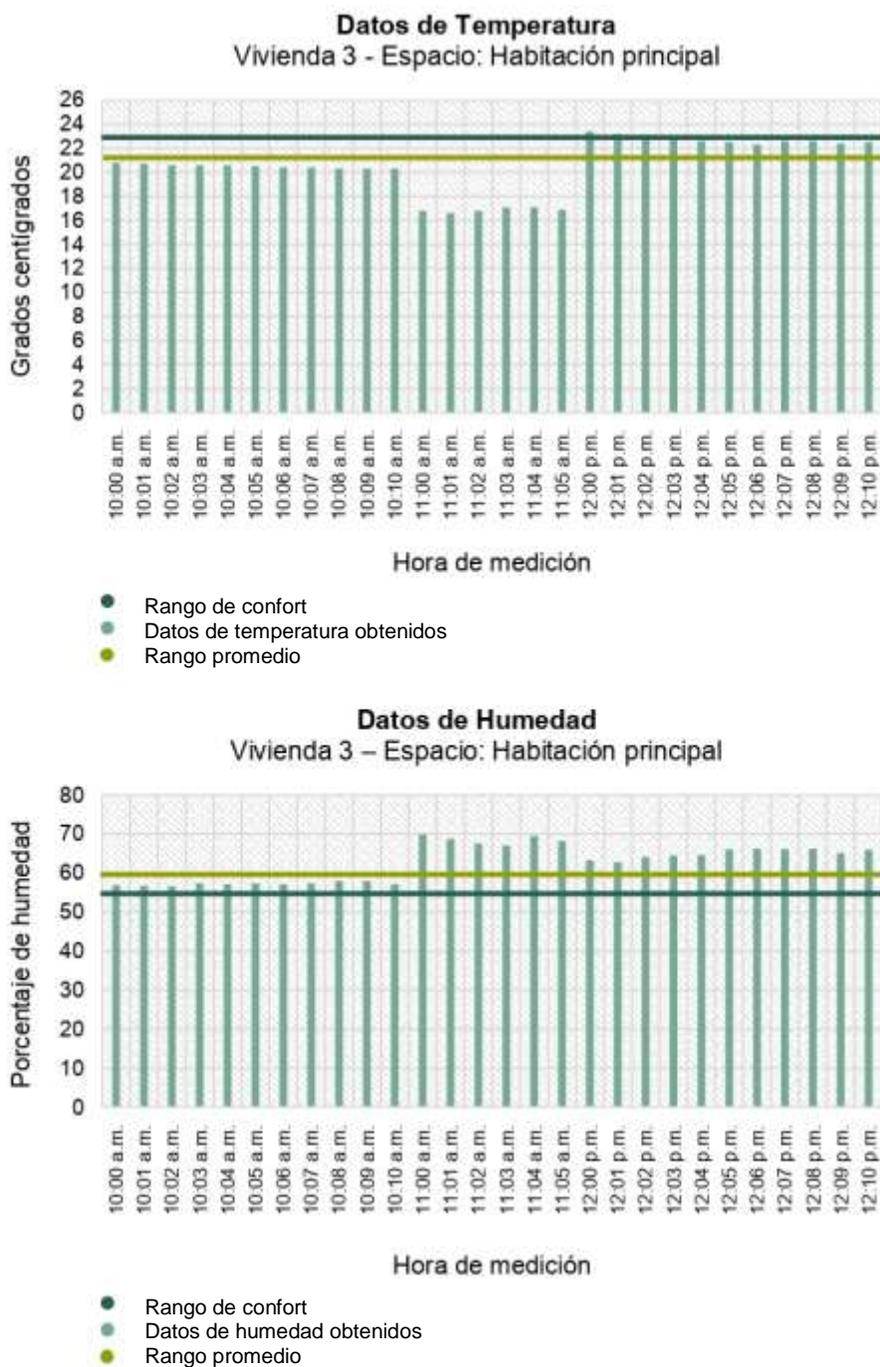
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 25

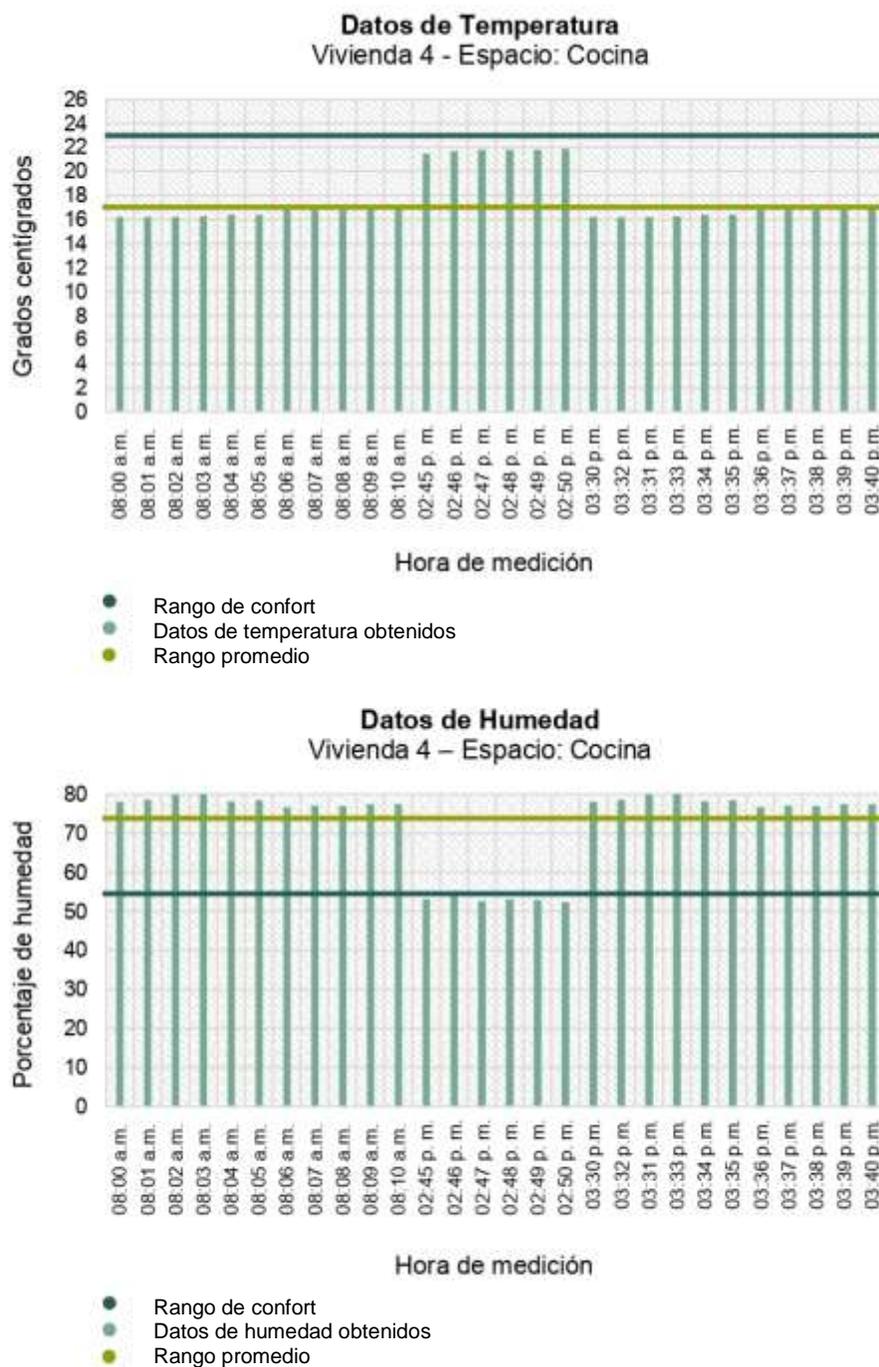
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 26

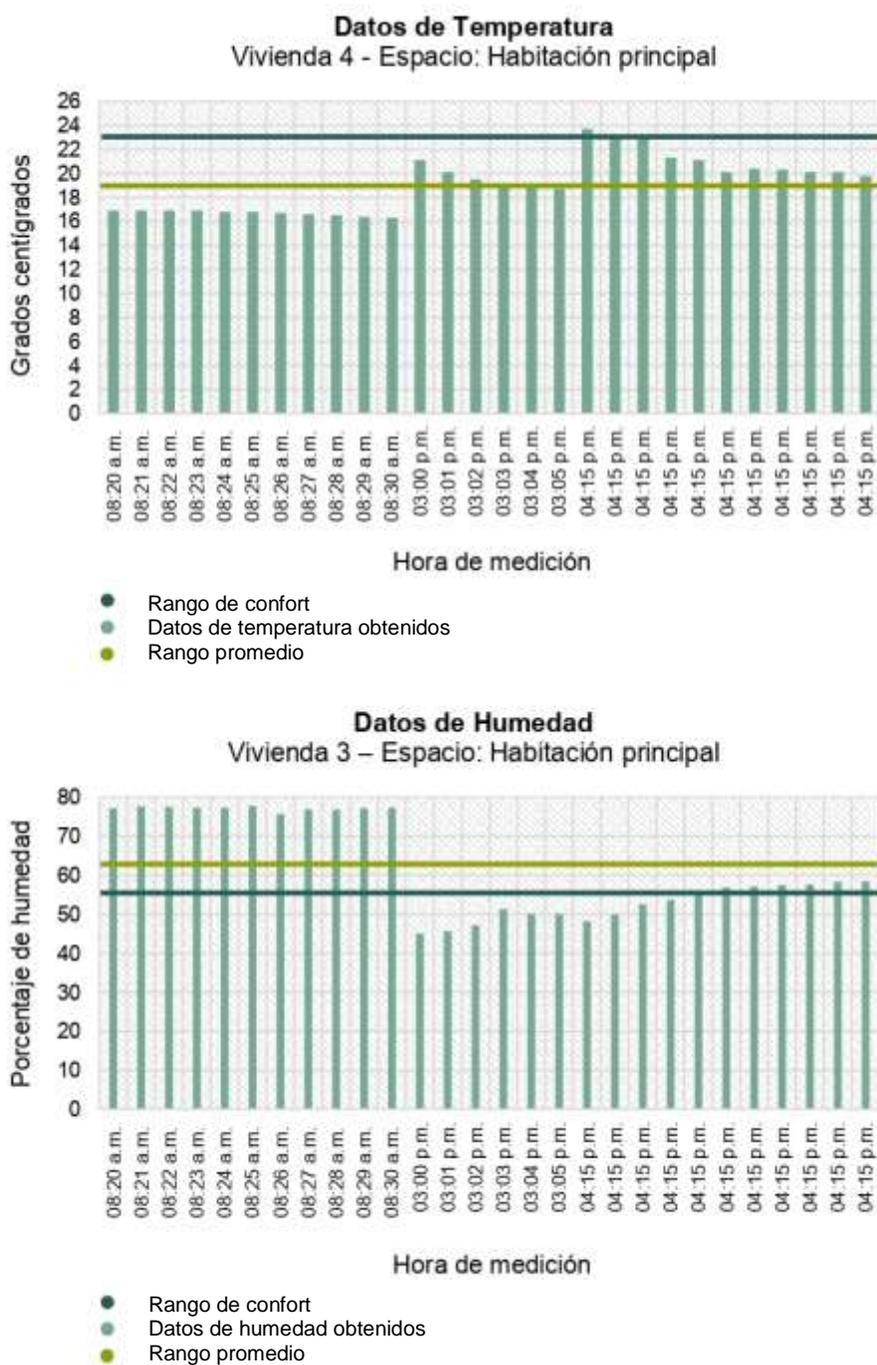
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 27

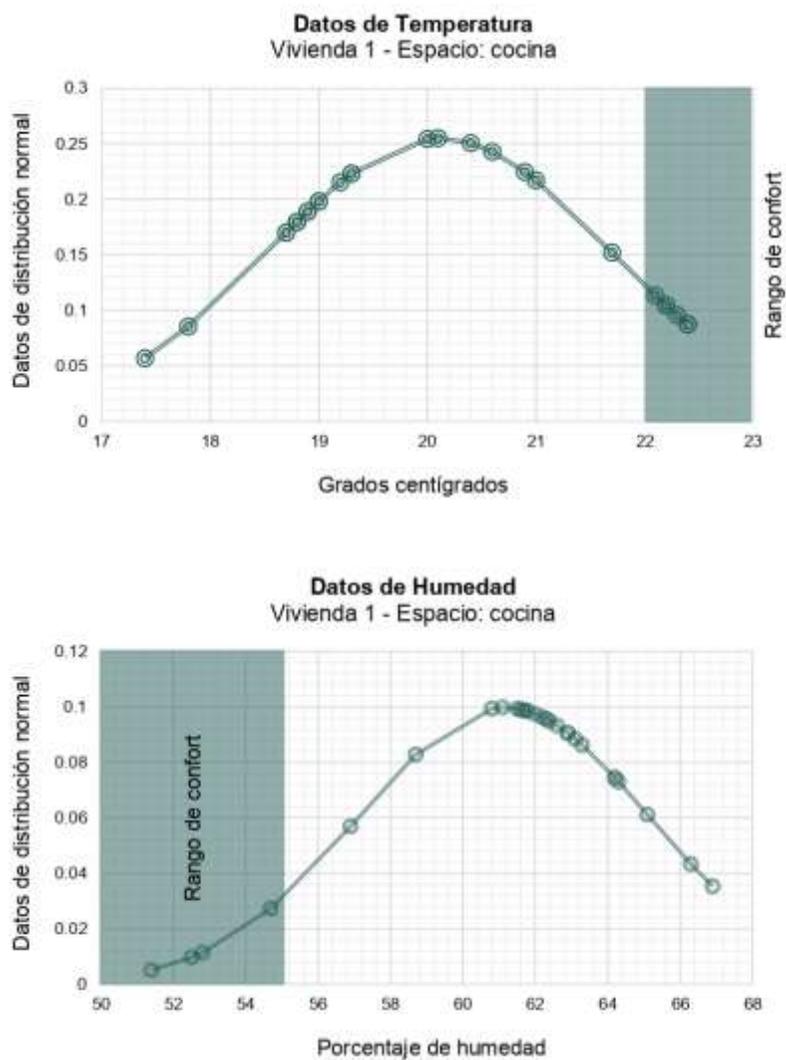
Mediciones propias realizadas dentro de la vivienda



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 28

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

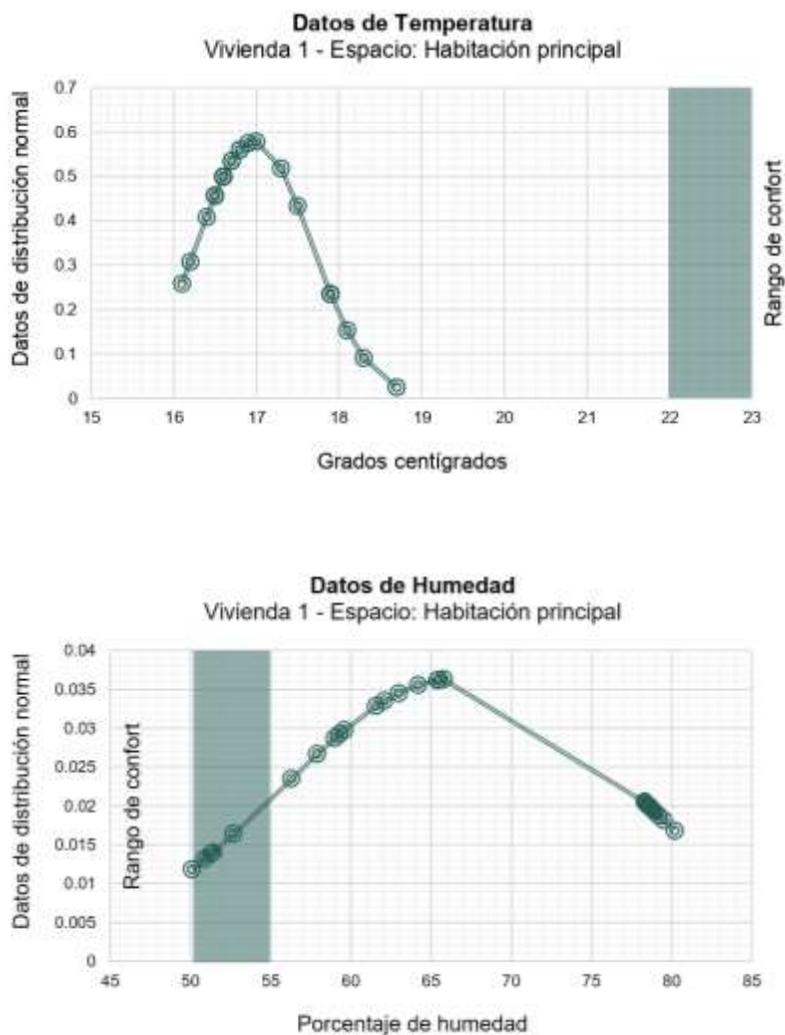


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
61 %	1.563078464	55%	50%	32.3 %	67,7 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
20 °C	3.999198002	23°C	23°C	16,6 %	83.4 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 29

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

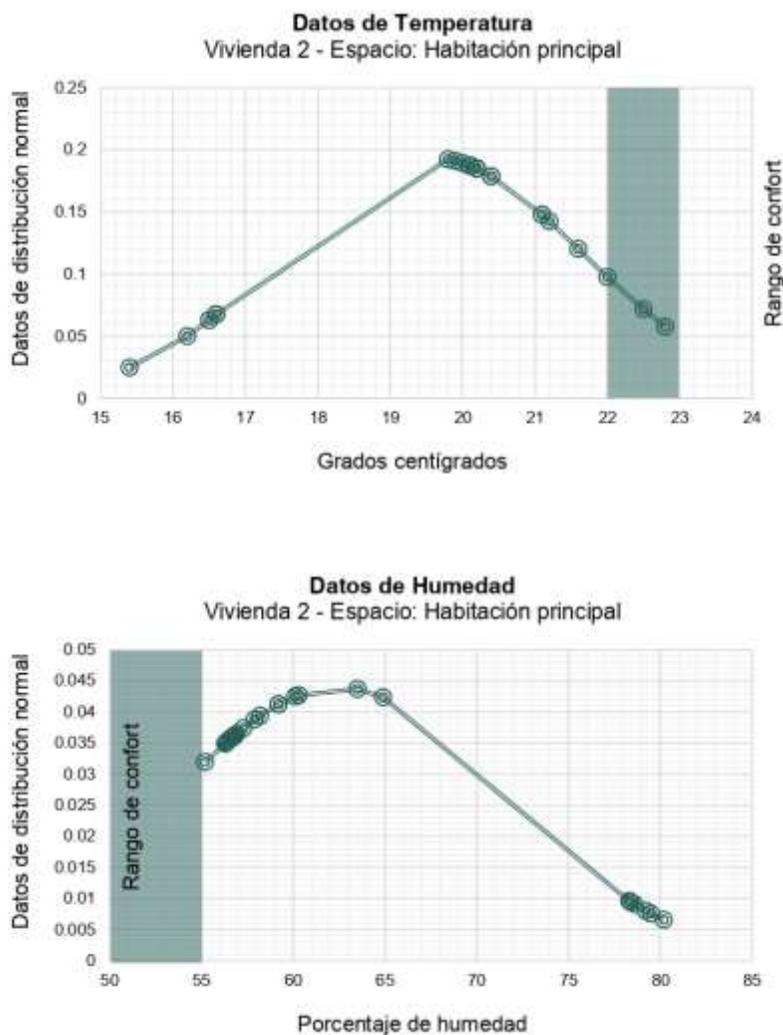


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
66 %	0.689403929	55%	50%	16.6 %	83.4 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
16 °C	10.96888577	23°C	23°C	0 %	100 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 30

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

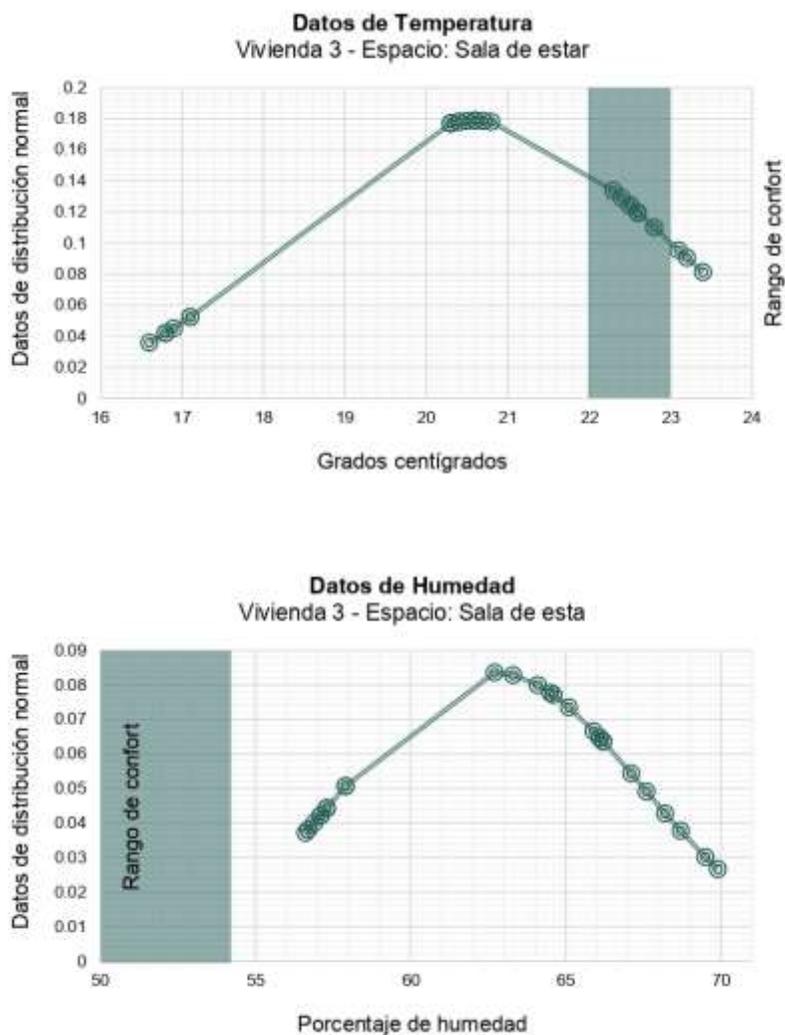


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
62 %	2.065113984	55%	50%	0 %	100 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
19.58 °C	9.077462061	23°C	23°C	12.5 %	87.5 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 31

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

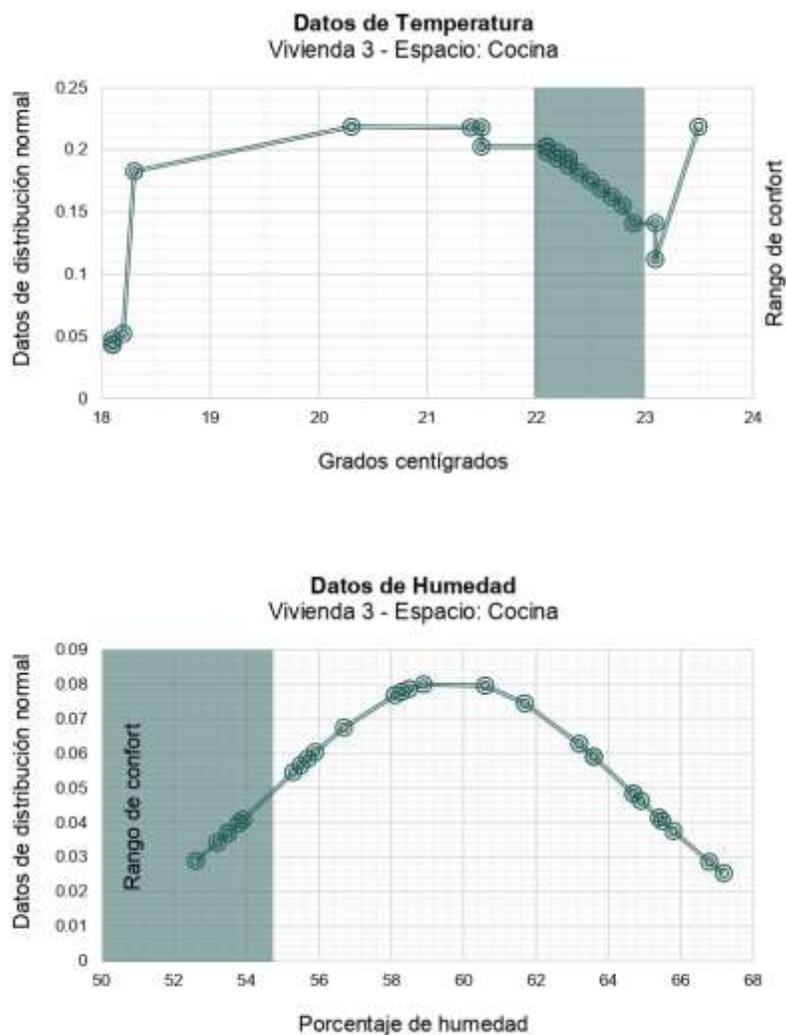


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
62 %	2.232089206	55%	50%	0 %	100 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
20 °C	4.772479528	23°C	23°C	12.5 %	87.5 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 32

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

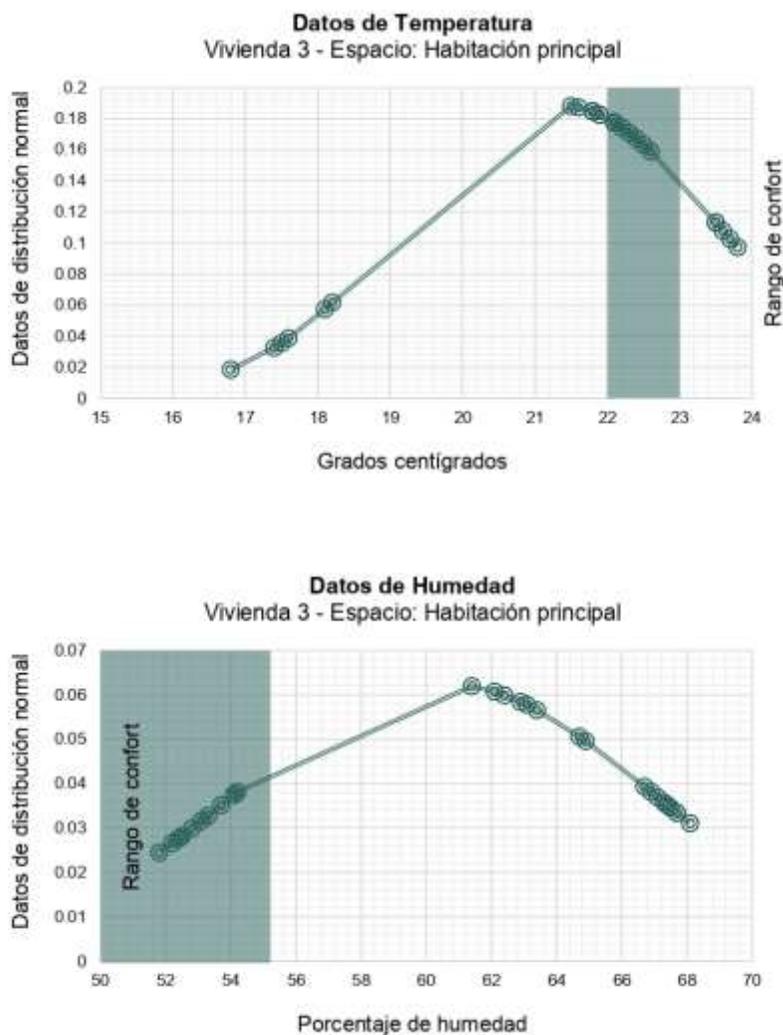


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
59 %	1.826216345	55%	50%	16.6 %	83.4 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
21 °C	4.92740286	23°C	23°C	32.3 %	67.7 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 33

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

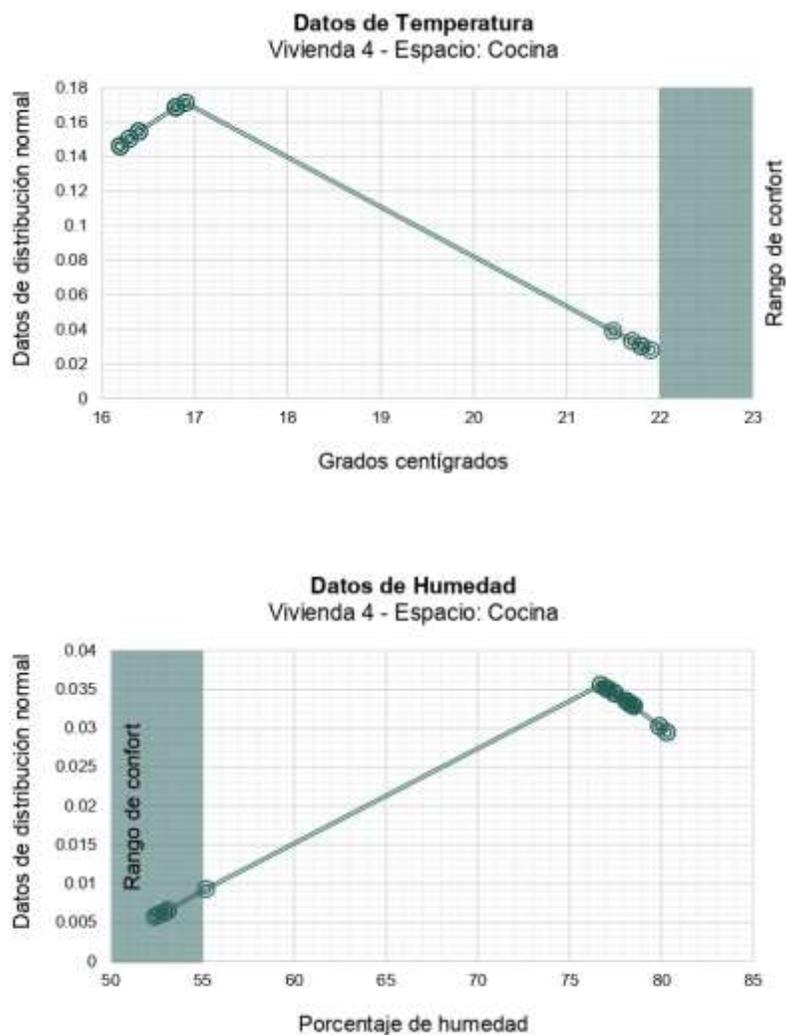


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
68 %	2.115763462	55%	50%	12.5 %	87.5 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
21 °C	6.382875362	23°C	23°C	32.3 %	67.7 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 34

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort

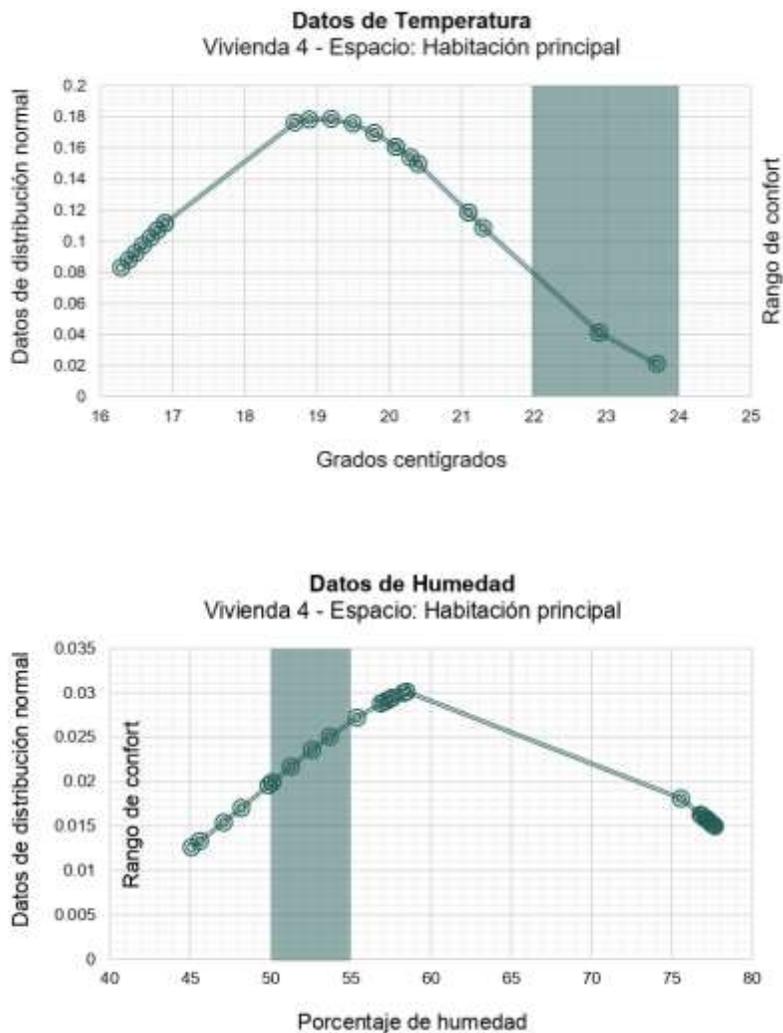


HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
72 %	2.197386013	55%	50%	16.6 %	83.4 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
17 °C	10.45416995	23°C	23°C	0 %	100 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 35

Gráfica de distribución estadística para determinar el porcentaje de confort



HR.Promedio	HR. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
62 %	2.233425134	55%	50%	12.5 %	87.5 %
T. Promedio	T. Desviación estándar	Confort máximo	Confort mínimo	Porcentaje dentro del confort térmico	Porcentaje fuera del confort
19 °C	12.67547939	23°C	23°C	12.5 %	87.5 %

Nota. Fuente: Autoría propia.

Análisis de datos climáticos obtenidos de temperatura y humedad relativa mediante la carta psicrométrica

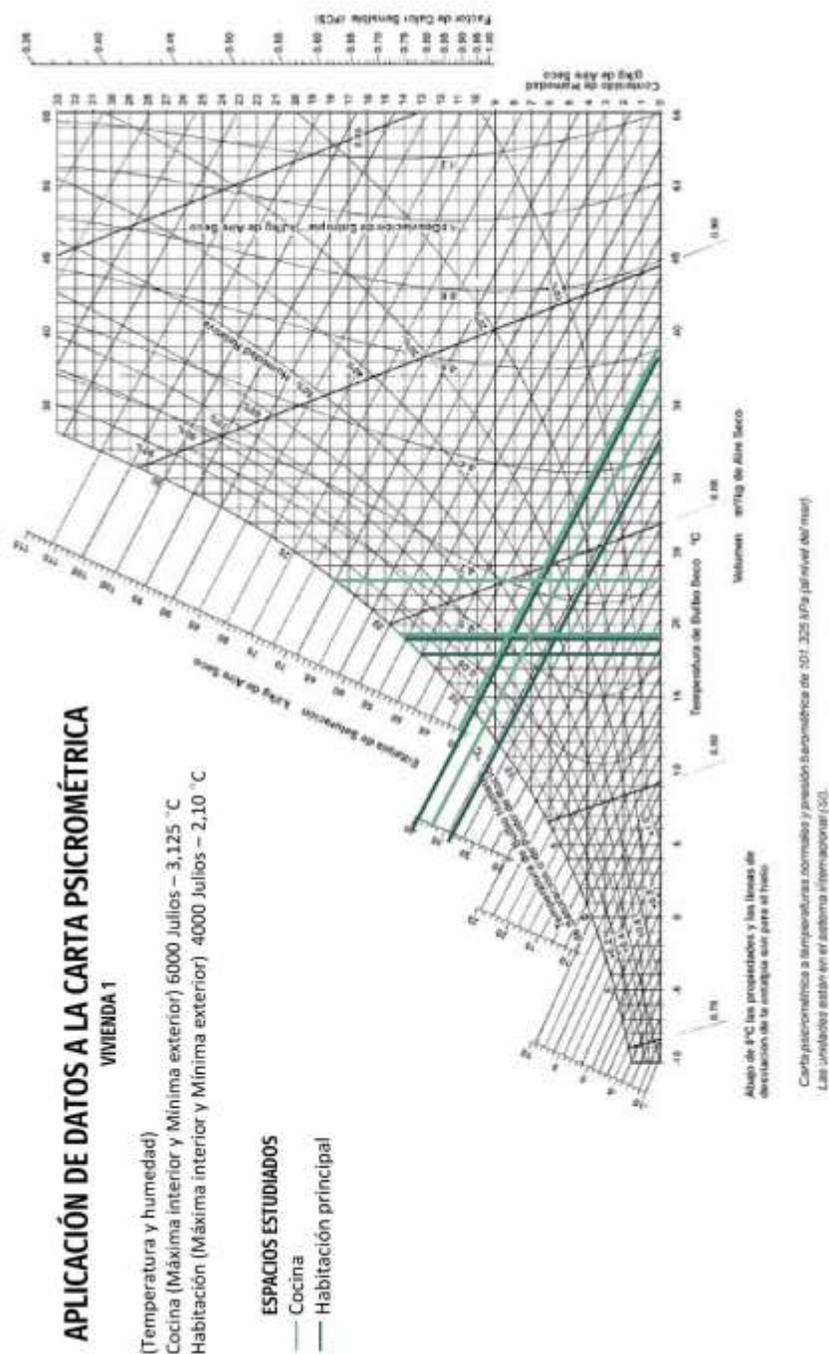
Dentro del análisis de las variables estudiadas dentro y fuera de las viviendas, se hace uso de la carta psicrométrica para interpretar los datos obtenidos: “Una comprensión de la psicometría y uso de la carta psicrométrica es esencial para el proceso de diseño de sistemas y dimensionamiento de serpentines que son parte de estos sistemas. Cualquiera que sea el tipo de serpentín, la corriente de aire que va a través de él puede ser trazada en la carta psicrométrica y puede ser aprendida una importante información sobre ella. Con este conocimiento, un diseñador puede responder preguntas y tomar decisiones durante el proceso de selección del serpentín. Este artículo cubrirá algunos de los principios básicos y conceptos del uso de la carta psicrométrica. Una carta psicrométrica es un esfuerzo por mostrar las relaciones en muchas de las propiedades del aire. La carta muestra todas las siguientes propiedades: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, punto de rocío, relación de humedad, calor total (entalpía) y volumen específico. Si por lo menos dos de estas propiedades listadas son conocidas, el resto pueden ser obtenidas. Antes de que uno pueda entender la carta psicrométrica, se requiere una comprensión de cada propiedad. Las definiciones y como ellas son trazadas en la carta psicrométrica están mencionadas abajo. Consulte el “esqueleto” de la carta para aclarar las descripciones” (Berg, 2016, p. 1).

Como se lo menciona anteriormente, esta carta permite analizar las relaciones entre varias propiedades del aire, como la temperatura del bulbo seco, la humedad relativa, el punto de rocío, la entalpía, y otras que influyen en el confort térmico. Lo que da como resultado es el número de grados centígrados necesario para que las condiciones de la vivienda alcancen el confort térmico deseado. Con los datos de las condiciones actuales de la vivienda en cuanto a temperatura y humedad relativa, puede verse en la carta si las condiciones actuales se encuentran en el rango óptimo de confort térmico.

Esto implica la creación de una línea en la carta que muestra las condiciones reales de la vivienda y compararlas con las condiciones deseadas. Si las condiciones reales se encuentran debajo del nivel de comodidad, se determinará cuántos grados centígrados le faltan para llegar a las condiciones deseadas. Este análisis es útil para determinar estrategias pasivas que ajusten las condiciones internas de las viviendas, como la instauración de sistemas que ayuden a mantener la captura de calor o el control de la humedad. Lo importante es optimizar el confort térmico sin la necesidad de recurrir a sistemas artificiales de climatización.

Figura 36

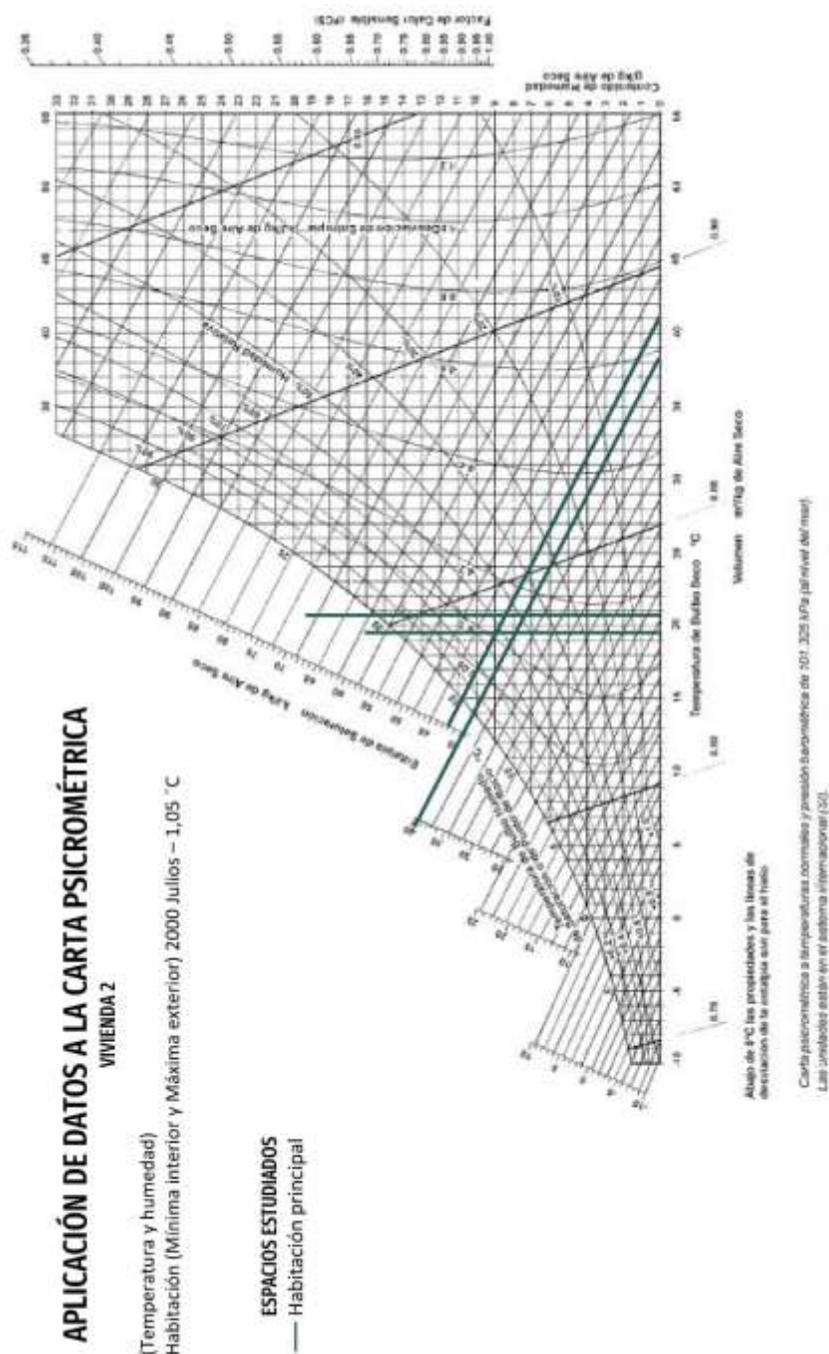
Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Figura 37

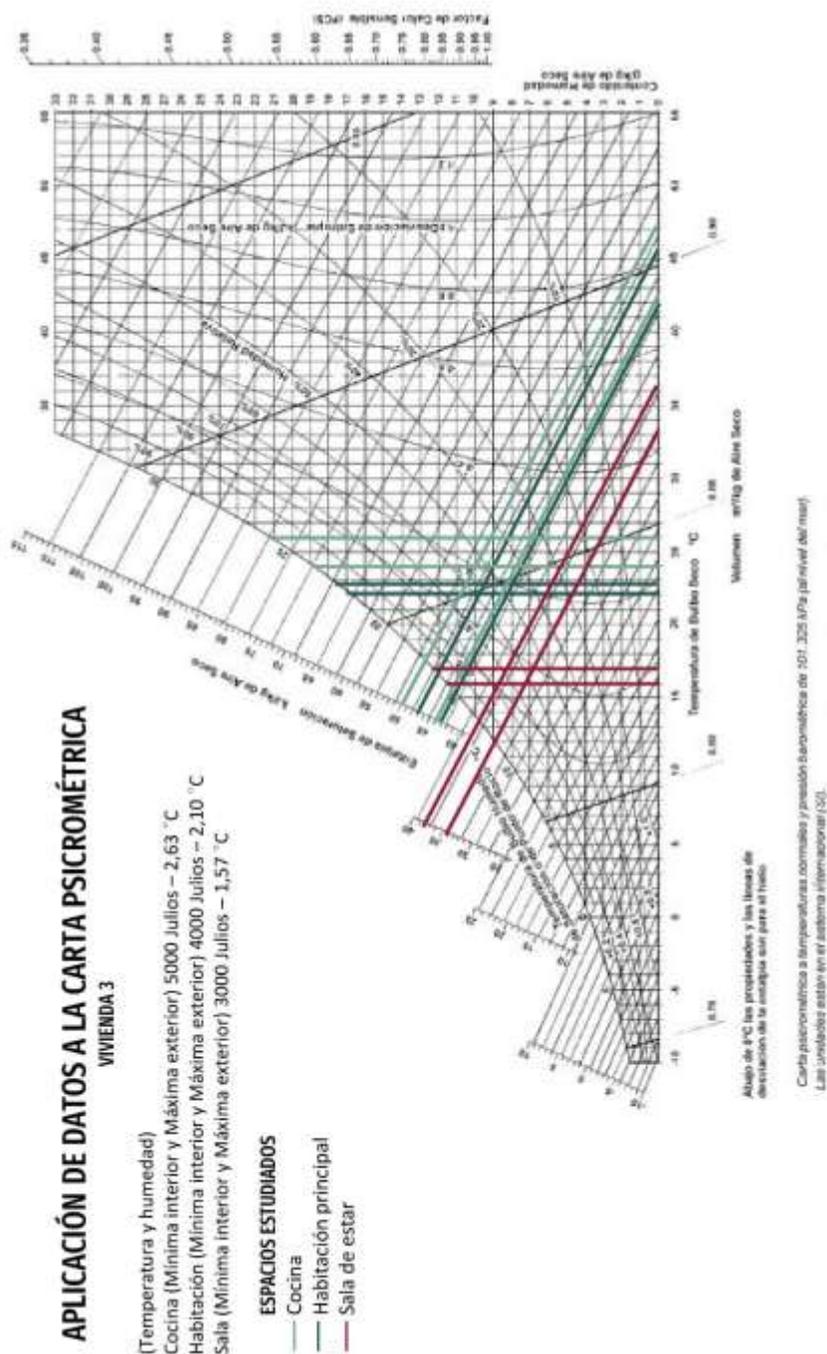
Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Figura 38

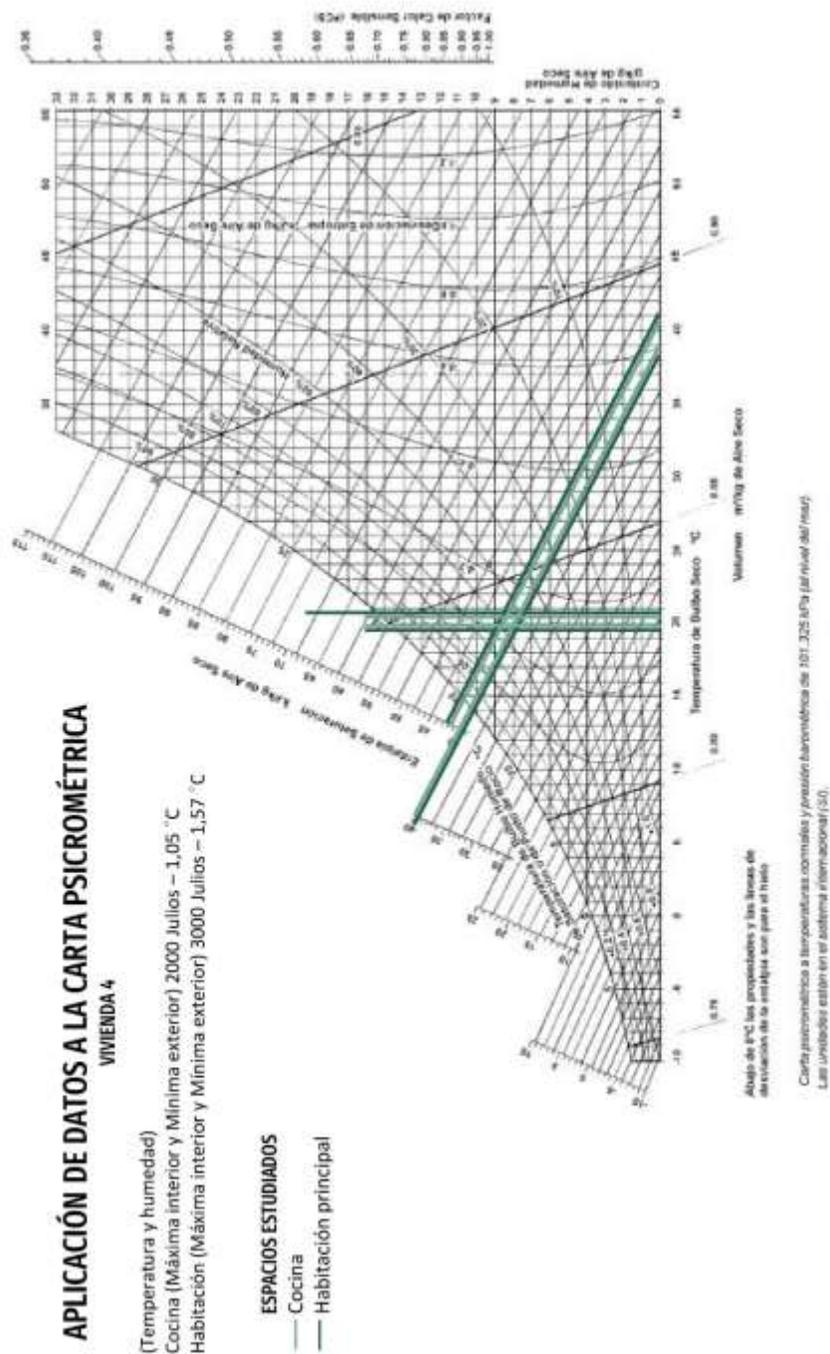
Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Figura 39

Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en la carta psicrométrica



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Determinación de estrategias bioclimáticas pasivas existentes para clima frío - húmedo, las cuales deben ser aptas para las viviendas estudiadas

Para realizar la selección de dichas estrategias, se utiliza el diagrama de Givoni, en el cual se puede observar el análisis de temperaturas y humedades específicas de cada vivienda, donde se destaca la eficacia de las ganancias internas. Estas estrategias implican la captura y redistribución de calor generado internamente, aprovechando las actividades diarias y los elementos de la vivienda para modular la temperatura y la humedad. La elección de las ganancias internas como estrategia clave se basa en la comprensión de que la vida cotidiana en esta región, genera una cantidad significativa de calor en horas específicas del transcurso del día.

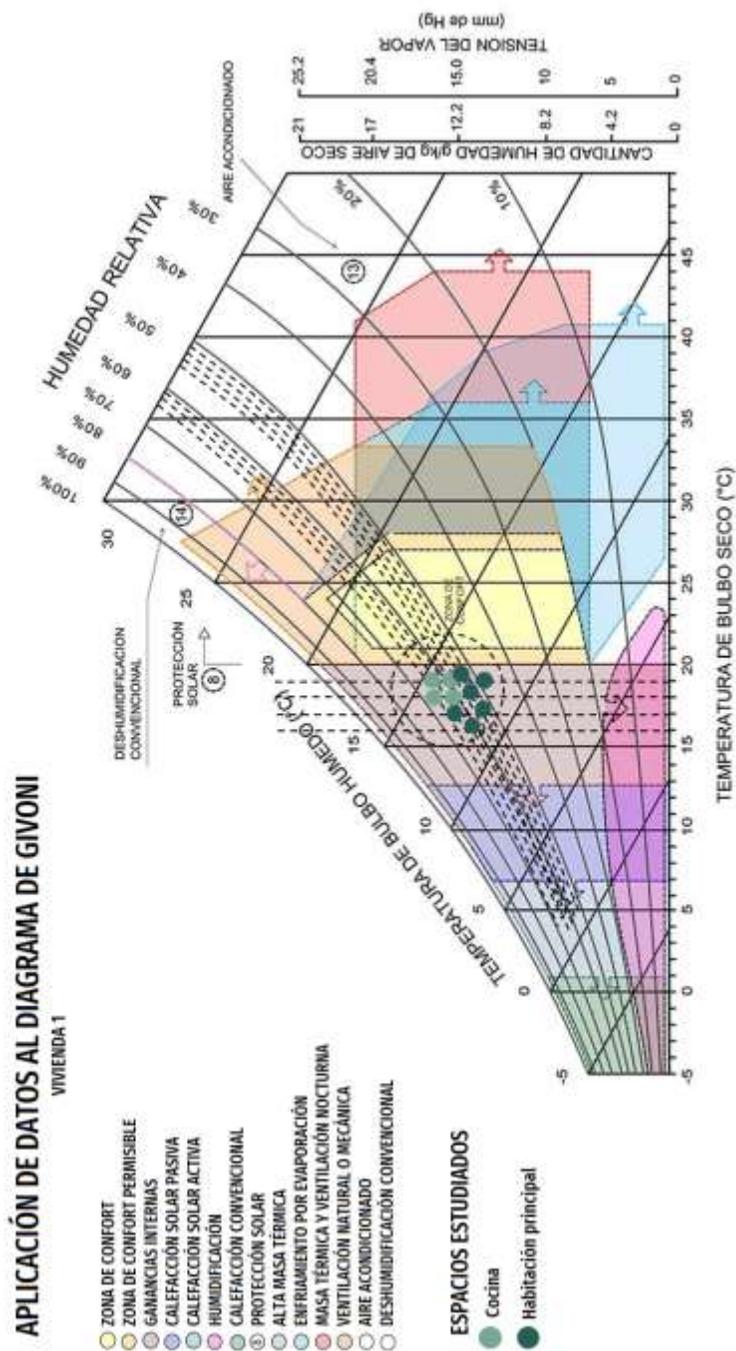
En el diagrama de Givoni, el rango de temperatura entre 15 °C y 21.5 °C representa el área de ganancias internas, donde el confort térmico en el interior de la vivienda puede lograrse mediante sistemas de aprovechamiento pasivo de la energía solar. En esta situación, la intervención en el edificio se estudia para optimizar la captación de calor solar en áreas apropiadas, acumulándolo en elementos designados para tal fin y redistribuyéndolo posteriormente a los espacios que requieren calefacción, regulando su flujo para satisfacer las necesidades de calor a lo largo del tiempo.

La eficacia de estos sistemas depende en gran medida del concepto de conservación térmica: resultaría contraproducente todo el proceso si el calor generado se perdiera al escapar del espacio interior o si no se pudiera utilizar cuando la radiación solar cesa. En este sentido, se distinguen tres tipos de sistemas de aprovechamiento solar según la relación entre la incidencia solar y el ambiente a calentar: directos, indirectos e independientes.

Los sistemas directos implican la calefacción de la estancia mediante la acción directa de los rayos solares. Por otro lado, los sistemas indirectos hacen que la radiación solar incida primero en una masa térmica ubicada entre el sol y el ambiente a calentar. Finalmente, los sistemas independientes se caracterizan por tener la captación solar y el almacenamiento térmico separados del espacio habitable. A continuación, se muestran los datos obtenidos, ubicados en el diagrama de Givoni.

Figura 40

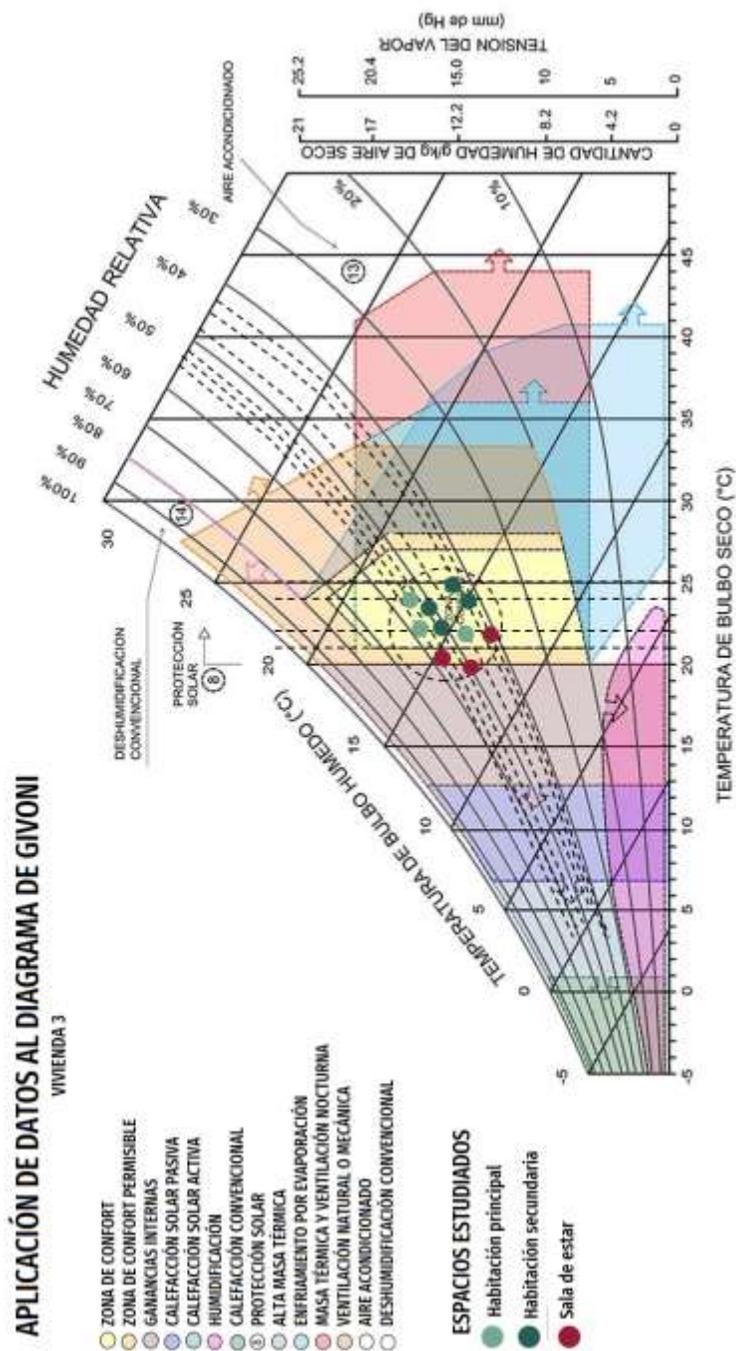
Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Figura 42

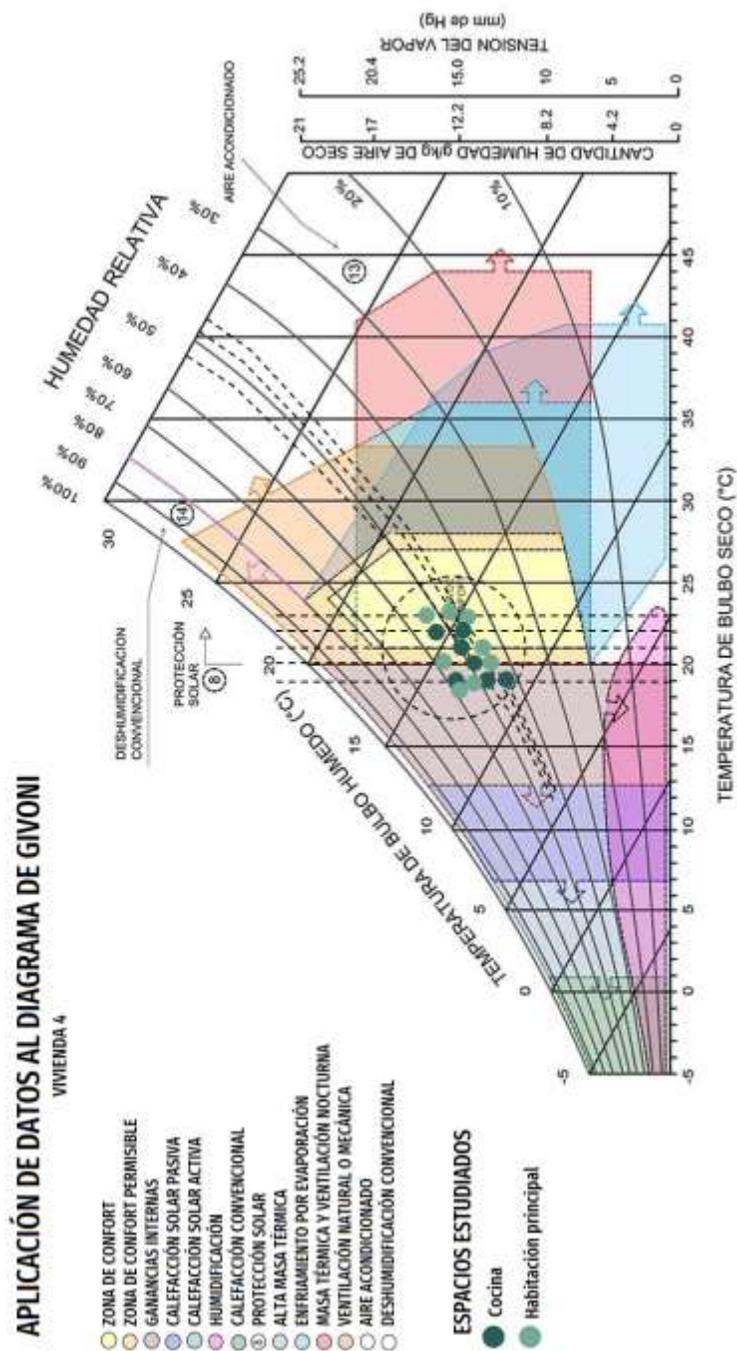
Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Figura 43

Datos correspondientes a mediciones propias ubicadas en el diagrama de Givoni



Nota. Fuente: Autoría propia a través de datos obtenidos por mediciones realizadas en la región de estudio.

Importancia de la Hermeticidad: Análisis de cómo la hermeticidad contribuye a la eficiencia energética y al confort térmico en viviendas rurales

La hermeticidad en viviendas rurales es un factor clave para lograr un mayor confort térmico en estas viviendas. La hermeticidad se refiere a la capacidad que tiene una vivienda para evitar filtraciones de aire no deseado. Esto implica la utilización de materiales adecuados en la construcción y el sellado de grietas y fisuras. La hermeticidad contribuye a la eficiencia energética al reducir las pérdidas de energía y permitir un ahorro en los costos de calefacción y refrigeración. Además, mejora la calidad del aire interior al evitar la entrada de contaminantes externos. Para lograr una hermeticidad efectiva, también es importante considerar la ventilación controlada.

La hermeticidad la intervención de las viviendas estudiadas contribuye a reducir las pérdidas de energía y ahorrar en costos de calefacción y refrigeración. Además, la hermeticidad mejora la calidad del aire interior al evitar filtraciones y corrientes de aire indeseadas. En cuanto al confort térmico, la hermeticidad permite mantener una temperatura estable en el interior de la vivienda, reduciendo así la necesidad de sistemas de calefacción activos. También proporciona un mejor aislamiento acústico, lo que favorece un ambiente tranquilo y libre de ruidos molestos. Para lograr una hermeticidad efectiva, es necesario utilizar materiales adecuados, sellar grietas y fisuras, y considerar la importancia de la ventilación controlada. Hay una serie de medidas que se pueden tomar para mejorar la hermeticidad de una vivienda rural:

- Sellar las aberturas. Esto incluye sellar las grietas y huecos en las paredes, ventanas y puertas.
- Instalar burletes. Los burletes son tiras de material flexible que se colocan alrededor de las ventanas y puertas para ayudar a sellarlas.
- Reemplazar las ventanas y puertas viejas. Las ventanas y puertas viejas pueden tener fugas de aire, por lo que reemplazarlas por modelos nuevos y más herméticos puede mejorar significativamente la hermeticidad de la vivienda.

Estándares Passivhaus y EnerPHit

De acuerdo con la página Passive House institute (2016), en su informe: Criterios para los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética, Los estándares Passivhaus y EnerPHit establecen criterios específicos que deben cumplirse para alcanzar los objetivos mencionados. El estándar PHI Edificio de baja demanda energética, por su parte, ofrece una alternativa para aquellos edificios que no alcanzan completamente los niveles de eficiencia y confort exigidos por los dos estándares principales. Los edificios que satisfagan dichos criterios podrán obtener la certificación Passivhaus, EnerPHit o PHI Edificio de

baja demanda energética. Cuando se pretende rehabilitar una edificación antigua, llegar a alcanzar el estándar Passivhaus es complicado por sus exigencias, entonces se puede realizar la rehabilitación siguiendo los criterios del estándar Enerphit, que son menos restrictivos, debido a que se busca intervenir una construcción existente. Dicho estándar sigue empleando componentes Passivhaus en los elementos estructurales relevantes de los edificios y lleva a mejoras considerables en relación con el confort térmico, durabilidad de la estructura, rentabilidad y necesidades energéticas. Este ofrece varias ventajas, como la reducción de la factura energética y la posibilidad de los edificios existentes a conseguir altos estándares de eficiencia energética.

Estos estándares proporcionan pautas precisas para evaluar la eficiencia energética de las estrategias pasivas propuestas. Ayudan a establecer metas claras en términos de consumo de energía y confort térmico, lo que es fundamental para la viabilidad y efectividad de las estrategias en el contexto específico de viviendas rurales en clima frío húmedo. Al establecer criterios claros para la certificación, los estándares brindan orientación sobre cómo diseñar e implementar las estrategias pasivas de manera efectiva. Esto ayuda a asegurar que las intervenciones propuestas estén alineadas con los objetivos de eficiencia energética y confort establecidos por estos estándares reconocidos internacionalmente.

Tabla 3

Certificación Enerphit en base a los requisitos de componentes individuales del edificio.

Zona climática de acuerdo al PHPP	Envolvente opaca ¹ respecto al...				Ventanas (incluyendo puertas exteriores)			Ventilación			
	...terreno	...aire exterior			En conjunto ⁴	Acristalamiento ⁵	Carga solar ⁶				
	Aislamiento	Aislam. exterior	Aislam. interior ²	Pintura exterior ³	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (U _{PV, instalada})	Coeficiente de ganancias solares (valor-g)	Carga solar específica máxima durante el periodo de refrigeración	Índice recup. de calor mínimo ⁷	Índice recup. de humedad mínimo ⁸		
	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor-U)			Cool colours							
		[W/(m ² K)]		-	[W/(m ² K)]	-	[kWh/m ² a]	%			
Polar	Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno.	0,09	0,25	-	0,45	0,50	0,60	U _g - g*0,7 ≤ 0	100	80%	-
Frio		0,12	0,30	-	0,65	0,70	0,80	U _g - g*1,0 ≤ 0		80%	-
Frio - templado		0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10	U _g - g*1,6 ≤ 0		75%	-
Cálido - templado		0,30	0,60	-	1,05	1,10	1,20	U _g - g*2,8 ≤ -1		75%	-
Cálido		0,50	0,75	-	1,25	1,30	1,40	-		-	-
Caluroso		0,50	0,75	sí	1,25	1,30	1,40	-		-	60 % (climas húmedos)
Muy caluroso	0,25	0,45	sí	1,05	1,10	1,20	-	-	60 % (climas húmedos)		

Nota. Fuente: Criterios para los Estándares Casa Pasiva, Enerphit y PHI.

Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE): Implementación de SATE en viviendas rurales para mejorar la eficiencia térmica y reducir la pérdida de energía

El Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) es una técnica que implica aplicar una capa de aislamiento térmico en el exterior de las paredes de un edificio. Este método es eficaz para mejorar la eficiencia térmica, reducir las pérdidas de energía y proporcionar beneficios adicionales como la protección contra la humedad y el aumento del confort interior.

Antes de comenzar con el SATE, se realiza una evaluación energética de la vivienda rural para identificar las áreas que requieren mejoras en el aislamiento térmico. Esto puede incluir la medición de pérdidas de calor, la identificación de puentes térmicos y la evaluación de la eficiencia energética existente. Se eligen materiales aislantes adecuados para el clima local y las necesidades específicas de la vivienda. Los materiales comunes incluyen poliestireno expandido (EPS), poli estireno extruido (XPS) o lana mineral. Se prepara la superficie exterior de las paredes, asegurándose de que esté limpia y libre de irregularidades. En algunos casos, puede ser necesario reparar o nivelar la superficie.

Se aplica una capa de aislamiento térmico sobre las paredes exteriores de la vivienda. Este aislamiento se fija mecánicamente o mediante adhesivos, y se cubre con una malla de refuerzo para garantizar su adherencia y resistencia. Después de aplicar el aislamiento, se aplica un revestimiento final que puede ser una capa de mortero, pintura especial o revestimientos decorativos. Este acabado final protege el aislamiento de los elementos y proporciona un aspecto estético a la vivienda. Durante la implementación de SATE, se tienen en cuenta las consideraciones estéticas y arquitectónicas de la vivienda rural para asegurar que el sistema se integre de manera armoniosa con la apariencia general de la estructura. Con este sistema, la vivienda rural experimentará una mejora significativa en la eficiencia energética. El aislamiento térmico reduce las pérdidas de calor en invierno y mantiene la frescura en verano, lo que lleva a un menor consumo de energía para la calefacción y la refrigeración.

Además de la mejora en la eficiencia térmica, el SATE actúa como una barrera contra la humedad, protegiendo las paredes de la vivienda contra posibles daños causados por la entrada de agua. Es una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia térmica en viviendas rurales al proporcionar aislamiento desde el exterior, lo que tiene beneficios significativos tanto en términos de confort interior como de ahorro energético.

Propuestas de intervención seleccionadas

A través del análisis de cada una de las siguientes estrategias, se exploran sus principios de funcionamiento, ventajas y aplicaciones prácticas. Del mismo modo, se tienen en cuenta los beneficios ambientales que se obtienen al implementar estas soluciones en la intervención de viviendas.

Teniendo en cuenta la implementación de muros Trombe, techos termoaislantes, invernaderos bioclimáticos, ventanas bioclimáticas y aislantes de fibra de madera, se busca aprovechar al máximo la energía solar y los recursos naturales. Estas estrategias, basadas en los principios de la arquitectura bioclimática, se adaptan a las condiciones climáticas locales y promueven la construcción sostenible. La innovación de este trabajo radica en la combinación de estas tecnologías de manera integrada y en la evaluación de su desempeño a través de simulaciones energéticas. Los resultados obtenidos más adelante, demuestran que estas propuestas pueden reducir significativamente el consumo energético de las viviendas, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y realizando un aporte al confort térmico de cada vivienda intervenida.

Muro trombe

El diseño estándar del muro Trombe consiste en colocar un panel de vidrio a una distancia de aproximadamente 2 a 5 centímetros de una pared de mampostería oscura, que suele tener un espesor de 10 a 41 centímetros y está comúnmente construida con ladrillos, piedra u hormigón. Este sistema aprovecha la energía solar al permitir que el calor pase a través del vidrio, sea absorbido por la pared de masa térmica y luego se libere gradualmente al interior de la vivienda.

La clave de su funcionamiento radica en la diferencia en las longitudes de onda de la radiación solar directa y del calor reemitido por la masa térmica. Mientras que la radiación solar directa, con longitudes de onda más cortas, atraviesa fácilmente el vidrio, el calor reemitido por la pared tiene longitudes de onda más largas, lo que dificulta su paso a través del vidrio. Este fenómeno, descrito por la ley de desplazamiento de Wien, permite que el muro Trombe retenga eficientemente el calor entre el panel de vidrio y la pared de mampostería, maximizando su absorción y limitando su pérdida hacia el exterior. Además, al estar el panel de vidrio colocado en el exterior de la pared, el calor puede transferirse sin obstáculos al interior de la vivienda. Este proceso, conocido como transferencia de calor convectiva, suele tardar alrededor de 8 a 10 horas en un muro Trombe estándar de 20 centímetros de espesor. En consecuencia, el muro absorbe

el calor durante el día y lo libera gradualmente durante la noche, reduciendo significativamente la necesidad de utilizar sistemas de calefacción convencionales.

Termo – techo

Los techos termoaislantes son una solución innovadora para mejorar la eficiencia energética en las viviendas. Consisten en una cubierta especialmente diseñada con capas aislantes que regulan la transferencia de calor, manteniendo la temperatura interior más estable a lo largo del año. Esta estabilidad térmica reduce la dependencia de sistemas de calefacción o refrigeración, lo que conlleva a un notable ahorro energético. Además, al disminuir el consumo de energía, se contribuye significativamente a la protección del medio ambiente. La efectividad de los techos termoaislantes radica en su diseño y los materiales empleados en su fabricación.

Están diseñados para evitar la entrada de calor en verano y la pérdida de calor en invierno, creando así un ambiente interior confortable en todas las estaciones. La capa aislante actúa como una barrera térmica, impidiendo que el calor penetre en la vivienda durante los meses cálidos y evitando que escape durante los meses fríos. Su capacidad para mantener una temperatura interior estable no solo proporciona confort a los residentes, sino que también representa un paso importante hacia la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Invernadero bioclimático

Un invernadero bioclimático es un tipo de construcción que combina elementos de arquitectura y tecnología para crear un ambiente interior cálido y estable, utilizando la energía solar natural y minimizando el consumo de energía externa. Estos invernaderos solares operan como sistemas pasivos que aprovechan los principios del efecto invernadero para reducir las demandas energéticas del hogar, al tiempo que preservan el medio ambiente.

El invernadero tiene una estructura transparente o translúcida que permite la entrada de la radiación solar durante el día. La estructura está aislada térmicamente para retener el calor generado por la radiación solar y reducir las pérdidas de calor, se utiliza una masa térmica, como concreto, ladrillo o piedra, para absorber y almacenar el calor durante el día y liberarlo durante la noche. En horas del día, la radiación solar penetra en el invernadero a través de la estructura transparente y calienta la masa térmica. El aire se calienta y asciende hacia el techo, mientras que, en horas de la noche, la masa térmica libera el calor almacenado durante el día, manteniendo una temperatura estable en el interior del invernadero.

Ventana bioclimática

Una ventana bioclimática es un tipo de ventana diseñada para aprovechar los recursos naturales como el sol, la ventilación natural y la inercia térmica para regular la temperatura y la humedad en el interior de una vivienda o edificio. La ventana se orienta estratégicamente para maximizar la captación de energía solar durante el invierno y minimizar la exposición solar directa en verano. El diseño de la ventana también puede incluir elementos como aleros, persianas o toldos para controlar la entrada de luz solar. Se utilizan materiales aislantes de alta calidad en el marco y el acristalamiento de la ventana para reducir las pérdidas de calor en invierno y la entrada de calor excesivo en verano.

Se utiliza vidrio doble o triple con cámara de aire para mejorar el aislamiento térmico y acústico de la ventana. La ventana puede incorporar sistemas de ventilación natural, como compases pivotantes o abatibles, para promover la circulación de aire y regular la temperatura y la humedad internas. Al aprovechar recursos naturales, las ventanas bioclimáticas minimizan la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración artificiales, reduciendo significativamente el consumo de energía y los costos operativos. Las ventanas bioclimáticas ofrecen una alternativa sostenible y eficiente para mejorar el confort, la eficiencia energética y la calidad ambiental de las viviendas y edificios.

Panel aislante de fibra de madera

La fibra de madera es un material termo acústico aislante elaborado a partir de la trituración de madera natural. Para mejorar sus propiedades, se le pueden agregar aditivos específicos que la hagan resistente al fuego o la protejan contra insectos y roedores. Este aislante es ampliamente valorado tanto por su capacidad para mantener una temperatura interior estable como por su eficacia para reducir el ruido exterior, especialmente en techos de madera. Su uso está creciendo rápidamente en arquitectura e ingeniería gracias a su combinación de eficiencia energética, sostenibilidad y bajo impacto ambiental.

Dentro de sus beneficios, se destaca la regulación de la humedad debido a que es ideal para climas húmedos ya que absorbe el exceso de agua y la expulsa de forma controlada, también minimiza los cambios bruscos de temperatura al retener el calor durante el día y liberarlo gradualmente por la noche, se adapta eficazmente a climas cálidos y fríos, proporcionando un aislamiento eficiente y es fabricado a partir de restos de madera, es un material respetuoso con el medio ambiente y reutilizable tras cumplir su vida útil.

Figura 44*Soluciones constructivas***Ventana bioclimática.**

Las ventanas bioclimáticas están diseñadas para maximizar la captación de luz solar y evitar la filtración de humedad y vientos locales.

**Invernadero bioclimático**

Sistema de aprovechamiento del aire calentado en su interior por la radiación solar, para obtener una fuente continua de calor durante todo el año.

**Muro trombe.**

Durante el día, el vidrio permite que la radiación solar penetre y caliente la pared, que actúa como un acumulador térmico.

**Termo – techo.**

Panel estructural aislante formado por un núcleo de espuma rígida en poliuretano, de clase extingible, de alta densidad, recubierto por ambas caras con láminas de aluzinc.

**Panel aislante de fibra de madera.**

Regula la humedad y amortiguan los cambios bruscos de temperatura, reteniendo el calor del día para mantener la vivienda cálida por la noche. Son sostenibles, al aprovechar restos de madera, y reciclables, conservando utilidad tras cumplir su función.

Nota. Fuente: Autoría propia.

Propuesta de soluciones de intervención para verificar el cumplimiento del aporte realizado al rango de confort y validación de los datos a través de simulaciones y cálculo de datos numéricos

Mediante simulaciones y cálculos numéricos, se evalúa la incidencia solar en las viviendas y se identifican las áreas con mayor potencial para aprovechar la energía solar de forma pasiva. A partir de estos resultados, se proponen intervenciones en muros y fachadas, como las alternativas mencionadas anteriormente con el fin de optimizar la ganancia solar en invierno y minimizarla en verano.

Posteriormente se realiza una simulación de la solución constructiva propuesta donde se tiene en cuenta el valor U de los diferentes componentes constructivos para determinar su capacidad de aislamiento térmico. Además, se realiza un análisis de la hermeticidad de las viviendas utilizando software de simulación Ubakus. Estos datos permiten evaluar la eficiencia energética de las soluciones propuestas y verificar si se cumple con los rangos de confort establecidos para después realizar el cálculo de cargas de enfriamiento (Ganancias de calor en el interior) con el fin de obtener datos precisos respecto al aporte de grados centígrados que se obtienen al realizar estas intervenciones pasivas. Finalmente, con el software FlowIllustrator se busca comprobar el comportamiento del viento frente a las intervenciones realizadas y la verificación de la hermeticidad en las mismas.

Análisis de asoleamiento

Realizar un análisis solar es fundamental para implementar estrategias pasivas de diseño en una vivienda rural en un clima frío y húmedo. El análisis solar permite identificar la orientación ideal de la vivienda, la ubicación y el tamaño de las aberturas, así como la incorporación de elementos como aleros, persianas o toldos, para aprovechar al máximo la energía solar durante el invierno y minimizar la exposición solar directa en verano. El análisis de la trayectoria solar es una herramienta esencial para el diseño y la implementación de estrategias pasivas eficientes en viviendas.

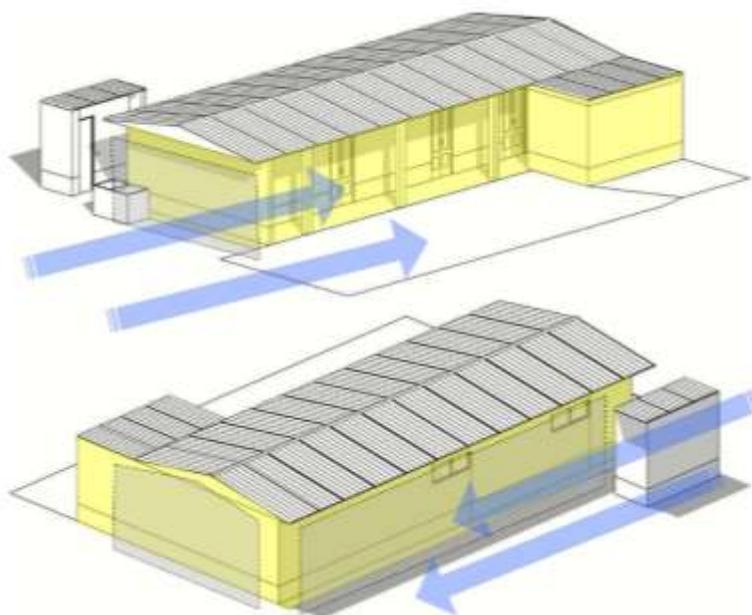
Intervenciones en Muros y Fachadas Identificadas

El análisis de trayectoria solar realizado en el primer capítulo, ha permitido identificar áreas específicas de los muros y fachadas que pueden aprovechar el calor solar de manera efectiva en un clima frío y húmedo. Las intervenciones propuestas tienen como objetivo aprovechar al máximo el calor solar para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Este ejercicio permite, el aprovechamiento de calor solar para reducir la carga

térmica en los edificios y minimizar la dependencia de fuentes de energía eléctrica, mejorar la eficiencia energética y reducir los costos de energía en las viviendas, incrementar la comodidad y el bienestar de los usuarios, mediante la creación de espacios cálidos y acogedores y reducir la huella de carbono y el impacto ambiental de los edificios.

Figura 45

Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, Vivienda 1



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 46

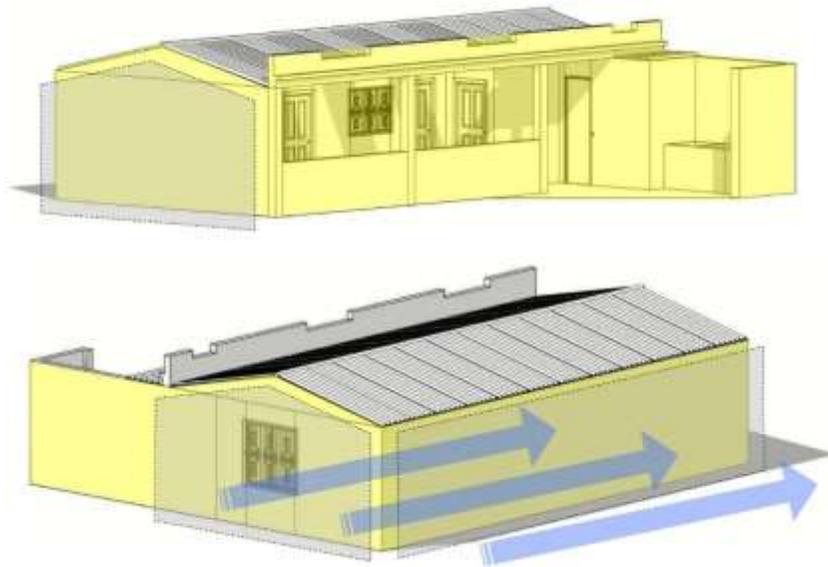
Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, Vivienda 2



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 47

Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, Vivienda 3



Nota. Fuente: Autoría propia.

Figura 48

Fachadas seleccionadas para intervenir a partir del cálculo de trayectoria solar, Vivienda 4



Nota. Fuente: Autoría propia.

Tabla 4

Análisis de asoleamiento

Exposición solar por fachada	
Vivienda 1	
Fachada frontal	12:50 p.m. – 5:50 p.m.
Fachada posterior	6:25 a.m. – 11:25 a.m.
Vivienda 2	
Fachada frontal	2:40 p.m. – 6:15 p.m.
Fachada posterior	6:45 a.m. – 10:30 a.m.
Vivienda 3	
Fachada frontal	1:45 p.m. – 5:55 p.m.
Fachada posterior	6:50 a.m. – 11:15 a.m.
Vivienda 4	
Fachada frontal	2:30 p.m. – 5:25 p.m.
Fachada posterior	6:40 a.m. – 10:30 a.m.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Simulación de solución constructiva en cada vivienda.

El valor U es un factor crucial en el diseño y la construcción de soluciones bioclimáticas eficientes y sostenibles. Al seleccionar materiales y sistemas constructivos con bajo valor U, podemos reducir el consumo de energía, mejorar el confort térmico y contribuir a la protección del medio ambiente. La comprensión del valor U y su aplicación en diferentes estrategias bioclimáticas permite a los arquitectos e ingenieros crear edificios que se adapten naturalmente al clima y respondan a las necesidades de los usuarios de manera eficiente y responsable.

En el contexto de la arquitectura y la eficiencia energética, autores como Francis D.K. Ching en su libro "Building Construction Illustrated" y Donald Watson en "Time-Saver Standards for Architectural Design Data" han abordado el tema del factor U y sus rangos asociados en relación con el diseño de edificaciones sostenibles. Estos autores proporcionan información detallada sobre los valores típicos del factor U para una variedad de materiales y componentes de construcción, lo que respalda la referencia al rango entre 0.1 y 1.2 W/m²K que se menciona anteriormente.

El uso de materiales y sistemas constructivos con bajo valor U promueve la construcción sostenible, ya que reduce el consumo de energía y las emisiones de CO₂ asociadas a la climatización del edificio. Un valor U bajo contribuye a mantener una temperatura interior confortable durante todo el año, reduciendo la necesidad de calefacción o refrigeración artificial, lo que se traduce en un mayor confort térmico para los ocupantes y un menor impacto ambiental.

Vivienda 1: En el caso de la vivienda 1 se presenta un valor U de 0.083 W/m²K, lo cual indica que el componente en estudio tiene una baja tasa de pérdida de calor. Esto significa que ofrece un buen aislamiento térmico y ayuda a mantener la temperatura interior de la vivienda más estable, reduciendo así la necesidad de calefacción en este caso. En esta vivienda se propone la aplicación de soluciones como: El muro trombe, invernadero bioclimático y ventanas bioclimáticas. El valor U de la pared exterior del muro Trombe debe ser bajo para minimizar la pérdida de calor almacenado durante la noche.

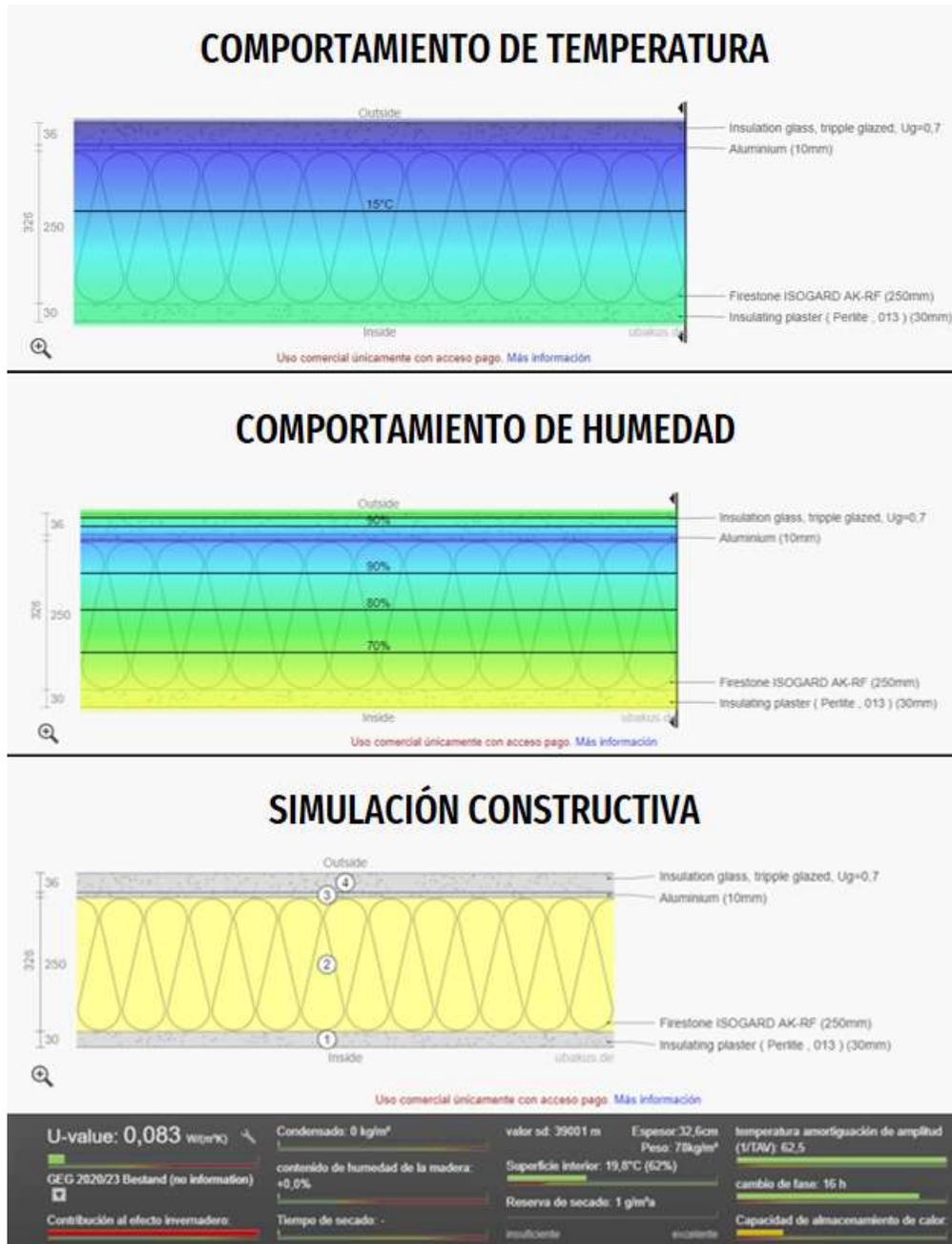
Vivienda 2: Un valor U de 0.083 W/m²K se considera un valor bajo que indica un buen aislamiento térmico y una alta eficiencia energética del elemento constructivo. Este valor es positivo en el contexto de esta investigación, ya que contribuye a reducir la pérdida de calor y mejorar el confort térmico interior.

Vivienda 3: El valor U de 0.096 W/m²K es ligeramente superior al valor de 0.126 W/m²K. Sin embargo, ambos valores se consideran bajos y se encuentran dentro del rango de valores U de referencia para elementos constructivos bien aislados en climas fríos.

Vivienda 4. Un valor U de 0.080 W/m²K indica que el material o componente tiene una capacidad moderada de aislar térmicamente la vivienda. Esto significa que el componente puede ayudar a reducir la pérdida de calor en la vivienda, lo que es especialmente importante en climas fríos donde se necesita calefacción para mantener un ambiente confortable en el interior.

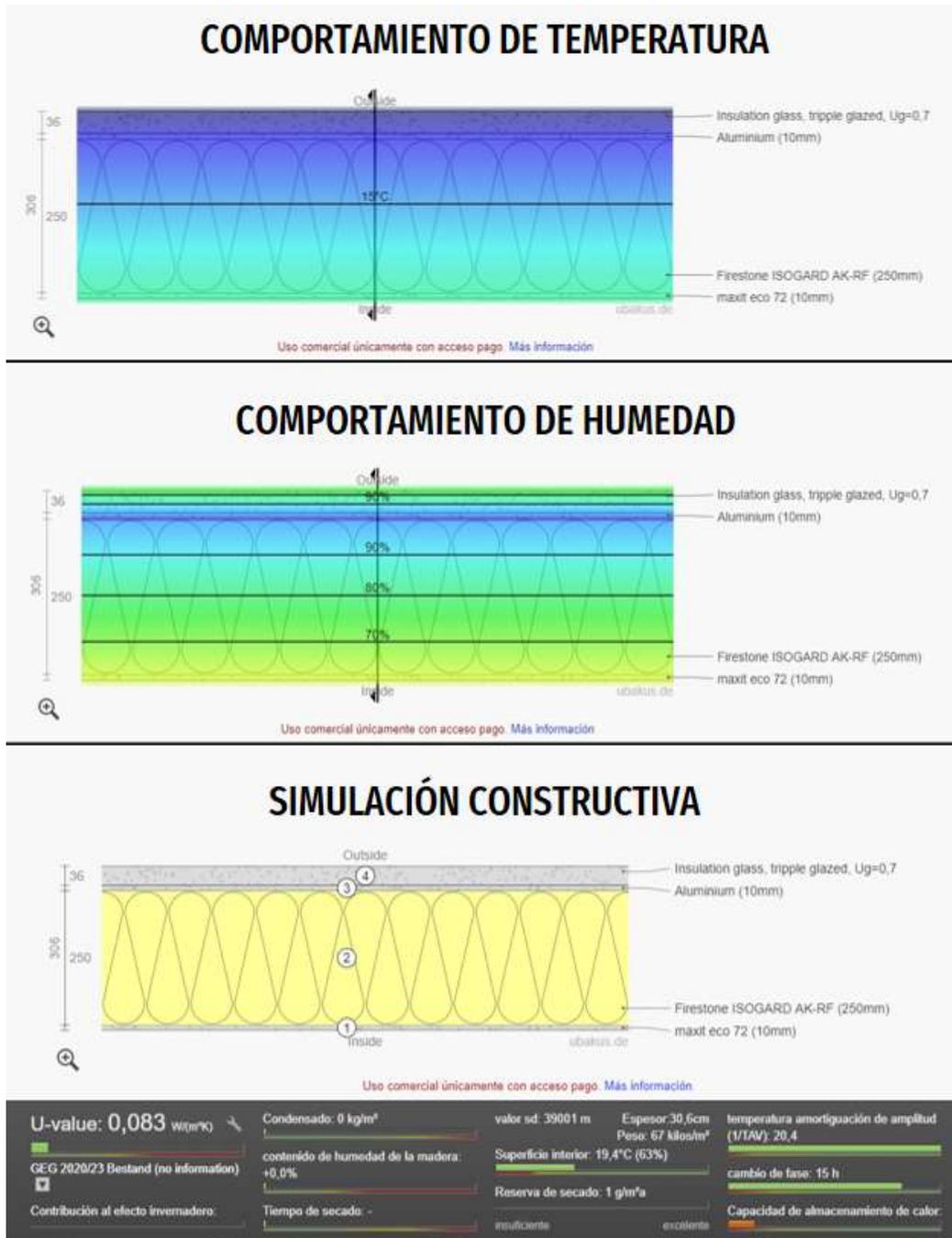
Figura 49

Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 1



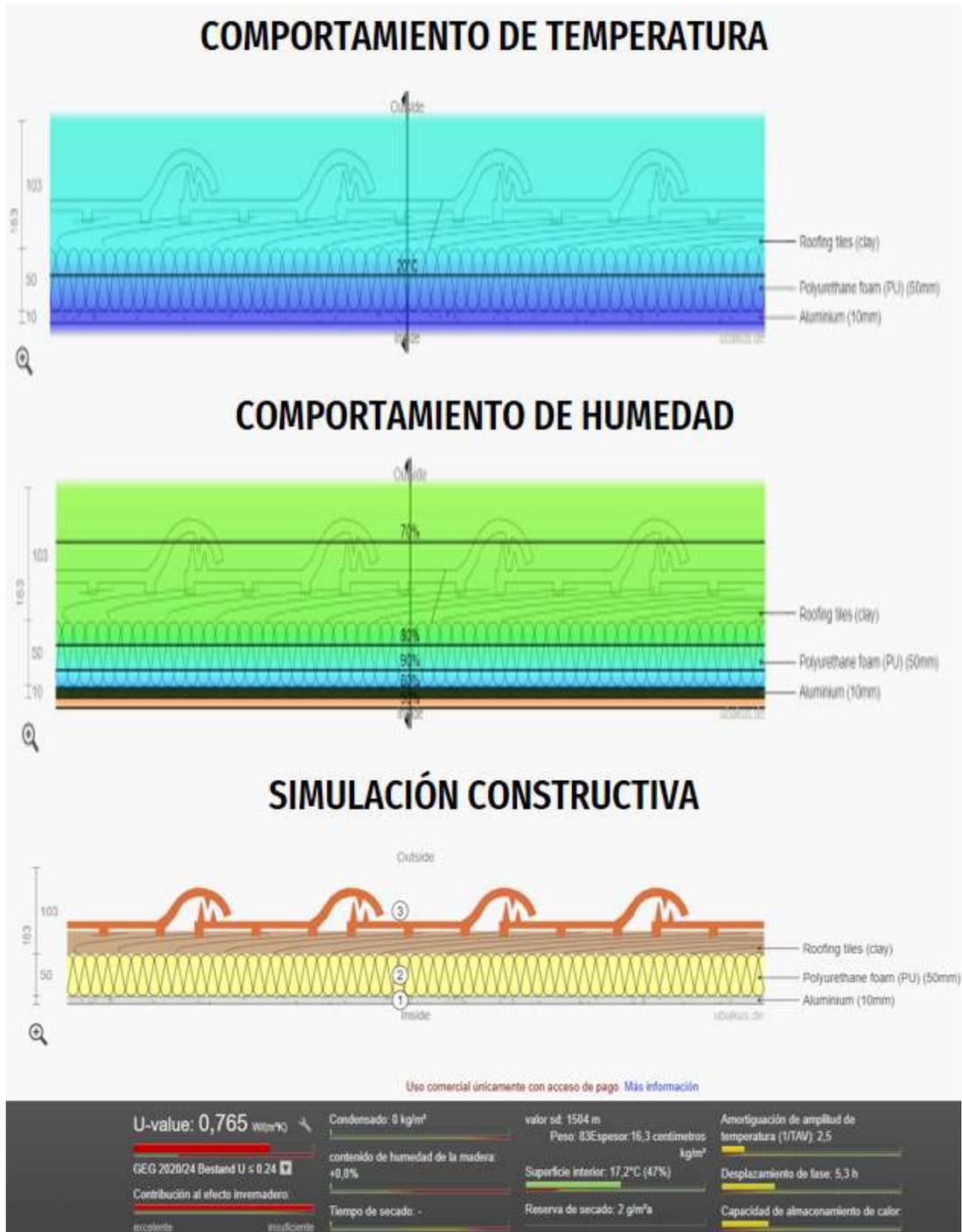
Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Figura 50
 Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 2



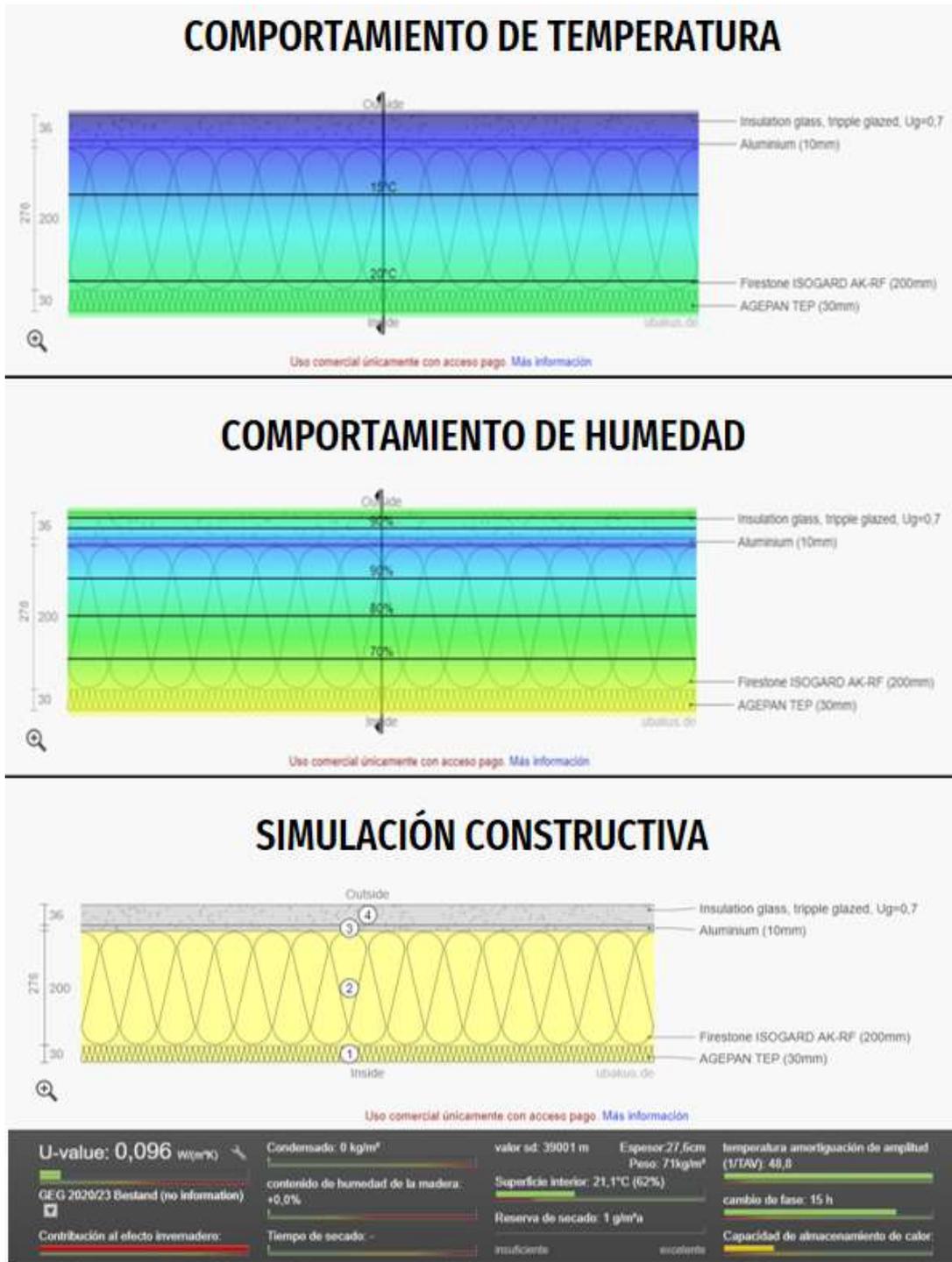
Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Figura 51
 Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 3



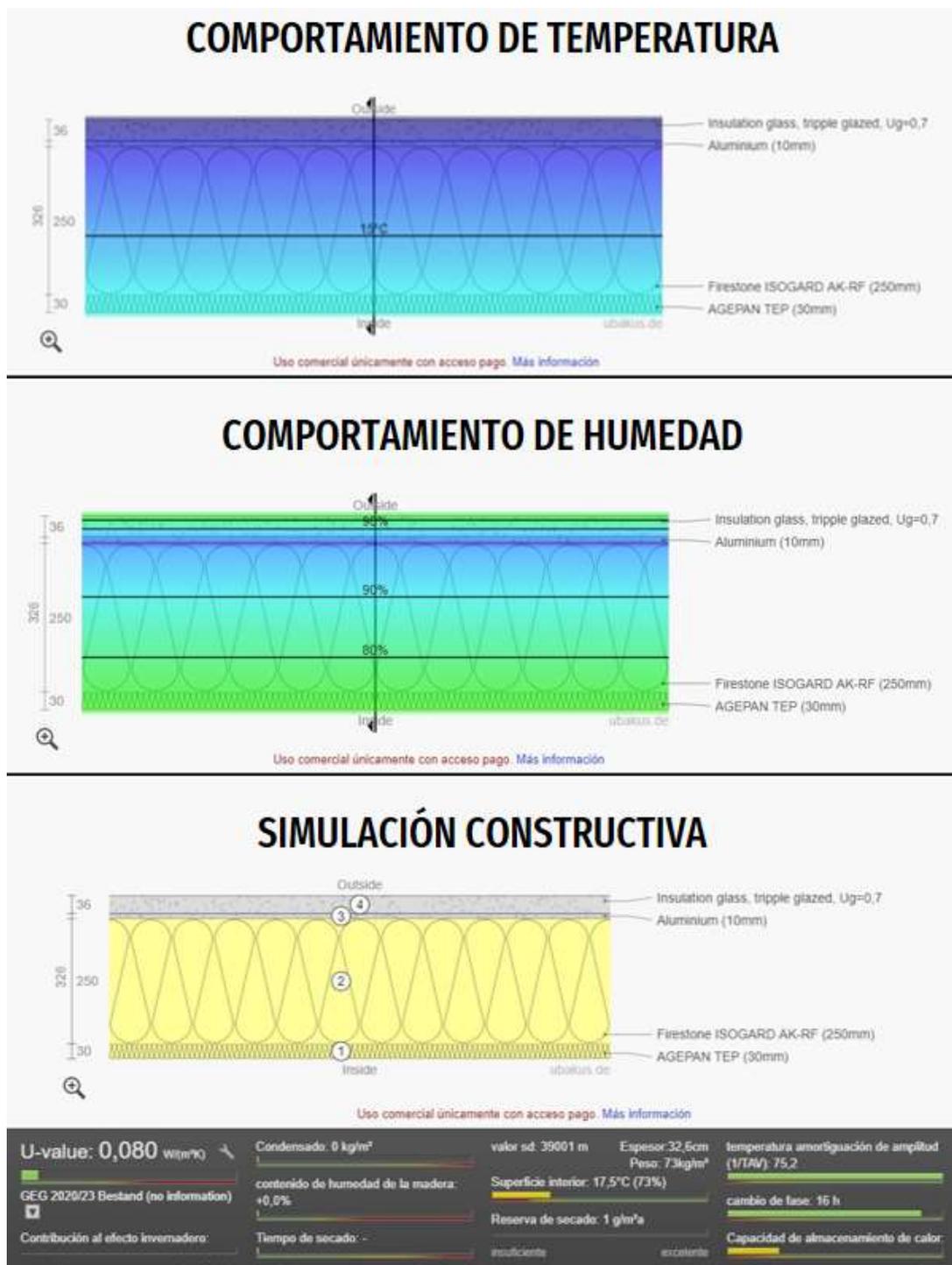
Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Figura 52
 Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 3



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Figura 53
 Simulación constructiva correspondiente a la vivienda 4



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Ganancias de calor en el interior

De acuerdo con García Mario (2012) en su publicación acerca del cálculo de cargas de enfriamiento, la ganancia solar es la cantidad de energía térmica que un edificio gana a través de sus envolventes (paredes, techo, ventanas) debido a la radiación solar. Esta energía puede ser tanto beneficiosa, proporcionando calefacción gratuita en invierno, como perjudicial, causando sobrecalentamiento en verano si no se gestiona adecuadamente.

Desglose de la Ecuación: La ecuación $Q = U \cdot A \cdot \Delta T$ es una simplificación de los cálculos de transferencia de calor y se utiliza comúnmente en el análisis térmico de edificios. Cada término representa un factor clave:

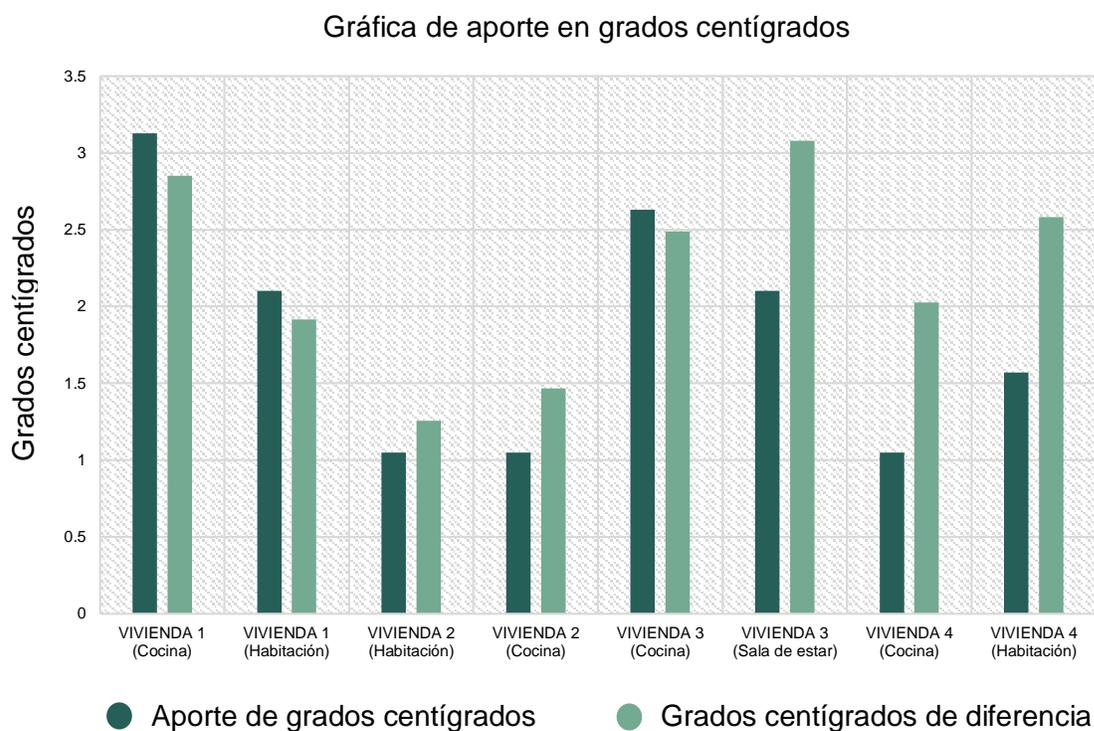
- Q : Representa la cantidad de calor transferido (ganancia solar en este caso) a través de una superficie en un determinado período de tiempo. Se mide en Watts (W).
- U : Es el coeficiente de transmisión térmica global. Indica la facilidad con la que el calor se transmite a través de un material o componente constructivo. Se expresa en Watts por metro cuadrado Kelvin (W/m^2K). El valor de U depende del tipo de material, su espesor y las condiciones de borde.
- A : Es el área de la superficie a través de la cual se produce la transferencia de calor. Se mide en metros cuadrados (m^2).
- ΔT : Es la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio. Se mide en grados centígrados.

La ecuación funciona de la siguiente manera: La cantidad de calor que gana un edificio (Q) es directamente proporcional a: El área de la superficie, ya que cuanto mayor sea el área expuesta al sol, mayor será la ganancia solar, la diferencia de temperatura debido a que mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, mayor será el flujo de calor hacia el interior y el coeficiente de transmisión térmica porque un valor U más bajo indica un mejor aislamiento térmico, ya que refleja una menor pérdida de calor transferido en una solución constructiva.

Como se menciona anteriormente, se debe tener en cuenta que la ecuación $Q = U \cdot A \cdot \Delta T$ es una simplificación. En la realidad, la transferencia de calor es un fenómeno más complejo, influenciado por factores como la radiación solar directa e indirecta, la convección, la radiación infrarroja, etc. Además, el coeficiente de transmisión térmica U varía. Depende de las condiciones de borde, la humedad, la temperatura, y otros factores. La ganancia solar no es uniforme. Varía a lo largo del día, las estaciones y dependiendo de la orientación de la superficie.

Figura 54

Gráfica de aporte de temperatura

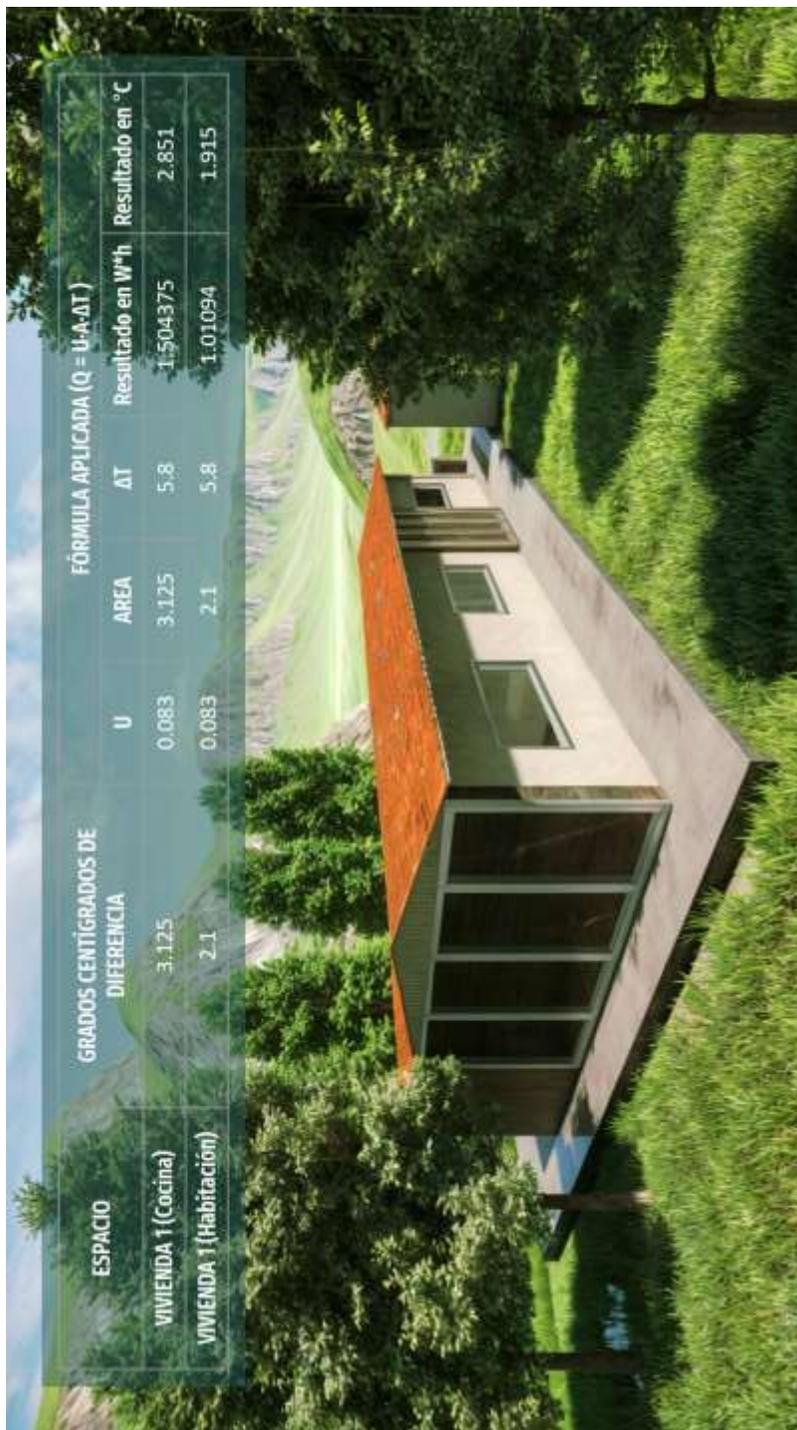


Fórmula aplicada ($Q = U \cdot A \cdot \Delta T$)	U	ΔT	AREA	Resultado en W*h	Resultado en °C
VIVIENDA 1 (Cocina)	0.083	3.125	5.8	1.504375	2.851
VIVIENDA 1 (Habitación)	0.083	2.1	5.8	1.01094	1.915
VIVIENDA 2 (Habitación)	0.083	1.05	7.6	0.66234	1.255
VIVIENDA 2 (Cocina)	0.083	1.05	8.89	0.7747635	1.467
VIVIENDA 3 (Sala de estar)	0.096	2.63	5.2	1.312896	2.487
VIVIENDA 3 (Sala de estar)	0.096	2.1	8.06	1.624896	3.079
VIVIENDA 4 (Cocina)	0.08	1.05	12.72	1.06848	2.025
VIVIENDA 4 (Habitación)	0.08	1.57	10.84	1.361504	2.58

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 55

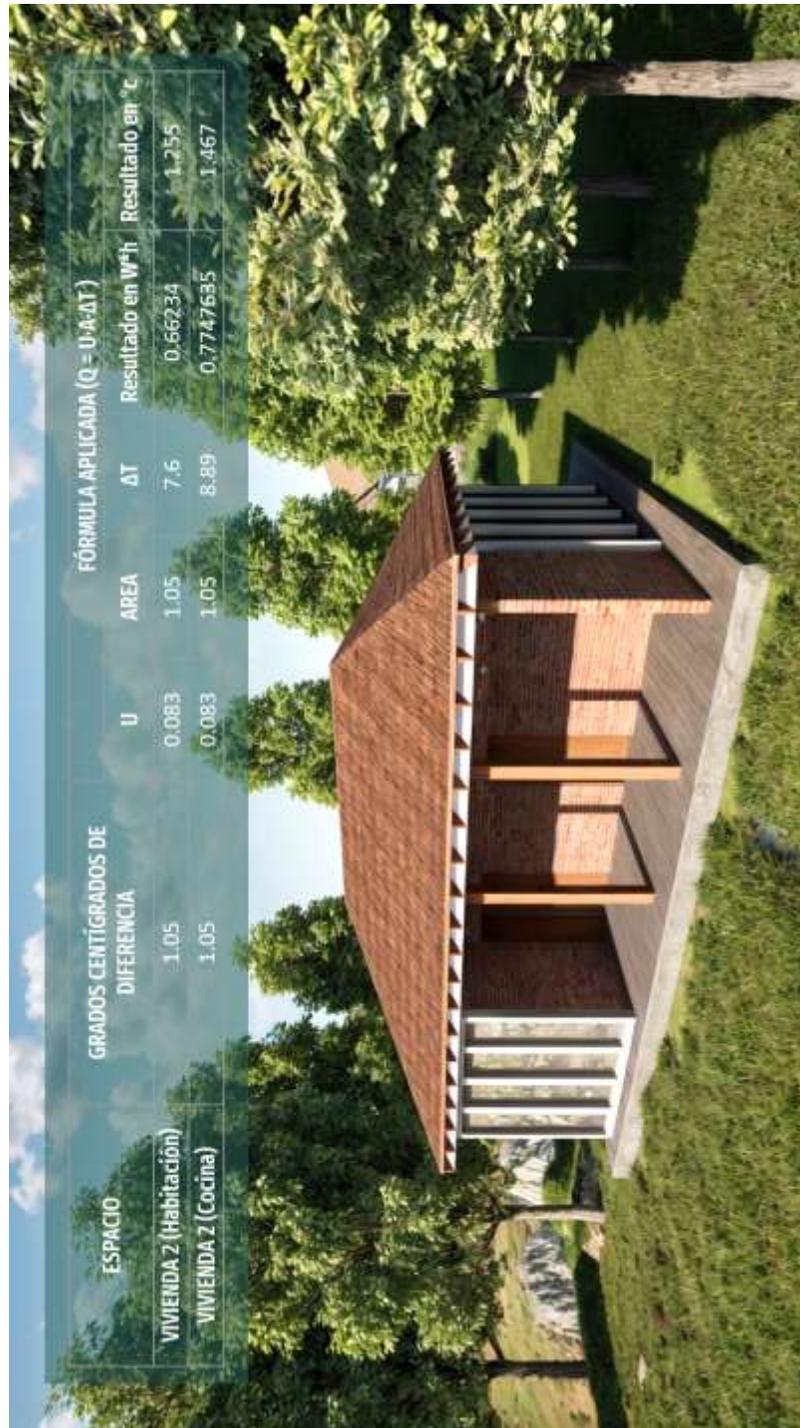
Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 1



Nota. Fuente: Elaboración propia a través del cálculo de ganancia solar.

Figura 56

Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 2



Nota. Fuente: Elaboración propia a través del cálculo de ganancia solar.

Figura 57

Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 3



ESPACIO	GRADOS CENTÍGRADOS DE DIFERENCIA		FORMULA APLICADA ($Q = U \cdot A \cdot \Delta T$)		
	U	AREA	ΔT	Resultado en W/h	Resultado en °C
VIVIENDA 3 (Cocina)	0.096	2.63	5.2	1.312896	2.487
VIVIENDA 3 (Sala de estar)	0.096	2.1	8.06	1.624896	3.079

Nota. Fuente: Elaboración propia a través del cálculo de ganancia solar.

Figura 58

Simulación constructiva y resultados de aporte de grados centígrados vivienda 4



Nota. Fuente: Elaboración propia a través del cálculo de ganancia solar.

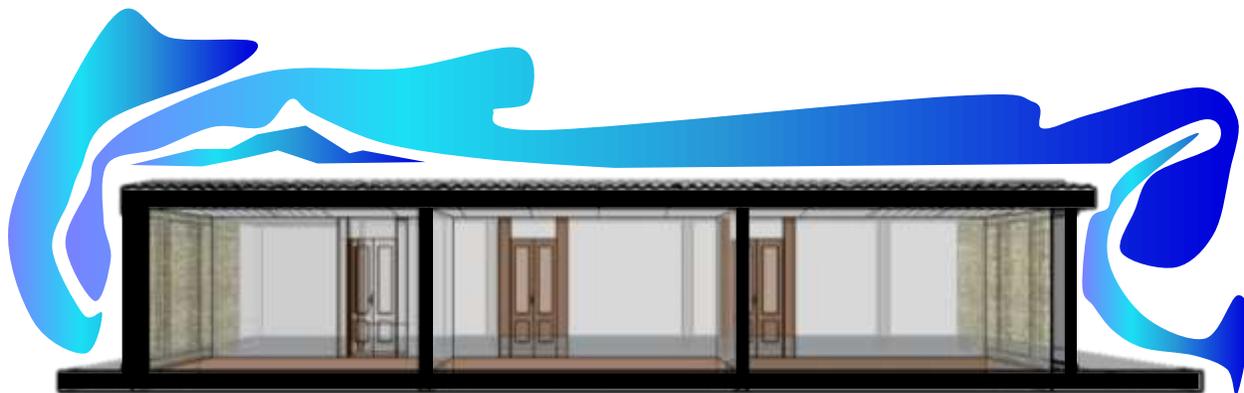
Eficiencia de la aplicación de Hermeticidad a través del uso de corrientes de aire: Uso sobre secciones de simulaciones a través de FlowIllustrator

FlowIllustrator permite visualizar las corrientes de aire que ingresan y egresan de la vivienda a través de filtraciones y aberturas, proporcionando una comprensión clara de los puntos críticos de hermeticidad. El software permite cuantificar la tasa de infiltración de aire, expresada en metros cúbicos por hora por metro cuadrado ($m^3/h/m^2$). Esta información es esencial para evaluar el nivel de hermeticidad de la vivienda y compararlo con estándares establecidos para la verificación de su cumplimiento.

Al analizar las corrientes de aire, es posible identificar los puntos específicos de la vivienda por donde se produce la mayor fuga de aire, permitiendo enfocar las medidas de hermeticidad de manera más efectiva, en este caso, se evaluó el modelado de la vivienda con las intervenciones establecidas, con el fin de verificar si el estándar de hermeticidad se cumple o no, como se evidencia en las figuras:

Figura 59

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 1



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 60

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 1



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 61

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 2



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 62

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 2



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 63

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 3



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 64

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 3



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 65

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 4



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Figura 66

Simulación del comportamiento de vientos locales, vivienda 4



Nota. Fuente: Elaboración propia a través de la página FlowIllustrator.com.

Conclusiones

La investigación sobre la aplicación de estrategias pasivas en la vereda San Antonio, Ospina - Nariño, representa un avance crucial en el campo de la arquitectura bioclimática, particularmente en el contexto de las zonas rurales. Este estudio destaca la relevancia de considerar este enfoque en áreas donde, a menudo, se pasa por alto, a pesar de su potencial significativo para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Este estudio se destaca por su metodología, la cual combina la recopilación de datos meteorológicos y empíricos para establecer una correlación entre la eficacia de las estrategias de mitigación pasiva y las características específicas de las edificaciones rurales. Este enfoque permite obtener resultados más precisos y confiables en comparación con métodos tradicionales.

Uno de los aportes más significativos de la investigación es el desarrollo de un modelo cuantitativo que correlaciona la efectividad de las estrategias pasivas con las características de las viviendas rurales. Este modelo, respaldado por mediciones empíricas y simulaciones digitales, ofrece una herramienta valiosa para optimizar la selección y ubicación de estrategias pasivas, maximizando su impacto en la mitigación de las dificultades relacionadas con el confort térmico.

La investigación no solo aborda el problema del confort térmico en las viviendas rurales, sino que también ofrece un marco teórico y práctico que puede ser replicado en otros contextos rurales con características similares. Esto permite extender los beneficios de la arquitectura bioclimática a una amplia gama de comunidades y mejorar significativamente su calidad de vida.

La evaluación de la eficacia de estas estrategias a través de simulaciones digitales en programas como UBAKUS y FLOWILUSTRATOR, complementadas con datos empíricos recolectados en campo mediante un termo-higrómetro, ha permitido una comprensión más profunda de cómo estas estrategias pueden ser aplicadas en un contexto urbano real, considerando aspectos clave como la deficiencia de confort térmico y la materialidad de los espacios urbanos.

La selección cuidadosa de materiales de construcción, considerando sus propiedades como conductividad térmica, resistencia térmica e inercia térmica, es esencial. Estas propiedades determinan cómo los materiales interactúan con las fluctuaciones de temperatura y la radiación solar, lo que impacta directamente en el bienestar de los habitantes.

Recomendaciones

Los resultados de esta investigación tienen importantes implicaciones prácticas para abordar problemas relacionados con el confort térmico y la calidad de vida de los habitantes del municipio de Ospina. Las estrategias de intervención propuestas pueden ser implementadas por las autoridades municipales en el proceso de desarrollo rural, contribuyendo a un entorno más sostenible y habitable.

Las estrategias de intervención pasiva, como el uso de materiales óptimos, deberían implementarse en espacios estratégicos de la vivienda para reducir las temperaturas extremas y mejorar el confort térmico en los espacios interiores. Se sugiere realizar simulaciones adicionales con herramientas digitales como UBAKUS y FLOWILUSTRATOR para ajustar y optimizar las intervenciones, además se recomienda usar simuladores como DESING BUILDER, si se busca obtener resultados más gráficos.

Es necesario complementar esta investigación con estudios futuros que analicen el impacto de las estrategias de mitigación en diferentes contextos rurales, lo que permitirá una mayor generalización de los resultados y su aplicación en otras veredas con características similares. Se recomienda desarrollar investigaciones comparativas que evalúen la efectividad de las estrategias en diversas estaciones del año y bajo distintas condiciones meteorológicas.

La investigación sobre las estrategias pasivas en viviendas rurales de clima frío y húmedo es innovadora y relevante en el campo de la arquitectura y el urbanismo rural, contribuyendo y generando conocimiento en el desarrollo de comunidades sostenibles. Se sugiere la publicación de los resultados y metodologías en revistas académicas y conferencias internacionales para compartir el conocimiento y promover su aplicación en otros contextos rurales. Estas recomendaciones buscan mejorar el confort térmico y la calidad de vida en la vereda San Antonio y servir como modelo para otras comunidades rurales que enfrentan desafíos similares relacionados con el clima.

Referencias

- ARQUITECTURA EFICIENTE. Diagrama Bioclimático de Givoni. Murcia España, 2014.
Disponible en: <https://pedrojherandez.com/>.
- BARRANCO ARÉVALO Omar. La arquitectura bioclimática. Barranquilla, Colombia: Artículo de investigación, 2014. P. 25.
- BERG, Carl E. Volviendo a lo básico: psicometría y la carta psicométrica: Boletín Técnico COLMAC COIL. Colville: Colmac Coil Manufacturing, 2016, P. 1.
- CASABIANCA, Gabriela. Una mirada al confort y la eficiencia energética. Buenos Aires: Artículo, 2018. p.2.
- FUENTES FREIXANET, Omar. Modelo de análisis climático y definición de estrategias de diseño bioclimático para diferentes regiones de la república mexicana. México: Trabajo de grado, 2009. p. 15.
- GARCÍA DE DIEGO L. Sostenibilidad energética de la edificación en Canarias: Manual de diseño, 2011, p. 354.
- GARCÍA, Mario. (2012). Cálculo de Cargas de Enfriamiento. Disponible en: <https://mariogarciauni.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/04/capitulo-61.pdf>.
- GONZÁLES OLARTE, Miguel José. Propuesta de diseño de una vivienda bioclimática aislada unifamiliar. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia: Trabajo de grado, 2022. P.13.
- LINARES LLAMAS, Pedro. Eficiencia energética y medio ambiente. Madrid España: Artículo, 2009. p.1.
- MORENO QUINTERO, Diana Paola y CARREÑO LEÓN, Álvaro Andrés.
Aplicación de estrategias de diseño para vivienda en zona de asentamiento en subpáramo. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia: Trabajo de grado, 2019. P.25.
- REQUENA RUIZ Ignacio. Bioclimatismo en la arquitectura de Le Corbusier: El Palacio de los Hilanderos. Informes de la Construcción, 2016. P. 3.
- OSORNO RAMÍREZ, Juan. Tipologías de Vivienda según construcción. Bogotá Colombia: Trabajo de grado, 2014. p. 3.
- PIÑEIRO LAGO, Marta. Arquitectura bioclimática, consecuencias en el lenguaje arquitectónico: Trabajo de grado, 2015. P.20.

PASSIVE HOUSE institute. (2016). Criterios para los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética. Disponible en: https://passipedia.org/media/picopen/9f_160815_phi_criterios_edificios_es.pdf.

QUIJANO VODNIZA, Armando José y CALVACHI MORILLO, Mario Andrés. Diseño de estrategias bioclimáticas de conservación preventiva de las piezas arqueológicas descubiertas en el Medio Universitario San Damián del corregimiento de Catambuco. San Juan de Pasto: inédito, 2023. P. 1.

Anexos

Anexo A.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 1

VIVIENDA 1		
ESPACIO: COCINA		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
08:50 a. m.	19.3	62.4
08:51 a. m.	19.3	62.3
08:52 a. m.	19.2	61.7
08:53 a. m.	19	61.1
08:54 a. m.	18.9	61.6
08:55 a. m.	18.9	62.6
08:56 a. m.	19	62
08:57 a. m.	18.8	60.8
08:58 a. m.	18.8	62.9
08:59 a. m.	18.7	61.7
09:00 a. m.	18.8	61.5
03:00 p.m.	22.2	64.2
03:01 p.m.	22.1	64.2
03:02 p.m.	22.2	64.3
03:03 p.m.	22.3	63.3
03:04 p.m.	22.4	62.9
03:05 p.m.	22.4	61.8
03:06 p.m.	22.2	62.2
03:07 p.m.	21.7	63.1
03:08 p.m.	20.9	65.1
03:09 p.m.	20.6	66.9
03:10 p.m.	20.4	66.3
04:20 p. m.	21	52.8
04:21 p. m.	20.1	51.4
04:22 p. m.	20	52.5
04:23 p. m.	18.7	54.7
04:24 p. m.	17.8	56.9
04:25 p. m.	17.4	58.7

Fuente: Elaboración propia

Anexo B.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 1

VIVIENDA 1		
ESPACIO: HABITACIÓN PRINCIPAL		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
09:40 a. m.	18.3	57.9
09:41 a. m.	18.1	59
09:42 a. m.	17.9	59.3
09:43 a. m.	17.9	59.6
09:44 a. m.	17.9	61.6
09:45 a. m.	17.5	62.1
09:46 a. m.	17.3	63
09:47 a. m.	17	64.2
09:48 a. m.	16.9	65.8
09:49 a. m.	16.8	65.4
09:50 a. m.	16.8	65.5
03:32 p.m.	16.2	80.2
03:33 p.m.	16.5	79.5
03: 34 p.m.	16.5	79.2
03: 35 p.m.	16.6	78.3
03: 36 p.m.	16.6	78.4
03: 37 p.m.	16.6	78.6
03: 38 p.m.	16.6	78.7
03: 39 p.m.	16.6	78.5
03: 40 p.m.	16.5	78.6
03: 41 p.m.	16.5	78.8
03: 42 p.m.	16.4	78.9
03: 43 p.m.	18.7	46.3
03: 44 p.m.	16.7	50.1
03: 45 p.m.	16.1	52.7
03: 46 p.m.	16.5	50.9
03: 47 p.m.	16.6	51.4
03: 48 p.m.	16.7	51.3

Fuente: Elaboración propia

Anexo C.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 2

VIVIENDA 2		
ESPACIO: HABITACIÓN PRINCIPAL		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
10:55 a. m.	21.1	63.5
10:56 a. m.	21.6	64.9
10:57 a. m.	22.8	59.2
10:58 a. m.	21.2	57.3
10:59 a. m.	20.4	58.2
11:00 a. m.	21.1	56.3
11:01 a. m.	22	55.2
11:02 a. m.	22.5	59.2
11:03 a. m.	20.4	60.1
11:04 a. m.	20	60.3
11:05 a. m.	15.4	56.3
11:55 a. m.	19.8	57.9
11:56 a. m.	20.1	56.9
11:57 a. m.	20.2	56.6
11:58 a. m.	20.2	56.4
11:59 a. m.	20.2	56.4
12:00 p. m.	20.2	56.7
12:01 p. m.	20.1	56.7
12:02 p. m.	20.1	56.6
12:03 p. m.	20.1	56.4
12:04 p. m.	20.1	56.8
12:05 p. m.	19.9	56.7
03:30 p.m.	16.2	80.2
03:31 p.m.	16.5	79.5
03:32 p.m.	16.5	79.2
03:33 p.m.	16.6	78.3
03:34 p.m.	16.6	78.4
03:35 p.m.	16.6	78.6

Fuente: Elaboración propia

Anexo D.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3

VIVIENDA 3		
ESPACIO: SALA DE ESTAR		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
10:00 a.m.	20.8	56.9
10:01 a.m.	20.7	56.7
10:02 a.m.	20.6	56.6
10:03 a.m.	20.6	57.3
10:04 a.m.	20.6	57.1
10:05 a.m.	20.5	57.3
10:06 a.m.	20.4	57.1
10:07 a.m.	20.4	57.3
10:08 a.m.	20.3	57.9
10:09 a.m.	20.3	57.9
10:10 a.m.	20.3	57.1
11:00 a.m.	16.8	69.9
11:01 a.m.	16.6	68.7
11:02 a.m.	16.8	67.6
11:03 a.m.	17.1	67.1
11:04 a.m.	17.1	69.5
11:05 a.m.	16.9	68.2
12:00 p.m.	23.4	63.3
12:01 p.m.	23.2	62.7
12:02 p.m.	23.1	64.1
12:03 p.m.	22.8	64.5
12:04 p.m.	22.6	64.6
12:05 p.m.	22.5	66.1
12:06 p.m.	22.3	66.2
12:07 p.m.	22.6	66.1
12:08 p.m.	22.6	66.2
12:09 p.m.	22.4	65.1
12:10 p.m.	22.5	65.9

Fuente: Elaboración propia

Anexo E.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3

VIVIENDA 3		
ESPACIO: COCINA		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
12:30 p. m.	22.3	58.9
12:31 p. m.	22.4	58.5
12:32 p. m.	22.7	58.1
12:33 p. m.	22.1	55.9
12:34 p. m.	22.1	53.5
12:35 p. m.	22.1	55.5
12:36 p. m.	22.3	55.7
12:37 p. m.	21.4	53.8
12:38 p. m.	21.5	53.5
12:39 p. m.	21.5	53.2
12:40. p. m.	22.6	53.9
01:00 p.m.	18.1	64.9
01:01 p.m.	18.1	65.8
01:02 p.m.	18.2	65.5
01:03 p.m.	18.3	64.7
01:04 p.m.	18.1	65.4
01:05 p.m.	18.1	63.2
01:06 p.m.	20.3	56.7
01:07 p.m.	22.2	52.6
01:08 p.m.	22.1	55.3
01:09 p.m.	22.9	58.3
01:10 p.m.	22.2	60.6
02:01 p.m.	23.5	61.7
02:02 p.m.	23.1	63.6
02:03 p.m.	23.1	64.7
02:04 p.m.	22.8	63.6
02:05 p.m.	22.5	66.8
02:06 p.m.	22.3	67.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo F.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 3

VIVIENDA 3		
ESPACIO: HABITACIÓN PRINCIPAL		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
01:10 p.m.	22.6	51.8
01:11 p.m.	22.5	52.2
01:12 p.m.	22.3	52.5
01:13 p.m.	22.2	52.4
01:14 p.m.	22.1	52.8
01:15 p.m.	22.1	53.1
01:16 p.m.	21.9	53.3
01:17 p.m.	21.9	53.7
01:18 p.m.	21.8	54.1
01:19 p.m.	21.8	54.2
01:20 p.m.	21.8	54.1
02:07 p.m.	18.2	63.4
02:08 p.m.	18.1	64.9
02:09 p.m.	17.5	64.7
02:10 p.m.	17.6	67.7
02:11 p.m.	17.4	66.7
02:12 p.m.	16.8	67.4
03:00 p.m.	22.1	68.1
03:01 p.m.	22.4	67.5
03:02 p.m.	22.1	67.1
03:03 p.m.	21.8	67.7
03:04 p.m.	21.6	67.3
03:05 p.m.	21.5	66.9
03:06 p.m.	23.8	61.4
03:07 p.m.	23.7	62.1
03:08 p.m.	23.6	62.4
03:09 p.m.	23.5	62.9
03:10 p.m.	23.5	63.1

Fuente: Elaboración propia

Anexo G.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 4

VIVIENDA 4		
ESPACIO: COCINA		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
08:00 a.m.	16.2	78.1
08:01 a.m.	16.2	78.5
08:02 a.m.	16.2	79.9
08:03 a.m.	16.3	80.3
08:04 a.m.	16.4	78.2
08:05 a.m.	16.4	78.4
08:06 a.m.	16.8	76.7
08:07 a.m.	16.8	77.1
08:08 a.m.	16.8	77
08:09 a.m.	16.8	77.4
08:10 a.m.	16.9	77.5
02:45 p. m.	21.5	43.1
02:46 p. m.	21.7	45.2
02:47 p. m.	21.8	42.6
02:48 p. m.	21.8	43.1
02:49 p. m.	21.8	42.9
02:50 p. m.	21.9	42.4
03:30 p.m.	16.2	78.1
03:32 p.m.	16.2	78.5
03:31 p.m.	16.2	79.9
03:33 p.m.	16.3	80.3
03:34 p.m.	16.4	78.2
03:35 p.m.	16.4	78.4
03:36 p.m.	16.8	76.7
03:37 p.m.	16.8	77.1
03:38 p.m.	16.8	77
03:39 p.m.	16.8	77.4
03:40 p.m.	16.9	77.5

Fuente: Elaboración propia

Anexo H.

Mediciones de temperatura y humedad vivienda 4

VIVIENDA 4		
ESPACIO: HABITACIÓN PRINCIPAL		
HORA	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)
08:20 a.m.	16.9	77.1
08:21 a.m.	16.9	77.6
08:22 a.m.	16.9	77.5
08:23 a.m.	16.9	77.3
08:24 a.m.	16.8	77.2
08:25 a.m.	16.8	77.7
08:26 a.m.	16.7	75.6
08:27 a.m.	16.6	76.9
08:28 a.m.	16.5	76.8
08:29 a.m.	16.4	77.1
08:30 a.m.	16.3	77.3
03:00 p.m.	21.1	45.1
03:01 p.m.	20.1	45.6
03:02 p.m.	19.5	47.1
03:03 p.m.	19.2	51.3
03:04 p.m.	18.9	50.1
03:05 p.m.	18.7	50.1
04:15 p.m.	23.7	48.2
04:15 p.m.	22.9	49.9
04:15 p.m.	22.9	52.6
04:15 p.m.	21.3	53.7
04:15 p.m.	21.1	55.4
04:15 p.m.	20.1	56.9
04:15 p.m.	20.4	57.1
04:15 p.m.	20.3	57.4
04:15 p.m.	20.1	57.6
04:15 p.m.	20.1	58.3
04:15 p.m.	19.8	58.5

Fuente: Elaboración propia

Anexo I.

Póster síntesis del trabajo de grado

CONTEXTUALIZACIÓN.

La vereda San Antonio se encuentra ubicada en el municipio de Ospina, en el departamento de Nariño, Colombia. Sus coordenadas geográficas son: 1.02020745952137 de latitud norte y -77.520480274543 de longitud oeste. La vereda San Antonio pertenece al municipio de Ospina, departamento de Nariño, Colombia y tiene un área de 14 hectáreas de extensión.

ZONA DE INTERVENCIÓN - VEREDA SAN ANTONIO

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL: Diseñar estrategias pasivas para mejorar el confort térmico en la vivienda rural tradicional en la vereda San Antonio, Nariño, Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar las condiciones climáticas y ambientales de la zona de estudio.
- Analizar las características de la vivienda tradicional en la zona de estudio.
- Identificar las estrategias pasivas que se pueden utilizar para mejorar el confort térmico en la vivienda tradicional en la zona de estudio.
- Proponer estrategias pasivas para mejorar el confort térmico en la vivienda tradicional en la zona de estudio.

HIPÓTESIS.

Si se implementan estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la vivienda tradicional en la vereda San Antonio, Nariño, Colombia, se mejorará el confort térmico de los habitantes de la zona de estudio.

PROTOCOLO DE CAPTURA DE VARIABLES AMBIENTALES

Se utilizará un termómetro digital para medir la temperatura ambiente y un termómetro de radiación para medir la temperatura de radiación. Se utilizará un anemómetro para medir la velocidad del viento y un pluviómetro para medir la precipitación. Se utilizará un higrómetro para medir la humedad relativa y un barómetro para medir la presión atmosférica.

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS EN VIVIENDA RURAL DE CLIMA FRÍO HÚMEDO: ESTUDIO DE CASO, VEREDA SAN ANTONIO, MUNICIPIO DE OSPINA.

La vivienda tradicional en la zona de estudio se encuentra en un clima frío húmedo. Las condiciones climáticas y ambientales de la zona de estudio son: temperatura promedio de 18°C, humedad relativa promedio de 85%, velocidad promedio del viento de 2 m/s y precipitación promedio de 1500 mm/año.

¿QUÉ ESTRATEGIAS PASIVAS BIOClimáticas SE NECESITAN PARA LOGRAR EL CONFORT TÉRMICO PARA LA VIVIENDA RURAL TRADICIONAL EN UN CLIMA FRÍO, HÚMEDO EN LA VEREDA DE SAN ANTONIO?

Debido a las condiciones climáticas y ambientales de la zona de estudio, se necesitan estrategias pasivas bioclimáticas para mejorar el confort térmico en la vivienda tradicional en la zona de estudio. Las estrategias pasivas bioclimáticas que se necesitan son: orientación, aislamiento, radiación solar, ventilación y drenaje.

¿DIFICULTADES QUE PRESENTAN LAS VIVIENDAS DE ESTUDIO.

Las viviendas de estudio presentan las siguientes dificultades: orientación, aislamiento, radiación solar, ventilación y drenaje.

CONDICIONES CLIMÁTICAS Y AMBIENTALES DE SAN ANTONIO OSPINA NARIÑO

ANÁLISIS DE DATOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA VEREDA SAN ANTONIO

El análisis de datos de las condiciones ambientales en la vereda San Antonio, Nariño, Colombia, muestra que la temperatura promedio es de 18°C, la humedad relativa promedio es de 85%, la velocidad promedio del viento es de 2 m/s y la precipitación promedio es de 1500 mm/año.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.

Las propiedades físicas de los materiales utilizados en la vivienda tradicional en la vereda San Antonio, Nariño, Colombia, son:

- FRUCCIMIENTO:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.
- LADRILLO:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.
- TAPAL:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.
- TEJA DE BARRO:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.
- ALUQUINO:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.
- CONCRETO:** Conductividad térmica (k) = 0.84 W/mK, Densidad (ρ) = 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp) = 0.84 kJ/kgK.

PROYECTO FINAL DE CARRERA 4.024

PROYECTO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA VIVIENDA RURAL EN CLIMA FRÍO HÚMEDO (ESTUDIO DE CASO, VEREDA SAN ANTONIO, MUNICIPIO DE OSPINA)

MONITOREO: ADRIANA SOTÍA RUIZ SALAZAR (UNEN)

ASESORA: ING. MARÍA ANIBEL CALVO (UNEN)

CONTINENTE: POSTER

DOCENTE: ING. MARÍA GERARDO PINOYEROS CORDERO

JURADO: ING. EDUARDO SALGADO

Fuente: Elaboración propia.

Anexo J.

Póster síntesis del trabajo de grado

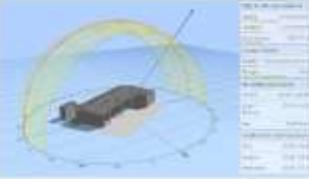
PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS VIVIENDA 1



El tipo de clima donde está construida esta vivienda es un clima templado, con una temperatura promedio anual de 18°C, lo que permite diseñar estrategias pasivas que aprovechen al máximo la energía solar y minimicen el consumo de energía eléctrica.

ANÁLISIS DE TRAYECTORIA SOLAR

El análisis de la trayectoria solar es fundamental para la optimización de la orientación, el tamaño y la posición de las aberturas de la vivienda, así como para la selección de los materiales de construcción que permitan aprovechar al máximo la energía solar y minimizar el consumo de energía eléctrica.



MATERIALES PRESENTES EN LA VIVIENDA

- HERCOCEMENTO:**

Características técnicas: densidad: 2400 kg/m³, resistencia a la tracción: 1.5 MPa, resistencia a la compresión: 15 MPa, módulo de elasticidad: 25000 MPa.
- ALUMINO:**

Características técnicas: densidad: 2700 kg/m³, resistencia a la tracción: 90 MPa, resistencia a la compresión: 275 MPa, módulo de elasticidad: 70000 MPa.
- CONCRETO:**

Características técnicas: densidad: 2400 kg/m³, resistencia a la tracción: 1.5 MPa, resistencia a la compresión: 15 MPa, módulo de elasticidad: 25000 MPa.

ANÁLISIS DE DATOS

TEMPERATURA MÍNIMA: 10.5°C TEMPERATURA MÁXIMA: 30.5°C
 HÚMEDAD MÍNIMA: 65% HÚMEDAD MÁXIMA: 85%

Los datos de temperatura y humedad son fundamentales para el diseño de la vivienda, ya que permiten determinar el nivel de confort térmico y la necesidad de implementar estrategias pasivas para mejorar el bienestar de los ocupantes.

DAOS DE TEMPERATURA



DAOS DE HUMEDAD

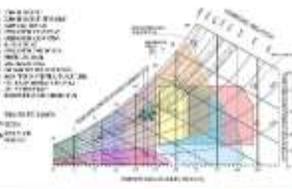


PORCENTAJE CUBIERTO Y VOLUMEN DE COBERTURA

TIPO DE CUBIERTA	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	PERCENTAJE (%)
CUBIERTA PLANA	100	100	100
CUBIERTA INCLINADA	150	150	150
CUBIERTA CURVA	200	200	200

DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS

El análisis de los datos de temperatura y humedad permite determinar las estrategias pasivas más adecuadas para la vivienda, como el uso de materiales de construcción con alta capacidad térmica, la implementación de sistemas de ventilación natural y el uso de techos verdes para reducir el efecto de isla de calor.

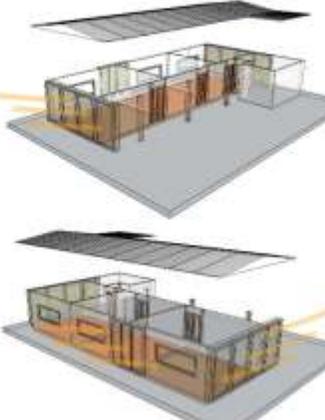


PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

EFICIENCIA SOLAR POR TECHADA: 12.5% P.M. - 15.0% P.M. - 18.0% P.M. - 20.0% P.M. - 22.0% P.M. - 24.0% P.M. - 26.0% P.M. - 28.0% P.M. - 30.0% P.M.

APORTE DE GRANOS CONTAMINADOS

TIPO DE GRANOS	CONCENTRACION (mg/m ³)	EXPOSICION (h)	APORTE (mg)
PM10	100	24	2400
PM2.5	50	24	1200
PM1	25	24	600



COMPORTAMIENTO DE VIENTOS LOCALES

Evacuación de aire (sin de vientos)





PROYECTO FINAL DE CARRERA 4 2024

PROYECTO: PROYECTO DE EDIFICACIÓN PASIVA DE VIVIENDA EN UN CLIMA templado con alta humedad relativa.

MOYBIRE: TONDA

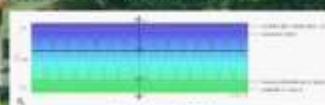
ADRIANA SOTÍA RUIZ SALAZAR (MAYOR)

ASESOR: ING. MARCO ANTONIO CALVO

SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA



COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA



COMPORTAMIENTO DEL HUMEDAD



CONTINENTE: POSTOBO

DOCENTE: ING. MARCO ANTONIO CALVO

JURADO: ING. EDUARDO SALGADO

Señestre

X

Fuente: Elaboración propia.

Anexo K.

Póster síntesis del trabajo de grado

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS VIVIENDA 2



En este tipo de vivienda la regulación de clima de interior, además de depender de los materiales de construcción, está y depende en gran medida de una serie de estrategias pasivas que se implementan por elementos arquitectónicos en el momento de diseñar los espacios interiores. La selección de los materiales está basada en el análisis topográfico de la zona de construcción, como estrategia de disminuir los vientos directos y la velocidad de circulación al interior, para su construcción.

ANÁLISIS DE DATOS

TEMPERATURA MINIMA, TLA TEMPERATURA MÁXIMA, TTA
INDICADOR MINIMO, ICA INDICADOR MÁXIMO, IMA

Los datos de los indicadores de temperatura mínima y máxima permiten analizar el comportamiento de los vientos y la velocidad de circulación en el interior de la vivienda, para su regulación adecuada con las estrategias pasivas, lo cual contribuye al confort de los ocupantes, por lo tanto, se elaboró un diagrama de flujo del confort térmico.

DATOS DE TEMPERATURA



DATOS DE HUMEDAD



PORCENTAJE DENTRO Y FUERA DE COMFORT

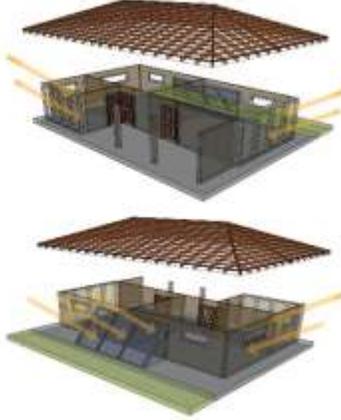
INDICADOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
TEMPERATURA	18.0	25.0	32.0	40.0
HUMEDAD	60.0	70.0	80.0	90.0
VELOCIDAD DEL VIENTO	1.0	2.0	3.0	4.0
COMFORT	100.0	100.0	100.0	100.0

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

TEMPERATURA Y HUMEDAD POR VIVIENDA
INDICADOR MINIMO: 24.0 P.M. - 4.00 P.M. INDICADOR MAXIMO: 34.0 A.M. - 10.00 A.M.

APORTE DE GRANOS CENTRADOS

INDICADOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
TEMPERATURA	18.0	25.0	32.0	40.0
HUMEDAD	60.0	70.0	80.0	90.0
VELOCIDAD DEL VIENTO	1.0	2.0	3.0	4.0
COMFORT	100.0	100.0	100.0	100.0



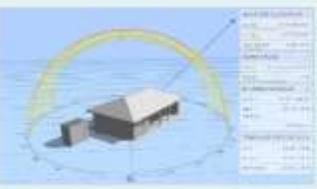
COMPORTAMIENTO DE VIENTOS LOCALES

(Estrategia de protección de vientos)



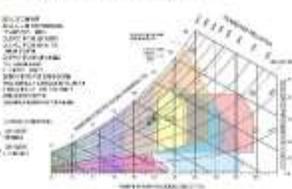
ANÁLISIS DE TRAYECTORIA SOLAR

Por el clima de la zona se debe tener en cuenta el viento que se genera en la zona, ya que se debe tener en cuenta la trayectoria solar para evitar el sobrecalentamiento, como el uso de árboles, plantas y vegetación, que protegen los materiales de la radiación solar directa en cualquier momento.



DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS

El diagrama de flujo permite determinar la estrategia pasiva de abordar el confort de los ocupantes de la vivienda, de acuerdo con el comportamiento del día, lo cual permite mejorar el comportamiento del confort térmico en el interior de las edificaciones. Por lo tanto, se elaboró un diagrama de flujo que muestra el comportamiento de los ocupantes.



MATERIALES PRESENTES EN LA VIVIENDA

LADRILLO
 Con resistencia al fuego (Rf) de 120 minutos.
 Resistencia térmica (Rt) de 0.14.
 Densidad (D) de 1700 kg/m³.

TEJA DE BARRO
 Con resistencia al fuego (Rf) de 120 minutos.
 Resistencia térmica (Rt) de 0.08.
 Densidad (D) de 1700 kg/m³.

SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA



COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA



COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD





PROYECTO FINAL DE CARRERA 4, 2024

PROYECTO: PROYECTO DE EDIFICACIÓN PASIVA DE VIVIENDA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE CALI, DEPARTAMENTO DE CALI, COLOMBIA.

MOYBRE: TONDA

PROFESOR: ADRIANA SOTÍA RUIZ SALAZAR

ASESOR: ING. MARCO ANTONIO CALVO

CONTINENTE: POSTGRADO

DOCENTE: ING. MARCO ANTONIO CALVO

JURADO: ING. EDUARDO SALGADO

Señestre

Fuente: Elaboración propia.

Anexo L.

Póster síntesis del trabajo de grado

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS VIVIENDA 3



Para mejorar el bienestar y la calidad de vida de los habitantes de la vivienda, se propone implementar estrategias pasivas que permitan reducir el consumo de energía y mejorar el confort térmico y acústico de los espacios interiores.

ANÁLISIS DE TRAYECTORIA SOLAR

Se realizó un análisis de la trayectoria solar para determinar la incidencia de los rayos solares en la vivienda durante el día y a lo largo del año, con el fin de optimizar la orientación y el diseño de la vivienda para aprovechar al máximo la luz natural y reducir el calor excesivo.



MATERIALES PRESENTES EN LA VIVIENDA

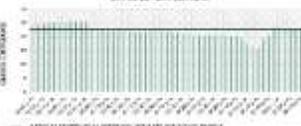
- FIBROCEMENTO:** Conductividad térmica (k): 0.14, Densidad (rho): 1900 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp): 0.85 kJ/kg·K, Espesor: 10.000 mm - 4.727 kcal.
- LADRILLO:** Conductividad térmica (k): 0.80, Densidad (rho): 1800 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp): 0.85 kJ/kg·K, Espesor: 11.000 mm - 10.000 kcal.
- CONCRETO:** Conductividad térmica (k): 1.40, Densidad (rho): 2400 kg/m³, Capacidad calorífica (Cp): 0.85 kJ/kg·K, Espesor: 11.000 mm - 9.000 kcal.

ANÁLISIS DE DATOS

TEMPERATURA MÍNIMA (°C) TEMPERATURA MÁXIMA (°C) HUMEDAD RELATIVA (%)

La variación de los datos climáticos en el tiempo permite identificar los momentos de mayor confort térmico y acústico en la vivienda, así como los momentos de mayor consumo de energía y mayor necesidad de intervención pasiva.

DATOS DE TEMPERATURA



DATOS DE HUMEDAD

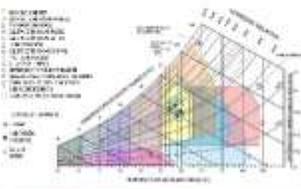


PERCENTAJE DENTRO Y FUERA DE CONFORT

CONDICIÓN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PERCENTAJE (%)
DENTRO DE CONFORT	20 - 26	40 - 70	65.00
FUERA DE CONFORT	27 - 30	71 - 90	35.00

DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS

Se determinaron las estrategias pasivas más adecuadas para mejorar el confort térmico y acústico de la vivienda, considerando las condiciones climáticas y las características de la vivienda.

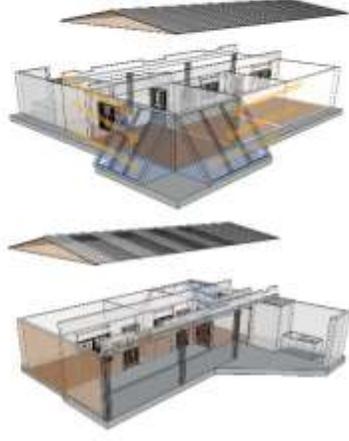


PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

EXPOSICIÓN SOLAR POR FACADA, FACADA NOROCCIDENTAL (N.O.) - SUR (S.), FACADA SURESTE (S.E.) - NOROCCIDENTAL (N.O.)

APORTE DE GRADOS CÉNTIGOS

CONDICIÓN	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PERCENTAJE (%)
DENTRO DE CONFORT	20 - 26	40 - 70	65.00
FUERA DE CONFORT	27 - 30	71 - 90	35.00



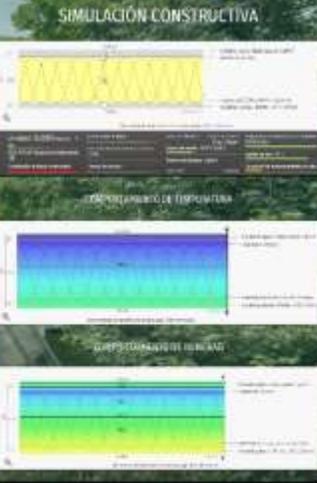
COMPORTAMIENTO DE VIENTOS LOCALES

(Evaluación de dirección de vientos)





SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA



PROYECTO FINAL DE CARRERA 2024

PROYECTO: PROYECTO DE INTERVENCIÓN PASIVA EN LA VIVIENDA ESTADIO DE DEL REY DE CALI

INSTITUCIÓN: IES

PROYECTO: PROYECTO DE INTERVENCIÓN PASIVA EN LA VIVIENDA ESTADIO DE DEL REY DE CALI

INSTITUCIÓN: IES

MONITOREO: ARIANA SOTÍA RUIZ SUÁREZ

ASESOR: DR. MARIO ANDRÉS CALVICH

CONTIENE: POSTER

DOCENTE: DR. MARIO GERMAN RAMÍREZ CÁDIZO

PARADO: DR. IBRAHIM CARLOS SALGADO

Fuente: Elaboración propia.

Anexo M.

Informe de Solución constructiva vivienda 1

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PASIVAS VIVIENDA 4



Como estrategia pasiva para reducir el consumo energético en la vivienda, se propone una fachada solar activa, es decir, una fachada que permite la entrada de luz natural y el calor solar, y que a su vez permite la ventilación natural de la vivienda.

ANÁLISIS DE TRAYECTORIA SOLAR

Analizar la trayectoria solar de gran ayuda para visualizar cómo se comportará el edificio en diferentes momentos del día y las estaciones del año, así como la orientación de la vivienda, el uso de materiales y la ubicación de las estrategias pasivas.



MATERIALES PRESENTES EN LA VIVIENDA

- TAPAL:** Conductividad térmica (k): 0,075
Resistencia térmica (R): 1,333
Espesor: 6 mm
- TEJA DE BARRO:** Conductividad térmica (k): 0,20
Resistencia térmica (R): 0,25
Espesor: 10 mm
- ALUMBRADO:** Conductividad térmica (k): 0,023
Resistencia térmica (R): 0,435
Espesor: 10 mm

ANÁLISIS DE DATOS

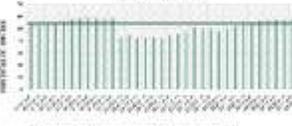
TEMPERATURA MÁXIMA: 38,3 TEMPERATURA MÍNIMA: 20,2
HUMEDAD MÁXIMA: 60,2 HUMEDAD MÍNIMA: 38,9

Los datos de temperatura, humedad y radiación solar, se utilizarán para el análisis de la vivienda y se compararán con la finalidad de verificar la propuesta de estrategias pasivas.

DATOS DE TEMPERATURA



DATOS DE HUMEDAD

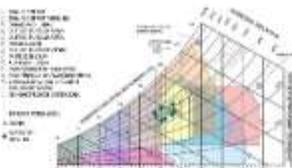


PERCENTAJE DIVERSO Y FUNCIÓN DE COMFORT

CONDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD	COMFORT
CONDICIÓN 1	25,0	50,0	COMFORT
CONDICIÓN 2	26,0	55,0	COMFORT
CONDICIÓN 3	27,0	60,0	COMFORT
CONDICIÓN 4	28,0	65,0	COMFORT
CONDICIÓN 5	29,0	70,0	COMFORT
CONDICIÓN 6	30,0	75,0	COMFORT
CONDICIÓN 7	31,0	80,0	COMFORT
CONDICIÓN 8	32,0	85,0	COMFORT
CONDICIÓN 9	33,0	90,0	COMFORT
CONDICIÓN 10	34,0	95,0	COMFORT
CONDICIÓN 11	35,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 12	36,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 13	37,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 14	38,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 15	39,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 16	40,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 17	41,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 18	42,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 19	43,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 20	44,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 21	45,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 22	46,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 23	47,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 24	48,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 25	49,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 26	50,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 27	51,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 28	52,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 29	53,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 30	54,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 31	55,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 32	56,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 33	57,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 34	58,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 35	59,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 36	60,0	100,0	COMFORT

DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS PASIVAS

El objetivo de este análisis es determinar las estrategias pasivas que se deben implementar en la vivienda para mejorar su rendimiento energético y reducir el consumo de energía.



PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

EXPOSICIÓN DEL PISO: NOROCCIDENTAL
EXPOSICIÓN DEL TEJADO: NOROCCIDENTAL

APORTE DE GANANCIA ENERGETICA

CONDICIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD	COMFORT
CONDICIÓN 1	25,0	50,0	COMFORT
CONDICIÓN 2	26,0	55,0	COMFORT
CONDICIÓN 3	27,0	60,0	COMFORT
CONDICIÓN 4	28,0	65,0	COMFORT
CONDICIÓN 5	29,0	70,0	COMFORT
CONDICIÓN 6	30,0	75,0	COMFORT
CONDICIÓN 7	31,0	80,0	COMFORT
CONDICIÓN 8	32,0	85,0	COMFORT
CONDICIÓN 9	33,0	90,0	COMFORT
CONDICIÓN 10	34,0	95,0	COMFORT
CONDICIÓN 11	35,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 12	36,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 13	37,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 14	38,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 15	39,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 16	40,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 17	41,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 18	42,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 19	43,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 20	44,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 21	45,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 22	46,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 23	47,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 24	48,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 25	49,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 26	50,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 27	51,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 28	52,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 29	53,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 30	54,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 31	55,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 32	56,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 33	57,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 34	58,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 35	59,0	100,0	COMFORT
CONDICIÓN 36	60,0	100,0	COMFORT

COMPORTAMIENTO DE VIENTOS LOCALES

(Simulación de dirección de vientos)





PROYECTO FINAL DE CARRERA 4 2024

PROYECTO: PROYECTO DE EDIFICACIÓN PASIVA DE UN PISO EN UN LUGAR FRÍO EN EL ESTADO DE OAJA, MÉXICO

PROFESOR: ADRIANA SOTIL RUIZ SALAZAR

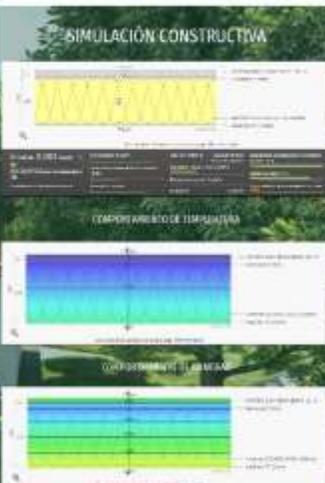
ASESOR: ING. MARCO ANTONIO CALVIERO

CONTINENTE: OAJA

BOCINTE: ING. MARCO ANTONIO CALVIERO

JURADO: ING. EDUARDO SALAS

SIMULACIÓN CONSTRUCTIVA



COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA

COMPORTAMIENTO DE HUMEDAD

Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo N.

Informe de Solución constructiva vivienda 1



Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo O.

Informe de Solución constructiva vivienda 2



Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo P.

Informe de Solución constructiva vivienda 3



Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo Q.

Informe de Solución constructiva vivienda 3



Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo R.

Informe de Solución constructiva vivienda 4



Fuente: Elaboración propia a través de la página ubakus.com.

Anexo S.

Artículo científico



Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD
CESMAG
NIT: 806.109.387-7
VIGILADA POR SUPERVISIÓN

**CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O
TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)**

CÓDIGO: AAC-BL-FR-032

VERSIÓN: 1

FECHA: 18/FEB/2025

San Juan de Pasto, 18 de febrero 2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado denominado: Propuesta de estrategias pasivas en vivienda rural de clima frío húmedo: estudio de caso en la vereda San Antonio, municipio de Ospina, presentado por la autora Adriana Sofia Ruiz Salazar del Programa Académico de arquitectura al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,

(Firma del Asesor)

MARIO ANDRES CALVACHI MORILLO

1085251931

Facultad de Arquitectura

3165044631

macalvachi@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>MIT. 900.109.387-7 VILLAHUAYLA PERU</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 19/FEB/2025

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Adriana Sofía Ruiz Salazar	Documento de identidad: 1004559207
Correo electrónico: asruiz.9207@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3178806730
Nombres y apellidos del asesor: Mario Andrés Calvachi Morillo	Documento de identidad: 1085251931
Correo electrónico: macalvachi@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3165044631
Título del trabajo de grado: Propuesta de estrategias pasivas en vivienda rural de clima frío húmedo: estudio de caso en la vereda San Antonio, municipio de Ospina	
Facultad y Programa Académico: Facultad de arquitectura y bellas artes – programa de Arquitectura	

En mi calidad de autor y/o titular del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NO. 800.109.387-7</small> <small>VOLUNTAD EDUCACION</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 19/FEB/2025

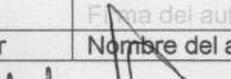
e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG, por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 18 días del mes de febrero del año 2025

 <small> Firma del autor</small>	 <small> Firma del autor</small>
Nombre del autor: Adriana Sofia Ruiz Salazar	Nombre del autor:
 <small> Firma del asesor</small>	
Nombre del asesor: Mario Andrés Calvachi Morillo	