

PROPUESTA CONSTRUCTIVA PARA LA MEJORA DEL CONFORT TÉRMICO DE UNA
VIVIENDA. CASO DE ESTUDIO - VEREDA SABANETA, SAN FRANCISCO
CUNDINAMARCA.

CINDY JOHANA GÓMEZ CASTILLO
MARITZA LILIANA JIMÉNEZ GÓMEZ



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C.

**PROPUESTA CONSTRUCTIVA PARA LA MEJORA DEL CONFORT TÉRMICO
DE UNA VIVIENDA. CASO DE ESTUDIO - VEREDA SABANETA, SAN FRANCISCO
CUNDINAMARCA.**

Cindy Johana Gómez Castillo

Maritza Liliana Jiménez Gómez

Proyecto de grado

Director de Proyecto

Arq. José Alcides Ruiz



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá

Tabla de contenido

1	Introducción	10
2	Planteamiento del problema	14
2.1	Pregunta problema:.....	15
3	Justificación.....	16
4	Objetivo general	18
4.1	Objetivos Específicos	18
5	Metodología de investigación	19
5.1	Tipo de investigación	19
5.2	Primera etapa:	19
5.3	Segunda etapa:.....	20
5.4	Actividades:.....	20
5.5	Tercera etapa:	22
5.6	Cuarta etapa:.....	23
6	Marco referencial	30
6.1	Norma 55 ASHRAE.....	33
7	Marco conceptual	34
8	CAPÍTULO 1	43
8.1	Aspectos climáticos del sector	45

8.2 Análisis finales	48
9 CAPÍTULO 2	49
9.1 Encuesta a residente de la vivienda	52
9.2 Levantamiento	54
10 CAPÍTULO 3	58
11 CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE PORPUESTA FINAL	59
12. Estrategias encontradas	59
13. Estrategias	59
13.1 Adaptación muro trombe.....	61
13.2 Proceso constructivo muro solar	62
14. Costos aproximados	63
15 Conclusiones	64
16. Recomendaciones.....	66
Bibliografía	67

Lista de figuras

Figura 1. Ficha de entrevista para usuarios de la vivienda	21
Figura 2. Gráfico de elementos cuantitativos y cualitativos de metodología	25
Figura 3. Gráfico de elementos cuantitativos y cualitativos de metodología	26
Figura 4. Gráfico de técnicas cuantitativas y cualitativos de metodología.	26
Figura 5. Gráfico de instrumentos cuantitativos y cualitativos de metodología.	27
Figura 6. Diagrama psicométrico de Givoni.	31
Figura 7. Carta psicométrica de la herramienta Andrewmarsh	32
Figura 8. Captura de pantalla de la CBE Thermal Tool	33
Figura 9. Mapa conceptual del marco referencial.	42
Figura 10. Mapa de municipio de San Francisco.	44
Figura 11. Ubicación casa de estudio	44
Figura 12. Temperatura anual municipio San Francisco.	45
Figura 13. Humedad anual del municipio de San Francisco	46
Figura 14. Velocidad del viento anual.....	47
Figura 15. Ubicación de la vivienda de estudio.....	49
Figura 16. Vista lateral izquierda de la vivienda de estudio.....	50
Figura 17. Vista frontal de la vivienda de estudio.....	50
Figura 18. Vista trasera y lateral derecha de la vivienda de estudio	51
Figura 19. Espacios que componen la vivienda de estudio	51
Figura 20. Resultado de la entrevista.....	52
Figura 21. Metodología para levantamiento planimétrico.....	54

Figura 22. Planta arquitectónica de la vivienda.....	55
Figura 23. Resultado de confort en el lugar de estudio.	56
Figura 24. Resultado de confort en el lugar de estudio.	57
Figura 25. Estrategias para mejorar el confort según Givoni.	59
Figura 26. Análisis de estrategias vs temperaturas del sector.	60
Figura 27. Planta general de muro solar.	61
Figura 28. Despiece de muro solar y su materialidad.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1. Sensación térmica del aire en movimiento exterior.	37
Tabla 2. Factores de confort.	38
Tabla 3. Conductividad de los materiales de la vivienda de estudio	41
Tabla 4. Temperatura máxima y mínima anual.....	45
Tabla 5. Humedad mínima y máxima anual.....	46
Tabla 6. Velocidad del viento.....	47
Tabla 7. Resultados de la encuesta	53
Tabla 8. Análisis comparativo de sistemas de climatización pasiva	58
Tabla 9. Análisis de clima frente a estrategias pasivas.....	60
Tabla 10. Costos aproximados de los materiales para muro solar.....	63

Resumen

Al edificar una residencia, intervienen muchos factores; entre ellos el aspecto ambiental que involucra el confort térmico, encerrando aspectos como temperatura, humedad y vientos del sector donde se construye, los cuales repercuten en la sensación de sus habitantes. Sin embargo, al momento de ejecutar el proceso constructivo del inmueble, se suelen omitir estos conceptos. Esto genera discomfort y un problema de habitabilidad en las viviendas por parte de sus residentes. Como ocurre con este caso de estudio correspondiente a una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta del municipio de San Francisco Cundinamarca, que fue autoconstruida, sin tener el conocimiento de estos aspectos bioclimáticos mencionados, respecto a características climáticas y su incidencia en los materiales usados para la edificación. La percepción de cada individuo frente al confort de la vivienda se pudo constatar por medio de una encuesta debidamente analizada. De allí, surge la necesidad de proponer una solución constructiva virtual, basada en diagnósticos del inmueble y el clima del sector, con el fin de dar una guía específica para que las estrategias puedan ser implementadas a escala real, cuando sus residentes lo crean pertinente. En efecto, para llevar a cabo esta propuesta se recurren a fuentes documentales que abordan el diagrama de Givoni y Sistemas de climatización pasiva. Seguido de un proceso metodológico de tipo mixto, divididos en cuatro fases relacionadas con los objetivos específicos y capítulos de esta investigación. Que son caracterización climática del sector, análisis de confort actual de la vivienda, sistemas de calor pasivo. Finalizando con la estrategia concreta, basada en un elemento transmisor de calor, el cual da lugar a un muro trombe capaz de almacenar calor y liberarlo cuando la temperatura disminuye.

Palabras clave: Confort térmico, vivienda San Francisco Cundinamarca, Clima, bioclimática, Sistemas de calor pasivos.

Abstract

When building a residence, many factors are involved; among them the environmental aspect that involves thermal comfort, enclosing aspects such as temperature, humidity and winds of the sector where it is built, which have an impact on the feeling of its inhabitants. However, when executing the construction process of the property, these concepts are usually omitted. This creates discomfort and a problem of habitability in the homes by its residents. As with this case of study corresponding to a house located in the Vereda Sabaneta of the municipality of San Francisco Cundinamarca, which was self-built, without having the knowledge of these bioclimatic aspects mentioned, regarding climatic characteristics and their impact on the materials used for the building. The perception of each individual in the face of the comfort of the house could be seen through a duly analyzed survey. From there, the need arises to propose a virtual constructive solution, based on diagnostics of the property and the climate of the sector, in order to give a specific guide so that the strategies can be implemented on a real scale, when their residents believe it relevant. In order to carry out this proposal, documentary sources are used which address the diagram of Givoni and Passive Air Conditioning Systems. Followed by a mixed methodological process, divided into four phases related to the specific objectives and chapters of this research. They are climatic characterization of the sector, current comfort analysis of housing, passive heat systems. Ending with the concrete strategy, based on a heat transmitting element, which results in a trombe wall capable of storing heat and releasing it when the temperature drops.

Key words: Thermal comfort, San Francisco Cundinamarca housing, Climate, bioclimatics, Passive heat system.

1 Introducción

Los factores de confort de una vivienda inciden en la sensación de quienes la ocupan, es por ello que el confort térmico es uno de los parámetros más importantes que deben ser considerados en el diseño bioclimático de un edificio, puesto que dependen de factores como la temperatura, humedad y circulación de aire del sitio. Sin embargo, la falta de conocimiento ha hecho que se lleven a cabo procesos constructivos sin tener en cuenta estos aspectos, lo que genera inconformidades por parte de los residentes de las viviendas y así se ve afectada la habitabilidad de los inmuebles.

A nivel constructivo las viviendas unifamiliares ubicadas en zonas rurales tienden a ser autoconstruidas, es decir, que acuden a un proceso empírico mediante el cual llevan a cabo la construcción de residencias con los conocimientos adquiridos durante años de experiencia. Al ser esta un medio para adquirir una casa sin acudir a profesionales, surgen fallas a nivel de habitabilidad que afectan el confort durante la permanencia en el hogar. Esto se debe a que no hay un adecuado diseño del inmueble por desconocimiento, ya que se omiten factores de clima específicos del sector donde se construye, y se suelen implementar materiales y sistemas constructivos que no actúan bajo las condiciones ambientales del lugar.

De acuerdo a lo anterior, la falta de confort en la vivienda está relacionado con la sensación de frío o calor percibida al interior del inmueble. Estas percepciones dan origen a una serie de inconformidades que requieren ser atendidas, con el fin de disminuir los índices de discomfort en viviendas donde no se ha dado solución a estas problemáticas, razón que da lugar a esta investigación basada en el estudio de una vivienda que presenta dichos problemas.

Para lograr estudiar el tema central de este trabajo en todos sus aspectos, se recurren a una serie de fuentes documentales que amplían el conocimiento y guían el trabajo de manera

correcta. A través de una búsqueda exhaustiva se encontró que existen teorías implementadas por dos autores que buscaron establecer rangos de confort en edificios de acuerdo a zonas climáticas establecidas, por medio de cartas bioclimáticas. Entre ellos, está Givoni Baruch, quien determina los efectos de la edificación respecto a un ambiente térmico definido, proporcionando opciones de materialidad y estructura constructiva (Hernández 2014). La carta establecida por este autor se usa para definir el estado actual de la vivienda de estudio. Existen varias normativas que dictan condiciones encaminadas a ofrecer estados adaptables entre el individuo y el espacio ocupado. Entre ellas, se tomó como guía la Norma 55 ASHRAE, con la cual se miden indicadores de confort del inmueble, de acuerdo a la cantidad de individuos. (Seiscubos, 2019)

Adicionalmente, se encuentra de manera global que la arquitectura bioclimática encierra un conjunto de conceptos que están enfocados en el diseño de edificios adaptados al entorno en el que se construyen, teniendo en cuenta condiciones climáticas, entre otros. Los factores climáticos ejercen gran influencia en el grado de comodidad percibido en las viviendas, y todo esto depende de los materiales que la constituyen. Lo que da lugar a parámetros que son dispuestos por Serra (1999), quien indica en sus estudios que existen de tipo personal y ambiental, los cuales se enfocan en percepciones y condiciones de temperatura o clima, respectivamente. Estos factores se estudiaron en totalidad a lo largo de esta investigación. Existe un factor fundamental para el logro de este proyecto, el cual tiene que ver con una solución constructiva final, para ello se estudiaron los sistemas de climatización pasiva, de los cuales se realizó la clasificación enfocando la información para el calentamiento de espacios interno en una vivienda específica. Con ello, se logra fijar una estrategia constructiva en el inmueble estudiado.

Desde el punto de vista metodológico, Este trabajo es de tipo mixto, puesto que abarca aspectos de tipo cualitativo y cuantitativo, divididos en 4 fases que repercuten en los objetivos específicos detallados a lo largo de este documento. Estas etapas se organizaron secuencialmente de la siguiente manera: Características climáticas del sector de estudio, estado actual de la vivienda en términos de confort, análisis de sistemas de climatización pasiva y planteamiento de elementos constructivos de manera virtual. Para lograr estas etapas en totalidad se tuvo que recurrir a técnicas de registro, medición, análisis, documentación y observación. Así como también, instrumentos que tienen que ver con fotos, fichas, encuestas, planos, programas como Autocad y Andrew Marsh.

La caracterización climática del sector arrojó que en el municipio de San Francisco la temperatura está entre los 9,2°C y 18,2°C y la humedad constante de 87% todo el año (Weatherspark, s.f). Respecto al confort térmico inicial de la vivienda de estudio, se encuentra que está ubicada a 2.450m sobre el nivel del mar, la materialidad se conforma de muros en ladrillo común, con acabados en pañete y pintura, cubierta de Eternit y ventanas con marcos en madera. Adicionalmente, se realizaron encuestas que arrojaron insatisfacción por parte de los residentes, respecto a la ocupación del inmueble. En cuanto al estudio de sistemas climatización pasiva se encontró que los muros con gran capacidad térmica y principios de conducción son los más adecuados para aplicar en la vivienda. Con esto, se concluyó que el clima del sector donde se ejecutó el estudio es frío; que la edad de algunos residentes los ubica en la categoría de personas de la tercera edad, lo que los hace más sensibles a efectos del clima al interior del hogar y, por último, la estrategia más adecuada se enfocó en el mejoramiento constructivo de los muros, basados en almacenar energía solar durante el día, para que esta sea liberada cuando la temperatura disminuya.

Como se menciona con antelación, este caso de estudio desarrollado en la siguiente investigación corresponde a una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta, San Francisco Cundinamarca, debido a que el inmueble fue construido sin seguir parámetros de confort establecidos, por lo tanto, es evidente que no tiene condiciones mínimas de confort térmico, lo que da origen a la necesidad de realizar mejoras bioclimáticas en la residencia de estudio por medio de técnicas constructivas prácticas y de fácil ejecución que puedan ser implementadas por los propietarios de la vivienda.

El desarrollo total de este trabajo demuestra su utilidad a nivel general, puesto que puede ser tomado como ejemplo en otras edificaciones que presenten las mismas condiciones descritas a lo largo de este documento, teniendo en cuenta que el resultado final se basó en una propuesta constructiva factible para que cualquier persona pueda estar en capacidad de implantar este tipo de soluciones de confort térmico interno.

2 Planteamiento del problema

El confort térmico se deriva de la sensación favorable del individuo frente al lugar que habita, bajo condiciones de temperatura, humedad y vientos del sitio. Estudiar este factor es de gran importancia, pues incide en la habitabilidad de las viviendas unifamiliares que se han visto afectadas por la falta de adaptación ante los factores climáticos del sector, esto se debe a la falta de conocimiento a la hora de implementar estrategias en los procesos constructivos y en el uso de materiales, los cuales hacen favorables o desfavorables los índices del confort de quienes habitan el inmueble.

La posibilidad que tienen los usuarios de disfrutar su estancia en todas las zonas del inmueble bajo sensaciones confortables y habitables, debería ser una de las prioridades en el desarrollo de proyectos constructivos o edificatorios. Existe una deficiencia en los estudios detallados del clima del lugar en el cual se llevan a cabo la construcción de viviendas realizadas de manera informal. El desconocimiento respecto a estos temas, podría ocasionar en gran medida que el confort térmico sea casi inexistente al interior de la vivienda, lo que impide disfrutar la permanencia en los espacios que componen la unidad familiar.

De allí, surge el caso de estudio de esta investigación, que corresponde a una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta del municipio San Francisco Cundinamarca, la cual fue autoconstruida y presenta inconformidad por parte de los usuarios ante las sensaciones térmicas. Lo que quiere decir, que las reacciones del cuerpo sobre los efectos ambientales del lugar habitado, no son favorables en términos de calor o frío. Esto nos indica que no hay condiciones óptimas al interior del inmueble, y por ello, se da lugar a evaluar cuáles son las condiciones climáticas del lugar y de la residencia determinando sus principales causas y efectos generados sobre los residentes.

A partir de la confirmación de esta problemática, surge el interés y la necesidad de comprobar las condiciones de confort de la vivienda hallando su origen y el impacto generado en los residentes, para desarrollar una mejora en la misma, partiendo de esta pregunta problema:

2.1 Pregunta problema:

¿Cómo mejorar las condiciones bioclimáticas de confort térmico en una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta Municipio de San Francisco Cundinamarca, a partir del diagnóstico cuantitativo y cualitativo del inmueble?

3 Justificación

De acuerdo al estudio realizado por Torres (2012), dice que: “La calidad de vida a nivel urbano se puede definir en términos de las condiciones óptimas que se conjugan y determinan sensaciones de confort a nivel biológico y psicosocial dentro del espacio donde el hombre habita y actúa”. (p. 56)

De allí parte el interés de identificar las condiciones habitables presentes en la vivienda de estudio, considerando que no hay satisfacción por parte de los residentes del inmueble, lo que afecta el confort del individuo y que por ello existe la preocupación de actuar y dar solución a este problema.

Como aspecto fundamental, según la Norma ISO 7730 el confort térmico se define como:

“Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

(Citado por Construmática, s.f., párr. 1).

Esta sensación está relacionada también con el lugar en donde habita el individuo y esto depende del estado de temperatura y humedad que presente el sitio, siendo factores que no se contemplan a la hora de ejecutar proyectos constructivos. Es por ello que el confort térmico en las viviendas debe ser estudiado, ya que depende de otras variables como la temperatura del aire y de la envolvente del inmueble o edificio. De allí, nace el reto de realizar un estudio específico del clima, y su efecto generado sobre el ser humano para medir y controlar el confort térmico de la vivienda de estudio, resaltando que su construcción fue realizada sin tener presentes estos parámetros.

Son varios los estudios de Confort térmico, que permiten hacer análisis aproximados sobre las condiciones de confort que debe tener un lugar específico, lo que hará que esta

investigación se base en la documentación recopilada y el resultado de pruebas para determinar la solución constructiva más adecuada.

Adicionalmente, Según Martínez (2018):

La deficiencia en los estudios y análisis detallados del clima del lugar en el cual se llevan a cabo los proyectos de vivienda, como una solución cuantitativa mas no cualitativa, podrían estar causando en gran medida el discomfort térmico que se percibe al interior de las viviendas, impidiendo la posibilidad de disfrutar la estancia en los reducidos espacios que componen la edificación. (pp. 3-4)

Esto nos da a conocer que realmente el desconocimiento sobre los factores climatológicos que inciden en el confort de la vivienda, genera ambientes térmicos inadecuados que perjudican las condiciones habitables del inmueble, partiendo desde el punto de vista de que su construcción es generada sin plena consciencia de lo mencionado.

Soportando la problemática descrita, este proyecto de investigación se basa en los resultados de la entrevista y encuesta realizada al propietario de la vivienda de estudio ubicada en la Vereda Sabaneta municipio de San Francisco Cundinamarca, en donde nos confirma que presenta inconformidad respecto al confort térmico al interior del inmueble.

Por lo anterior, lo que justifica esta investigación es el reto de corroborar las principales causas de la alteración en las condiciones de confort térmico de la vivienda de estudio, a partir de los resultados de las encuestas y entrevistas realizadas a sus habitantes y la ejecución pruebas virtuales pertinentes, para proyectar las mejoras respectivas al interior de la residencia, teniendo en referencia la insatisfacción presente.

4 Objetivo general

Desarrollar una propuesta constructiva con herramientas virtuales, para mejorar el confort térmico de una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta municipio de San Francisco Cundinamarca, teniendo en cuenta las características climáticas del sector y el diagnóstico del inmueble.

4.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar de manera detallada aspectos climatológicos de la vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta municipio de San Francisco Cundinamarca a partir de información documental.
- Analizar las condiciones de confort térmico actuales en la vivienda de estudio, según factores de temperatura, humedad y vientos del sector.
- Estudiar sistemas pasivos de climatización para el control térmico de la vivienda de estudio, enfocados a dispositivos de calentamiento solar indirectos.
- Plantear un elemento constructivo a partir de un dispositivo de calentamiento solar indirecto, en la vivienda de estudio; por medio de herramientas virtuales.

5 Metodología de investigación

A continuación, se relaciona la estructura metodológica escogida para el desarrollo de esta investigación, con la intención de especificar la forma en que se llevará a cabo este estudio, indicando las actividades a realizar y el paso a paso que llevará a un proceso ordenado para el logro de los objetivos propuestos.

5.1 Tipo de investigación

Según Sampieri (2014). Esta investigación es de tipo mixto, ya que abarcará métodos de tipo cuantitativo y cualitativo, los cuales se ven reflejados en el desarrollo de esta investigación.

Para lograr el orden metodológico, existen varias tareas secuenciadas, las cuales se dividen en cuatro etapas que van relacionadas con los objetivos específicos propuestos, estas se relacionan de la siguiente manera:

5.2 Primera etapa:

En este campo, se busca recopilar fuentes documentales para llevar un estudio y análisis de los aspectos que intervienen en el confort térmico, así como también tener conocimiento de las características climáticas del sector donde está ubicada la vivienda de estudio, el cual corresponde a la Vereda Sabaneta del municipio de Cundinamarca. De esta etapa se desprenden las siguientes actividades:

- 1. Recopilación de información:** El objetivo de esta fase es recopilar toda la información requerida, que permita el buen desarrollo de la investigación. Para lo cual se deben usar todas las fuentes bibliográficas disponibles, respecto al confort térmico y los factores que intervienen. Así como también, aspectos climatológicos del sector donde está ubicada la vivienda de estudio, resaltando aspectos relevantes en cuanto a temperatura, humedad y vientos del sitio. Incluyendo sistemas pasivos de climatización para el desarrollo del proyecto.

2. Análisis de información: Una vez recopilada la información, en esta fase se estudia la información recopilada, marcando los factores que inciden en el confort térmico para llevar a cabo un adecuado estudio de la vivienda. De igual manera, se analizan las características del clima del sector, para hallar los rangos en los que se encuentra la vivienda en comparación con los valores de confort requeridos. El objetivo es contar con el conocimiento requerido que permita dar un diagnóstico sobre las condiciones climáticas de los espacios que componen la vivienda, respecto a la habitabilidad de la misma.

A partir del desarrollo de esta etapa, se pueden obtener los conocimientos necesarios, para lograr abarcar el proyecto de manera adecuada y eficaz.

5.3 Segunda etapa:

Después de realizar una adecuada caracterización del clima del sector donde se encuentra la vivienda de estudio. Una de las actividades principales, es realizar un análisis concerniente a las condiciones de confort térmico presentes en la vivienda. Para llevar a cabalidad esta etapa en su, se requieren realizar las siguientes actividades:

1. Inspección inicial y visual: El objetivo de esta fase es inspeccionar la edificación para determinar sus principales características constructivas y reconocer el entorno en que se encuentra ubicado el inmueble; estos aspectos constituyen los puntos claves para llevar a cabo la correcta ejecución de la investigación, y encierran las siguientes tareas:

5.4 Actividades:

- Realizar registro fotográfico inicial de la vivienda
- Constatar el sistema constructivo del inmueble
- Percibir los aspectos de clima durante la visita.

- Levantamiento arquitectónico y estructural de la vivienda

Encuesta

El propósito de esta encuesta, es conocer el grado de satisfacción que tiene al interior del inmueble, con el fin de corroborar las principales problemáticas respecto a parámetros de confort térmico. En la vivienda, ubicada en la Vereda Sabaneta, municipio de San Francisco, Cundinamarca. En verás de proponer estrategias constructivas que promuevan una mejora en la misma.

(Confort térmico: Es una sensación de la persona en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico). https://www.construmatica.com/construpedia/Confort_T%C3%A9rmico.

Su opinión es muy importante para nosotros, por favor responda las siguientes preguntas:

Nombre: _____
Edad: _____

1. Durante su permanencia en la vivienda encuentra que es:

A. Muy confortable
B. Confortable
C. Algo confortable
D. Inconfortable
E. Muy inconfortable

Confortable: Produce comodidad, bienestar, es agradable
(Si su respuesta fue entre la C y D, responda) ¿Por qué? _____

2. ¿Considera que la temperatura de la vivienda generalmente es?

A. Fría
B. Muy fría
C. Cálida
D. Muy cálida

3. ¿Durante la ejecución de alguna actividad al interior de la vivienda, considera que la temperatura es?

E. Fría
F. Equilibrado (media)
G. Cálida

¿Para qué actividades, en qué hora del día y por qué? _____

4. En invierno cómo considera su casa?

A. Muy fría
B. Fría
C. Cálida
D. Muy cálida

5. En verano cómo considera su casa?

A. Muy fría
B. Fría
C. Cálida
D. Muy cálida

6. Hay habitaciones demasiado frías en invierno?
¿Si _____ No _____ Cuáles? _____

7. Hay habitaciones demasiado calientes en verano?
¿Si _____ No _____ Cuáles? _____

8. La vivienda Tiene calefacción?
Si _____ No _____
¿Por qué? _____

9. Tienen aire acondicionado?
Si _____ No _____
¿Por qué? _____

10. Considera que la ventilación de la vivienda es?

A. Muy buena
B. Buena
C. Regular
D. Mala
E. Muy mala

11. Al usar sala-comedor ha sentidos molestias por la temperatura?

☐ Nunca ☐ Algunas veces ☐ Siempre

¿Por qué? _____

Figura 1. Ficha de entrevista para usuarios de la vivienda. Adaptado de “Ramos, H., (2016). Metodología para diagnosticar la habitabilidad en la vivienda social. Recuperado de: <https://ediciones.lasalle.edu.co/metodologia-para-diagnosticar-la-habitabilidad-en-la-vivienda-social-ediciones-unisalle.html>

2. **Ejecución de encuesta inicial:** En esta fase se procederá con la realización de encuestas de tipo subjetivo a los residentes de la vivienda, con el objetivo de constatar el grado de inconformidad respecto a la habitabilidad del inmueble en temas de confort térmico. Las preguntas generadas son abiertas y de selección múltiple.
3. **Análisis de resultados de la encuesta:** De acuerdo a los resultados obtenidos con la ejecución de las encuestas, en esta fase se realiza un estudio de las respuestas para determinar los principales problemas percibidos por los individuos en términos de comodidad de la vivienda
4. Se hará uso de los datos del IDEAM sobre aspectos climáticos del lugar; de esta manera se miden las condiciones actuales del confort térmico de la vivienda, en términos de temperatura, humedad y velocidad de vientos. Los instrumentos a usar son los siguientes:

- **Andrew Marsh:** Aplicación que permite conocer los rangos de confort de la vivienda respecto a gráficas de Givoni.
- **Datos IDEAM:** Esta se refiere a la información detallada del clima del sector de estudio, en lo concerniente a temperatura, humedad y vientos.

5. **Análisis de resultados:** Dentro de esta fase se realiza un estudio de los resultados obtenidos en la simulación, describiendo los datos conseguidos, para evidenciar los problemas respecto a las condiciones de confort térmico de la vivienda de estudio. Se identifican los puntos críticos de cada zona que compone el inmueble para enfocar soluciones óptimas.

La ejecución de esta etapa es crucial, ya que se podrán determinar los rangos de confort térmico que presenta el interior de la vivienda; lo cual permite tener una idea de las principales fallas a nivel constructivo del inmueble.

5.5 Tercera etapa:

Esta etapa se enfoca en la búsqueda de información respecto a los sistemas pasivos de climatización, para estudiar y analizar las alternativas de solución existentes para mejorar el confort térmico de la vivienda de estudio. Desarrollar esta fase en su totalidad, requiere llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Recopilación de información: Esta actividad inicial se basa en la búsqueda de información referente a los sistemas pasivos de climatización existentes para la mejora del confort térmico. Es de aclarar que esta tarea es complementaria a la primera etapa, puesto que en ella ya se habrán encontrado algunos referentes.

2. Análisis de información: De acuerdo a la información recopilada, se procede a examinar las alternativas de solución existentes respecto a las estrategias constructivas que pueden ser implementadas en la vivienda de estudio; basándonos en los sistemas pasivos de climatización existentes.

3. Clasificación de información: Después de analizar la información requerida para realizar en totalidad esta etapa, se realiza una selección, tipificación y clasificación de la estrategia más óptima para el mejoramiento del confort térmico al interior del inmueble; según los resultados obtenidos con la simulación desarrollada en la segunda etapa.

Esta etapa encierra todo un análisis profundo sobre los resultados obtenidos, la información documental importante y la percepción de los residentes de la vivienda. Todo respecto al confort térmico interno del inmueble.

5.6 Cuarta etapa:

Esta fase es conclusiva y determinante, puesto que es la etapa final del proyecto en la cual se plantea una estrategia constructiva de acuerdo a un sistema de climatización pasivo; desarrollando virtualmente una solución efectiva en la vivienda, de acuerdo a todos los resultados obtenidos. Para concluir esta etapa, se despliegan una serie de actividades, descritas a continuación:

1. **Diagnóstico:** Una vez terminado el análisis, clasificación y selección de la etapa anterior, así como también el conocimiento pleno de los puntos críticos resultantes de las simulaciones; se puede iniciar la reconstrucción de los hechos. Es decir, tratar de conocer cómo se pueden dar soluciones pasivas enfocadas al confort térmico, teniendo en cuenta la materialidad de la envolvente y usos de cada área, incluyendo la identificación y análisis de las normas vigentes con base al confort térmico. Todo esto basados en las características del lugar de estudio y en el sistema pasivo más conveniente.

2. **Terapia:** A partir de la documentación referente a soluciones pasivas de dispositivos de calentamiento indirectos, y al diagnóstico originado a partir del resultado de las pruebas virtuales, y de la selección de estrategias constructivas resultantes del uso de aplicativos y softwares. En esta fase se procede a desarrollar una solución pasiva de manera virtual, que garantice la mejora en el confort térmico al interior del inmueble, teniendo la norma analizada y las variaciones del clima presentes en el sector de estudio.

3. **Divulgación de resultados:** En esta etapa se procede a informar al propietario de la vivienda la metodología aplicada, por medio de resultados congruentes, desprendidos del desarrollo de las etapas anteriores, informando cuáles son las estrategias constructivas más adecuadas para la mejora del confort térmico del inmueble. De esta actividad se desprenden los siguientes instrumentos conclusivos:



Figura 2. Gráfico de elementos cuantitativos y cualitativos de metodología. Elaboración propia

- **Guía de propuesta constructiva:** Este instrumento se realiza con el fin de informar los resultados obtenidos; y dar a conocer las especificaciones y el proceso constructivo de esta de la solución constructiva más adecuada, con el fin de que lo puedan realizar a escala real, cuando sea pertinente.

A continuación, se representa gráficamente la metodología de investigación para el desarrollo del proyecto, enfocado en un caso de estudio.

En el primer gráfico, se pueden evidenciar aspectos cualitativos como: la inspección visual y realización de encuesta; lo que quiere decir que las demás fases serán cuantitativas; ya que se basan en resultados numéricos. Es decir, que son completamente medible

En el siguiente gráfico se detallan actividades que hacen parte únicamente del enfoque cuantitativo de esta investigación, y que encierra todo el proceso metódico que llevará a la realización del objetivo principal.

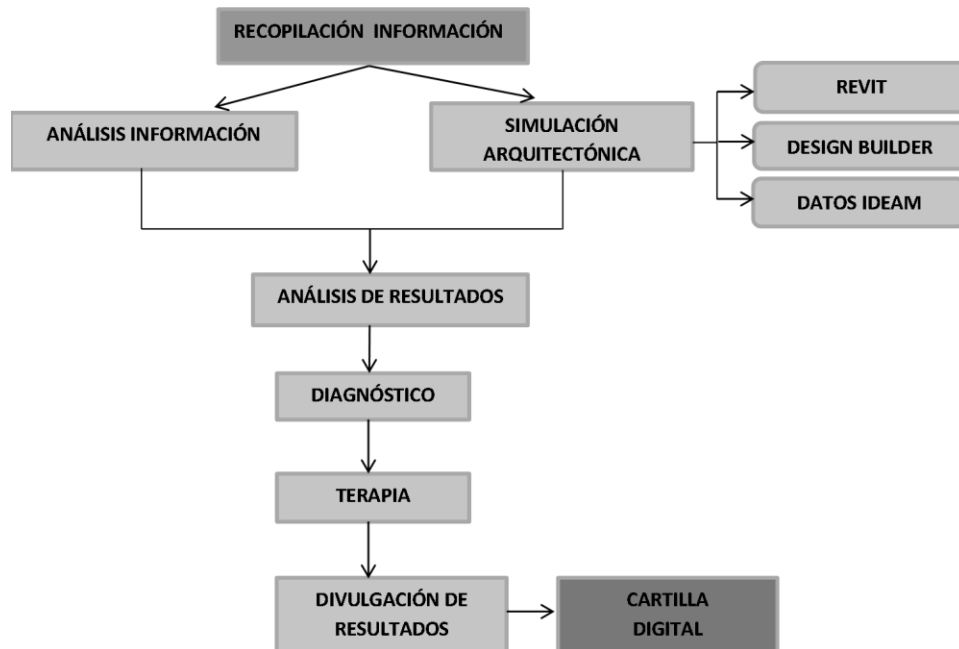


Figura 3. Gráfico de elementos cuantitativos y cualitativos de metodología. Elaboración propia

A continuación, se detallan las técnicas e instrumentos de manera gráfica:

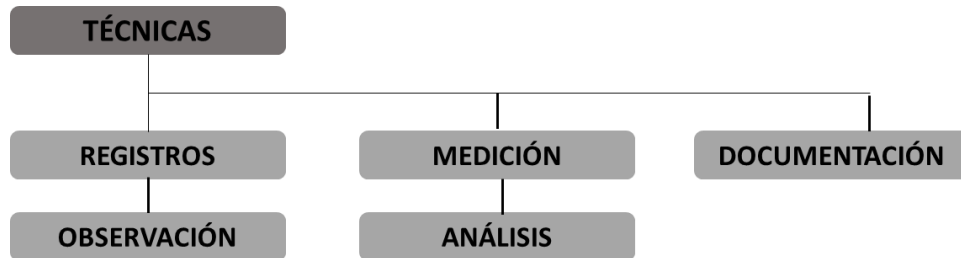


Figura 4. Gráfico de técnicas cuantitativas y cualitativos de metodología. Elaboración propia

Según el gráfico descrito anteriormente, las técnicas a utilizar descritas a continuación, van encaminadas a realizar cada una de las actividades metodológicas propuestas en la investigación:

- **Registro:** Esta técnica involucra la toma de datos resultantes de todos los análisis e información obtenida durante el desarrollo del proyecto

- **Observación:** Esta técnica hace parte de la investigación en casi todas sus etapas, puesto que involucra la inspección visual de todos los resultados obtenidos.
- **Medición:** Dentro de esta técnica se evidencian las medidas resultantes de las simulaciones realizadas a través de instrumentos establecidos.
- **Análisis:** Esta técnica se tomará durante todo el desarrollo de la investigación, ya que incluye el estudio minucioso de cada etapa ejecutada.
- **Documentación:** Finalizando con las técnicas usadas, ésta se refiere a todos los referentes, aplicativos, gráficos y demás que aportan un registro detallado en la ejecución de todo el proyecto.

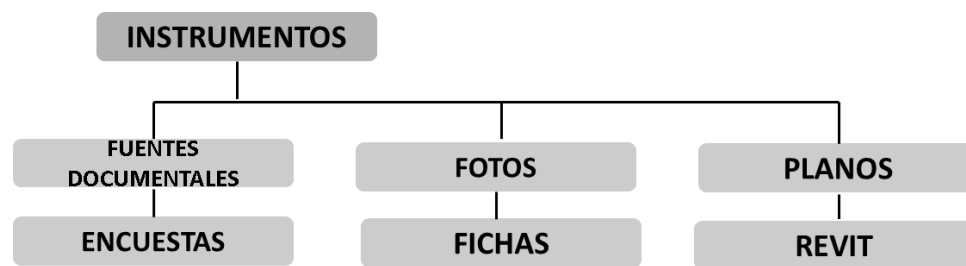


Figura 5. Gráfico de instrumentos cuantitativos y cualitativos de metodología. Elaboración propia

Dentro de los instrumentos utilizados, según el gráfico anterior, estos se describen a continuación:

- **Fuentes documentales:** Este instrumento es toda la documentación recopilada para la ejecución del proyecto.
- **Encuestas:** Este instrumento es usado para conocer el grado de satisfacción de los residentes de la vivienda. Formulando preguntas cerradas y de selección múltiple.
- **Fotos:** Hace parte del registro fotográfico de la vivienda en referencia a las visitas realizadas y las técnicas de observación y registro

- **Fichas:** Son los formatos que se utilizarán para llevar el registro y medición de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.
- **Planos:** Este instrumento es el resultante de la medición, observación y registro. Allí se realiza la planimetría de la vivienda de estudio.
- **Autocad y Andrew marsh:** Estos instrumentos son software o aplicativos que permiten realizar simulaciones de la vivienda respecto al confort térmico y envolvente del inmueble; utilizando las técnicas de medición, registro, observación y análisis.
- **Divulgación:** Este instrumento es el resultante final de la ejecución del proyecto, en el cual se evidencian los resultados obtenidos y la solución pasiva más óptima respecto al mejoramiento del confort térmico en la vivienda de estudio, detallando las especificaciones y el proceso constructivo del elemento escogido para dicha mejora.

Este proyecto se limitará en el alcance de tipo:

Estudio explicativo: Este proceso inicia con la obtención de datos (actuales) los cuales permiten establecer cuáles son los factores y variables que generan los problemas o necesidades presentes en la vivienda de estudio, considerando las visitas y entrevistas realizadas al propietario. Se sigue el paso a paso respecto a las fases del proyecto para así definir el alcance y encontrar resultados sobre los análisis y cálculos realizados en los diferentes diagramas e información documental; para que de forma secuencial se vaya dando cumplimiento a los objetivos propuestos y de esta manera poder analizar y desarrollar una de las diferentes estrategias de manera virtual, según la normatividad establecida. Todo esto con el fin último de lograr el mejoramiento del confort térmico en términos digitales, para que los residentes de la

vivienda estudien las opciones de eficacia que se pueden adaptar a la vivienda a través de sistemas pasivos.

El proyecto se enmarca en el desarrollo de una propuesta constructiva virtual para mejorar el confort térmico en una vivienda ubicada en la Vereda Sabaneta municipio San Francisco Cundinamarca.

6 Marco referencial

Para lograr el objetivo principal descrito con anterioridad, es indispensable tener los conocimientos necesarios, por medio de fuentes documentales o bibliográficas sobre los aspectos teóricos, referenciales, conceptuales e incluso normativos que intervienen en el estudio minucioso del confort térmico. Para ello se da lugar a una serie de referencias que aportan e inciden en este trabajo.

Por un lado, nos encontramos con el:

Diagrama Psicrométrico de Givoni: Según Hernández (2014),

Givoni en su diagrama bioclimático para edificios “Building Bioclimatic Chart” introduce como variable el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interno, el edificio se interpone entre las condiciones exteriores e interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico.

El diagrama de Givoni es una carta que permite determinar la estrategia bioclimática a adoptar en función de las condiciones higrotérmicas del edificio en una determinada época del año. En el diagrama se distinguen unas zonas asociadas a sus respectivas técnicas bioclimáticas que permiten alcanzar la zona de bienestar.

(párr. 1- 2)

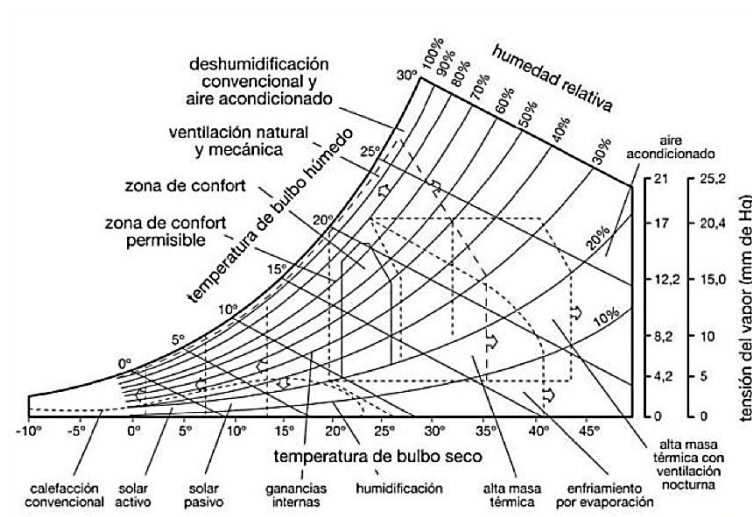


Figura 6. Diagrama psicrométrico de Givoni. Tomado de “Hernández, P. (2014), Diagrama Bioclimático de Givoni. Recuperado de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>”

Esta carta bioclimática de Givoni es estudiada a detalle para definir los factores principales que intervienen en el desarrollo de este caso de estudio; definiendo los rangos de confort para mejorar la habitabilidad del inmueble, ubicando la vivienda en el gráfico para lograr determinar qué condiciones debe cumplir la vivienda para mantener un confort térmico interno adecuado.

Con el fin de tener mejores resultados se recurre a la siguiente aplicación, la cual mezcla las cartas descritas con anterioridad, ya que hace una transición entre ellas, logrando resultados mucho más reales:

Andrew marsh: “Esta aplicación web muestra un cuadro psicrométrico en el que se puede superponer una gama de métricas de confort y líneas de proceso psicrométricas, así como cargar y ver datos meteorológicos EnergyPlus / OpenStudio (.EPW) y archivos de salida”.

(Andrewmarsh, 2018, párr. 1)

Esta aplicación será la más apropiada para llevar a cabo la investigación en su totalidad, puesto que es una herramienta que mezcla conceptos de Givoni para hallar los índices de confort más adecuados en la vivienda de estudio y encontrar una estrategia constructiva apropiada y eficiente.

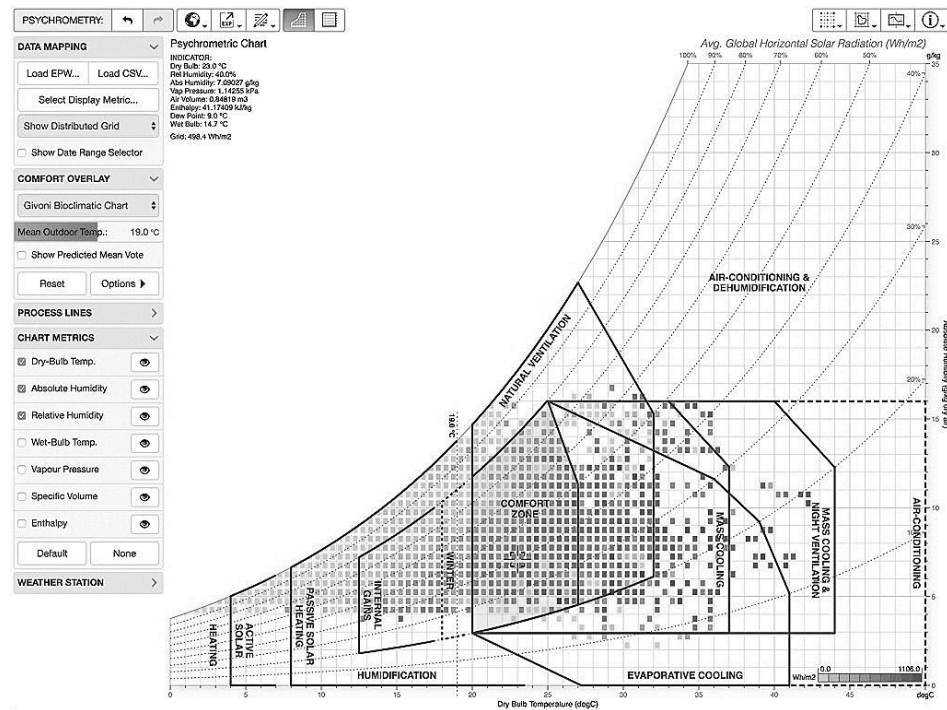


Figura 7. Carta psicométrica de la herramienta Andrewmarsh Tomado de “Andrewmarsh. (2019). Carta psicométrica. Recuperado de: <http://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>”

Con lo anterior, se puede evidenciar que el uso de estas cartas bioclimáticas repercute en el desarrollo del proyecto, en la medida en que se haga uso de la herramienta virtual descrita, para medir los índices de confort de la vivienda, así como también los datos climáticos del sector.

Dentro de los trabajos de tesis más destacados, los cuales se toman para orientar el proyecto en términos del uso de programas virtuales que muestren datos exactos, podemos encontrar los siguientes:

En el aspecto normativo, esta investigación se basará en la siguiente norma, ya que abarca los parámetros establecidos para el confort térmico por medio de gráficas y fórmulas, que ayudan a calcular cuáles son los rangos que se deben mantener para que no se presente incomodidad alguna con respecto al factor térmico del individuo y del lugar de estudio:

6.1 Norma 55 ASHRAE.

Según Seiscubos (2019),

Esta, Establece las condiciones mínimas aceptables para los ocupantes de los edificios, de acuerdo a un conjunto de factores asociados al ambiente interior (temperatura, radiación térmica, humedad, velocidad del aire), así como los propios ocupantes (nivel de actividad y vestimenta). (párr. 1)

Esta norma servirá para medir los indicadores de confort de la vivienda de estudio y el porcentaje de individuos en disconfort, por medio de un método gráfico correspondiente a un diagrama psicrométrico resultante de una herramienta virtual llamada, CBE Thermal Confort Tool. Allí se suministra la temperatura operativa, velocidad del aire y nivel de humedad para calcular la sensación térmica de la vivienda de estudio. Esto se podrá comparar con los resultados de las demás herramientas virtuales

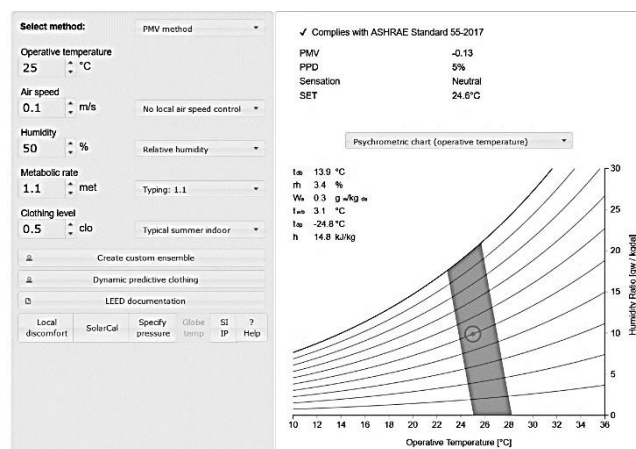


Figura 8. Captura de pantalla de la CBE Thermal Tool. Tomado de “Seiscubos. (2019). Estándar Ashrae 55. Recuperado de [https://www.seiscubos.com/conocimiento/estandar-ashrae55#:~:text=El%20Est%C3%A1ndar%20ASHRAE%2055%20tiene,ocupantes%20\(nivel%20de%20actividad%20y](https://www.seiscubos.com/conocimiento/estandar-ashrae55#:~:text=El%20Est%C3%A1ndar%20ASHRAE%2055%20tiene,ocupantes%20(nivel%20de%20actividad%20y)

7 Marco conceptual

Respecto a los conceptos que van a ser usados durante el desarrollo de este trabajo, seguidamente se dan a conocer cuáles son los términos usados en la investigación, para entender de qué manera esto influye y se relaciona con el estudio de caso propuesto. Es importante tener claro que todo es un conjunto en cadena y que por ejemplo la bioclimática no tendría razón de ser sin el confort térmico, y este a su vez no tendría validez en la construcción sin el clima, estos datos aquí reflejados resultan de la recopilación de datos establecidos como objetivo para el alcance de este trabajo.

Primordialmente abarcamos el término de arquitectura bioclimática: Según Garzón (2007),

la arquitectura bioclimática es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos. (p. 15).

A partir de lo descrito con anterioridad, no es coherente crear espacios habitables sin considerar el ambiente como parte fundamental del diseño constructivo. Esto se logra cuando se estiman las variables climáticas y ambientales en contacto con el individuo. En esta investigación se trata de enfocar este trabajo en adaptar una vivienda construida a las condiciones climáticas del lugar, para alcanzar los índices de confort mínimos al interior del inmueble.

Partiendo de la definición anterior a continuación, se relacionan conceptos que intervienen en el clima, los cuales se estudiarán a lo largo de esta investigación puesto que hacen parte de los factores que involucran el estudio del confort térmico. Para iniciar debemos entender a qué hace referencia este término, el cual señalamos posteriormente:

Confort término: Según Construmática. “Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado”. (Citado por Astudillo, 2009, p. 31). Quiere decir que el confort es un estado en el que el ser humano está en condiciones de salud, bienestar y comodidad.

Para analizar el estado de confort de un espacio habitado, el ambiente térmico debe estimar otros factores, como temperatura, humedad y aire. Cuando no se toman estas condiciones al momento de efectuar un proyecto constructivo, el disconfort se hace evidente, como es el caso de la vivienda de estudio.

Evidentemente, este concepto es uno de los más importantes para el desarrollo de este trabajo, pues es el tema principal de investigación. Sin embargo, analizar este concepto de acuerdo a los objetivos propuestos para este proyecto, requiere tener en cuenta ciertos parámetros que son:

Parámetros ambientales de confort: Según Serra (1999) “Son aquellas características objetivables de un espacio determinado, que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que, en dicho espacio, reciben las personas que lo ocupan”. (p. 13)

Otro de los parámetros a tener en cuenta son los **ambientales:** Los cuales, Según Narváez, Quezada y Villavicencio (2015):

Al ser medibles se pueden determinar por rangos y valores que generen condiciones confortables para los usuarios. Los elementos que influyen en este parámetro son: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del aire, temperatura radiante, radiación solar y niveles de ruido. (p. 32).

Por último, existen **parámetros arquitectónicos**: Los cuales, según Narváez, et al. (2015), “están relacionados con las características de las edificaciones y la adaptabilidad del espacio”. (confort térmico) (p. 32).

Dichos parámetros serán parte de este proyecto, ya que encierran un conjunto de condiciones básicas a tener presentes a nivel constructivo, ambiental y personal sobre el confort térmico requerido para lograr los índices de bienestar adecuados, según el propósito principal de este trabajo.

Complementario a los parámetros descritos con antelación, para poder evaluar la vivienda de estudio en su totalidad debemos abarcar dos factores que se explican según: Narváez, et al. (2015):

Factores de confort: Se determinan de acuerdo a las respuestas que tiene el cuerpo a las condiciones de lugar”. Y

Factores personales: “Son fácilmente visibles y cuantificables, se determinan por el metabolismo, ropa, tiempo de aclimatación, salud, color de piel, historial, sexo, edad, etc. (p. 32).

Estos factores se toman como referencia durante la ejecución de este proyecto, puesto que evalúan en paralelo sensaciones de los residentes al interior de la vivienda teniendo en cuenta factores como la edad, ocupación, y también temas de salubridad.

Dentro de los parámetros medibles a involucrar en este trabajo respecto a las condiciones del confort interno del inmueble, están:

Temperatura del aire (Ta): Según wikipedia (2008),

Hace referencia al aire que está en torno a un cuerpo, y es de gran importancia en la investigación ya que determina la sensación de frío y calor percibida por las personas, adicionalmente la humedad permite corroborar las zonas en donde las personas se encuentran confortables. (Citado por Astudillo 2009, p.33)

Otro criterio de medición es la **humedad relativa (HR)**: Según Encarta (2008), “La humedad relativa, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura”. (Citado por Astudillo 2009, p.33).

Por último, se encuentra la **velocidad del aire (V)**: Según (Astudillo, 2009). El aire en movimiento provoca diferentes sensaciones en el hombre que se describen a continuación:

Tabla 1.

Sensación térmica del aire en movimiento exterior.

Velocidad del aire	Sensación
De 4 a 5 m/seg.	Imperceptible
De 5 a 8 m/seg.	Agradable
De 8 a 16 m/seg.	Agradable con acentuada percepción
De 16 a 25 m/seg.	Entre soportable y molesta
Mayor a 25 m/seg.	No soportable

Nota: Cuadro con la velocidad del viento vs la percepción sentida. Tomado de “Astudillo, F., (2009). Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja. (Trabajo de grado). p. 35. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/7216041/proyecto-de-tesis>”

Esta tabla muestra las sensaciones que puede generar la velocidad del aire, según su duración y frecuencia. De allí se sabe que tan soportable o nulamente soportable puede llegar a ser en el hombre.

Tabla 2.

Factores de confort.

CLIMÁTICOS	Temperatura	del aire	Ta	°C	alto/bajo
		de radiación	Tr	°C	alto/bajo
	Humedad relativa		HR	%	húmedo/seco
	Movimiento del aire		v	m/s	fuerte/flojo
	Composición del aire				limpio/sucio

Nota: Factores climáticos que inciden en el confort térmico. Tomado de “Serra, R., (1999). Arquitectura y Climas. Recuperado de. <https://dokumen.tips/documents/rafael-serra-arquitectura-y-climas.htm>”

De estos parámetros o factores citados, este caso de estudio abarcará todos los aspectos reflejados en la Tabla 2, puesto que son la base fundamental para determinar las condiciones actuales respecto al confort interno de la vivienda, basándonos en resultados numéricos obtenidos por medio de simulaciones y datos referenciales que evalúan, analizan y estudian la humedad, temperatura y velocidad del aire, así como también las sensaciones de quienes residen la vivienda, por medio de encuestas.

Es preciso mencionar que, en este punto de la investigación, ya se cuentan con resultados concernientes a la percepción de los que habitan el inmueble, resaltando que la sensación de calor es casi que imperceptible; esto nos da a la tarea de estudiar las siguientes definiciones, las cuales se refieren a principios térmicos de los materiales o elementos constructivos:

Capacidad calorífica: Según Encarta (2009). “Es la energía necesaria para aumentar en un grado la temperatura de un cuerpo” (Citado por Astudillo 2009, p. 21).

La inercia térmica: Según Construmática (2008). “La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la necesidad de aportación de climatización”. (Citado por Astudillo 2009, p. 22).

Como se expresó con anterioridad, tenemos un indicio respecto a la percepción de los residentes de la vivienda en cuanto a la ocupación de la misma; en el cual se puede corroborar que existe sensación de frío. Por ello, estos conceptos se evalúan en la investigación, ya que parten de la capacidad que tienen ciertos materiales en la construcción para recibir calor y liberarlo, según su masa. Lo que hará que en clima frío ceda la energía acumulada sin mayor dificultad; esto siempre y cuando el espesor de los elementos no sea excesivo.

Una vez establecidos los conceptos que se han descrito con antelación, se deben determinar que opciones de climatización existen, que puedan aportar calor a la vivienda, con lo que se encuentra que:

Se encuentra una serie de sistemas pasivos que sirven para el calentamiento de los espacios. Por lo cual, se referencian, dado que los residentes de la vivienda perciben sensación de frío todo el tiempo, independientemente de que el clima en el exterior esté caluroso.

Según Narváez, et al. (2015),

Son aquellos que mediante la interposición de elementos constructivos captan la energía solar y la almacenan transmitiéndola a las estancias.

Utilizando el mismo principio que los directos, es decir el llamado efecto invernadero se coloca un vidrio en el exterior de un elemento que posea una gran masa térmica. (p. 25)

Es preciso referenciar los sistemas constructivos de climatización pasiva, puesto que describen de manera general los principios estratégicos que existen, respecto a dispositivos de calentamiento. Teniendo en cuenta que el enfoque es dar una solución

acertada para el mejoramiento del confort en la vivienda, en cuanto a la sensación de frío percibida por sus habitantes.

De acuerdo a los resultados de la entrevista inicial los cuales hacen parte de la justificación de este proyecto, se establece que existe sensación de frío al interior de la vivienda según las percepciones de sus residentes; aunque aún no se corrobore el estado actual de la vivienda frente al confort térmico interno. Esto, condiciona la investigación de manera que se evalúen los materiales y su capacidad térmica frente a la construcción, por lo cual se estudian los conceptos a aquí mencionados.

Según Cedeño, (2010).

Los materiales de construcción empleados absorben, transmiten y acumulan energía; estas características determinan la eficacia de los elementos constructivos en el control o la modificación de las condiciones térmicas. **La transmisión del calor de los materiales:** se lleva a cabo a través de la conductividad térmica; la de los elementos constructivos a través de la transmitancia térmica, y se refieren al flujo de calor que atraviesa un material o elemento constructivo según su superficie. La condición esencial para la transmisión del calor es que los cuerpos tengan temperaturas diferentes. El flujo de calor siempre se dirige del más caliente al más frío. (p. 103)

Se tiene en cuenta lo referido, ya que estos términos se relacionan con el desarrollo de esta investigación puesto se requiere un estudio, análisis y evaluación constante respecto a la capacidad que tienen los materiales de recibir calor y transmitirla según la función que están cumpliendo en la edificación; en este caso la

vivienda de estudio.

Por otro lado, dando paso a los conceptos que determinan la transmisión térmica de los materiales, ahora se reflejarán los conceptos que hacen parte de este estudio de caso, puesto que determinarán que materiales son los más apropiados para implementar una solución constructiva adecuada:

Tabla 3.

Conductividad de los materiales de la vivienda de estudio

Material	Conductividad térmica W/m.K	Densidad Kg/m ³	Calor Específico J/Kg.K	Capacidad Calorífica KJ/m ³ . K
Ladrillo	0,66	1.220	1.000	1.220
Vidrio	1,4	2.200	750	1.650
Arena	2	1.450	1.000	1.450
Hormigón armado	2,30	2.400	1.000	2.400
Madera frondosa	0,18	660	1.600	1.056

Nota: Descripción de la conductividad de los materiales de la casa de estudio. Elaboración propia

De la Tabla 3 podemos resaltar que el hormigón armado es el material que más conductividad térmica tiene, seguido del ladrillo.

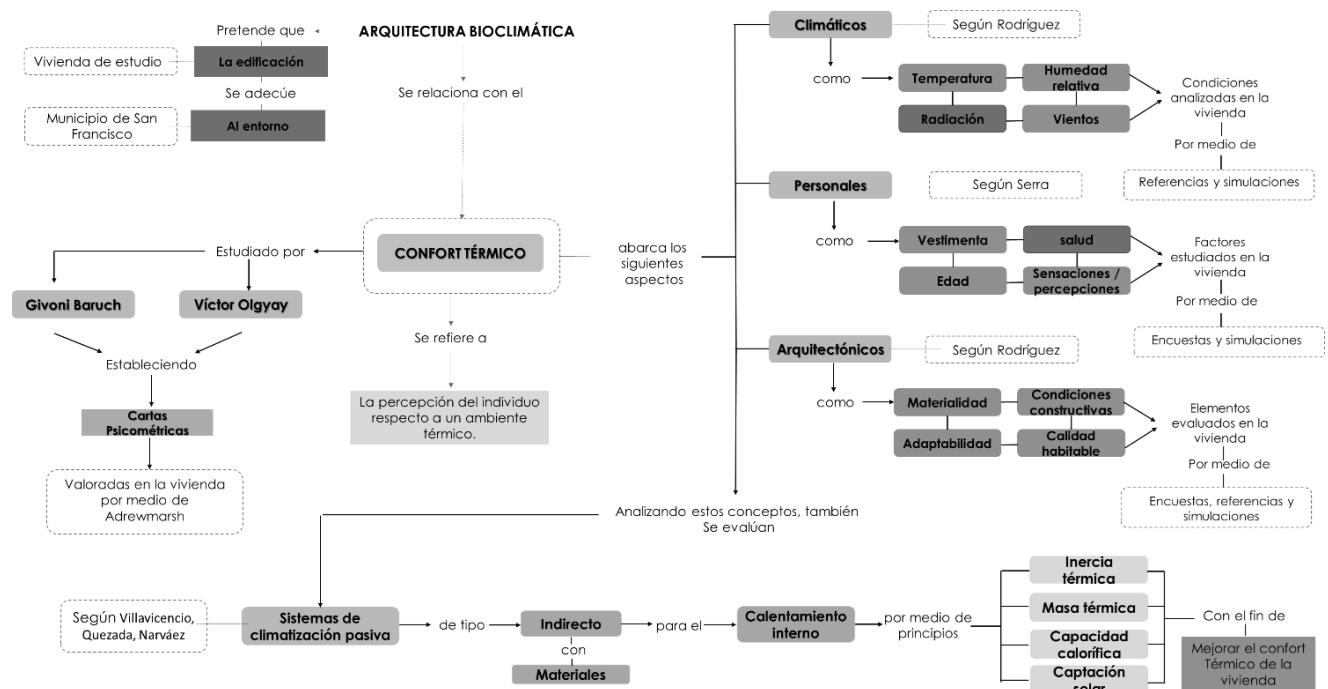


Figura 9. Mapa conceptual del marco referencial. Elaboración propia

Este diagrama muestra la relación existente entre un concepto y otro. Es decir que todo es una secuencia que lleva a determinado resultado, para este proyecto, la referencia principal es el confort térmico y sus aspectos de estudio hacen hincapié en aspectos de torno físico y no físico, como por ejemplo características del clima y constructivas en la vivienda.

8 CAPÍTULO 1

CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO, CUNDINAMARCA

El siguiente capítulo tiene como objetivo detallar la ubicación geográfica del lugar, para contextualizar un poco el sector en el que se está trabajando. También se busca hallar las características climáticas. Inicialmente, de manera general partiendo del municipio y luego de manera específica, terminando en el lugar exacto donde está implantada la vivienda de estudio. Toda esta información es la base principal para poder continuar con el desarrollo de esta investigación, puesto que para analizar el confort se parte de registros del clima.

Características del municipio

Según la Alcaldía de San Francisco de Sales (2013) “El municipio, se encuentra ubicado en la provincia del Gualiva en el centro del departamento de Cundinamarca. La cabecera municipal se localiza a los 04° 58’ 38” de latitud norte y 74° 17’ 32” de longitud oeste”. (párr. 19)

Extensión total: 118.118.048 Km²

Extensión área urbana: 0.658.485 Km²

Extensión área rural: 117.459.563 Km²

Distancia de referencia: 55 Km

Descripción física

Según la Alcaldía de San Francisco de Sales (2013). “Este Municipio cuenta con 10 veredas a saber: VEREDA ARRAYAN, EL PEÑON, SABANETA, JUAN DE VERA. PUEBLO VIEJO, TORIBA, SAN MIGUEL, MUÑA, SAN ANTONIO, LA LAJA. Todas ellas habitadas por personas dedicadas a la agricultura y la ganadería”. (Párr. 21).

[illegible]

San Francisco
Cundinamarca
4.873848, -74.295937

Imágenes ©2020 Maxar Technologies, Imágenes ©2020 CNES / Airbus, Maxar Technologies, Datos del mapa ©2020 Colombia Condiciones

Figura 11. Ubicación casa de estudio, Vereda Sabaneta municipio de San Francisco. Tomado de “Google earth.
<https://earth.google.com/web/@4.87384266,-74.29593472,2823.27176002a,1000d,30y,359.9999999h,0t,0r/data=MicKJQojCiExeWs2NmRXU1paMmZuVG50RHMzVG1lYUphdW9rLTljUnA6AwoBMA?authuser=0>”

8.1 Aspectos climáticos del sector

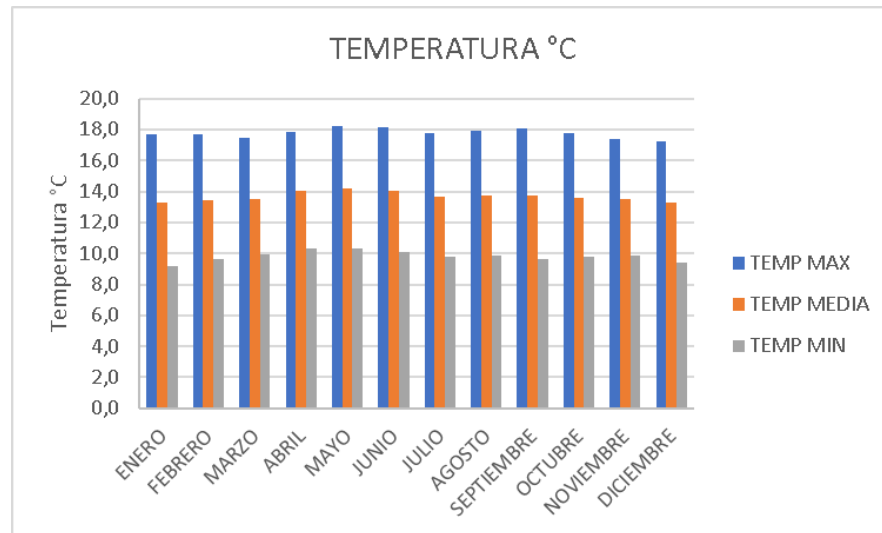


Figura 12. Temperatura anual municipio San Francisco. Elaboración propia

Tabla 4.

Temperatura máxima y mínima anual

RANGO DE TEMPERATURA °C			
MES	TEMP MAX	TEMP MEDIA	TEMP MIN
ENERO	17,7	13,2	9,2
FEBRERO	17,7	13,5	9,6
MARZO	17,5	13,5	9,9
ABRIL	17,9	14,0	10,3
MAYO	18,2	14,2	10,4
JUNIO	18,1	14,1	10,1
JULIO	17,8	13,7	9,8
AGOSTO	17,9	13,7	9,8
SEPTIEMBR	18,1	13,8	9,7
OCTUBRE	17,8	13,6	9,8
NOVIEMBRE	17,4	13,5	9,8
DICIEMBRE	17,2	13,3	9,4

Nota: Detalle de la temperatura máxima, media y mínima del sector de estudio según datos del Ideam. Elaboración propia.

La figura y la tabla muestra la temperatura Máxima 18,2 °C en el mes de mayo, el promedio de temperatura media anual 13,7°C y la temperatura mínima 9,2°C en el mes de enero. Estos datos son importantes en el análisis de confort.

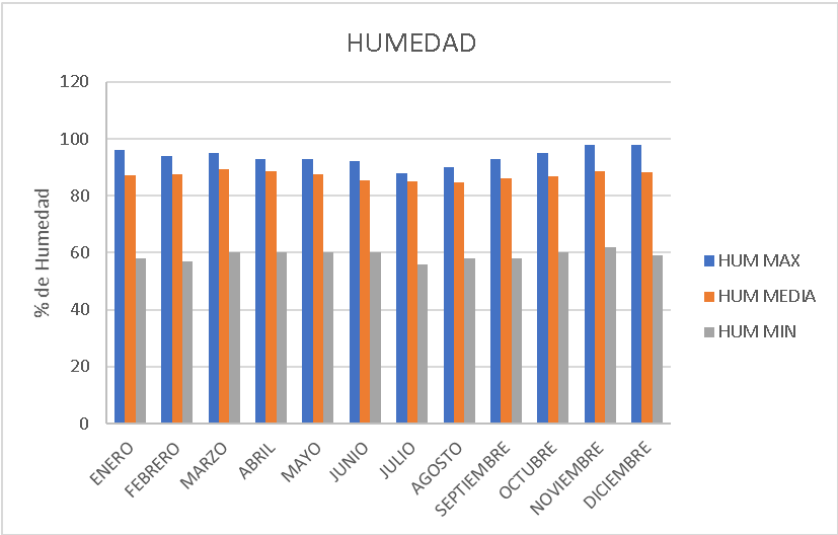


Figura 13. Humedad anual del municipio de San Francisco. Elaboración propia

Tabla 5.

Humedad mínima y máxima anual

RANGO DHUMEDAD %			
MES	HUM MAX	HUM MEDIA	HUM MIN
ENERO	96	87	58
FEBRERO	94	88	57
MARZO	95	89	60
ABRIL	93	89	60
MAYO	93	88	60
JUNIO	92	86	60
JULIO	88	85	56
AGOSTO	90	85	58
SEPTIEMBR	93	86	58
OCTUBRE	95	87	60
NOVIEMBRE	98	89	62
DICIEMBRE	98	88	59

Nota: Detalle de la humedad máxima, media y mínima del sector de estudio según satos del Ideam. Elaboración propia.

De la figura y tabla anterior se hallan los siguientes datos: Humedad máxima 98% en noviembre y diciembre, humedad media promedio anual 87%, humedad mínima 56% en julio.

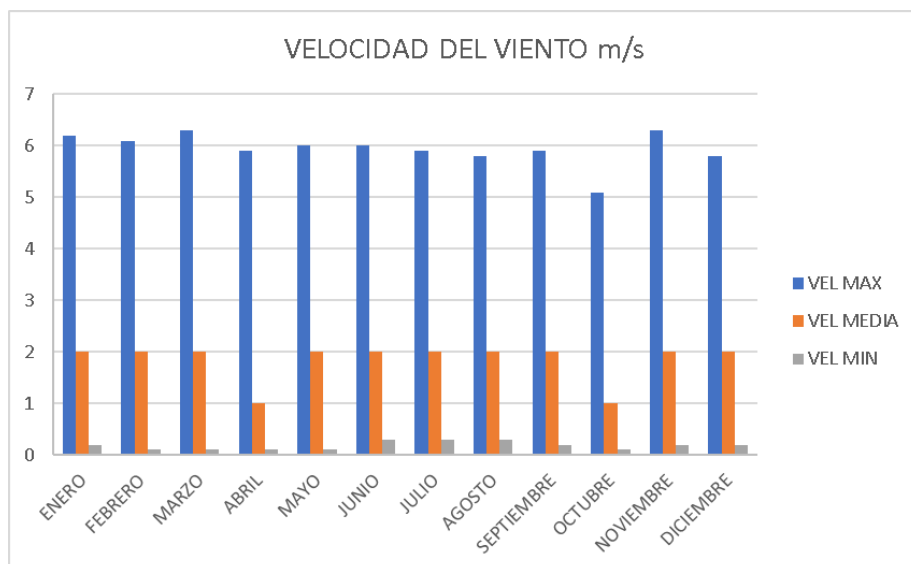


Figura 14. Velocidad del viento anual. Elaboración propia

Tabla 6.

Velocidad del viento

RANGO DEL VIENTO m/s			
MES	VEL MAX	VEL MEDIA	VEL MIN
ENERO	6,2	2	0,2
FEBRERO	6,1	2	0,1
MARZO	6,3	2	0,1
ABRIL	5,9	1	0,1
MAYO	6	2	0,1
JUNIO	6	2	0,3
JULIO	5,9	2	0,3
AGOSTO	5,8	2	0,3
SEPTIEMBR	5,9	2	0,2
OCTUBRE	5,1	1	0,1
NOVIEMBRE	6,3	2	0,2
DICIEMBRE	5,8	2	0,2

Nota: Detalle de vientos máximos, medios y mínimos del sector de estudio según datos del Ideam. Elaboración propia.

De los gráficos se puede observar lo siguiente: Velocidad del viento mínima 5,1m/s, Velocidad media promedio anual 2m/s, Velocidad del viento mínima 0,1m/s. Toda esta información es basada en estadísticas del Ideam.

8.2 Análisis finales

- Las características del clima en general que es moderadamente frío, hallando que la temperatura mínima es de 11°C.
- El mes de octubre para este sector de estudio es el más frío durante el año en el que la temperatura promedio es de 12°C
- Los días más soleados pueden llegar hasta los 29°C en el transcurso del día, esto, para el mes de enero y agosto.
- En noviembre y marzo hay elevada presencia de vientos, cuando aumentan de manera progresiva este factor existe una disminución de la temperatura, lo que genera una sensación térmica regular o baja.
- Los meses con mayor humedad son enero y diciembre con 98% donde influye también la temperatura ya que durante el día alcanza un promedio de 27°C, pero en la noche es muy frío ya que alcanza los 11°C y los vientos aumentan presentando una velocidad máxima de 6 m/s.

9 CAPÍTULO 2

ANÁLISIS CONFORT TÉRMICO ACTUAL EN LA VIVIENDA DE ESTUDIO

El desarrollo de este capítulo involucra aspectos constructivos de la vivienda de estudio, resultados de una entrevista realizada y los rangos de confort en los que se encuentra el inmueble, teniendo en cuenta factores de temperatura, humedad y vientos de sector. Todo esto se realiza con el fin de evaluar el estado de la vivienda en términos de confort térmico, de acuerdo a resultados cuantitativos y cualitativos.

Inspección inicial y visual



Figura 15. Ubicación de la vivienda de estudio. Elaboración propia.

Se realiza la primera visita a la Vereda Sabaneta, municipio de San Francisco; lugar donde se encuentra ubicada la vivienda estudiada a lo largo de este trabajo. De allí resulta el siguiente registro fotográfico:

Figura 16. Se muestra la ubicación de la vivienda, con una pendiente de alrededor 2.450m de altura. El inmueble está localizado poco después del Alto del Vino, comenzando el municipio de San Francisco Cundinamarca.



Figura 16. Vista lateral izquierda de la vivienda de estudio. Elaboración propia.

Figura 17. Se evidencia la vista lateral izquierda de la vivienda, en la que se observan plantas distribuidas en el exterior de la fachada; y dos ventanas en donde se ubica la cocina comedora y el estudio, de derecha a izquierda. El inmueble está en una zona rural, por lo cual las vías no están pavimentadas.



Figura 17. Vista frontal de la vivienda de estudio. Elaboración propia.

Figura 18. En este registro se observa la vista frontal de la vivienda; su fachada se compone de un pasillo un poco inclinado que da a la entrada principal y dos ventanas que corresponde a la habitación principal y cocina comedor de derecha a izquierda. En el exterior el suelo se compone de vegetal y/o pasto.



Figura 18. Vista trasera y lateral derecha de la vivienda de estudio. Elaboración propia.

Figura 19. Se puede apreciar la vista trasera de la vivienda compuesta por una ventana de tamaño pequeño que corresponde al baño. En la vista lateral derecha se registran dos ventanas en donde se ubica la habitación principal y secundaria, de izquierda a derecha.



Figura 19. Espacios que componen la vivienda de estudio. Elaboración propia

Figura 20. En este registro, se pueden corroborar los espacios que constituyen el inmueble. De derecha a izquierda y de arriba abajo, su distribución es la siguiente: Cocina comedor, estudio, baño, habitación secundaria y habitación principal.

9.1 Encuesta a residente de la vivienda

Se realiza una encuesta compuesta por preguntas abiertas y de selección múltiple con el objetivo de conocer el grado de satisfacción de los residentes de la vivienda respecto al confort término interno de la misma, el formato de dicho instrumento se ve reflejado en la etapa de la metodología de esta investigación. A continuación, se grafican los resultados de las preguntas iniciales:

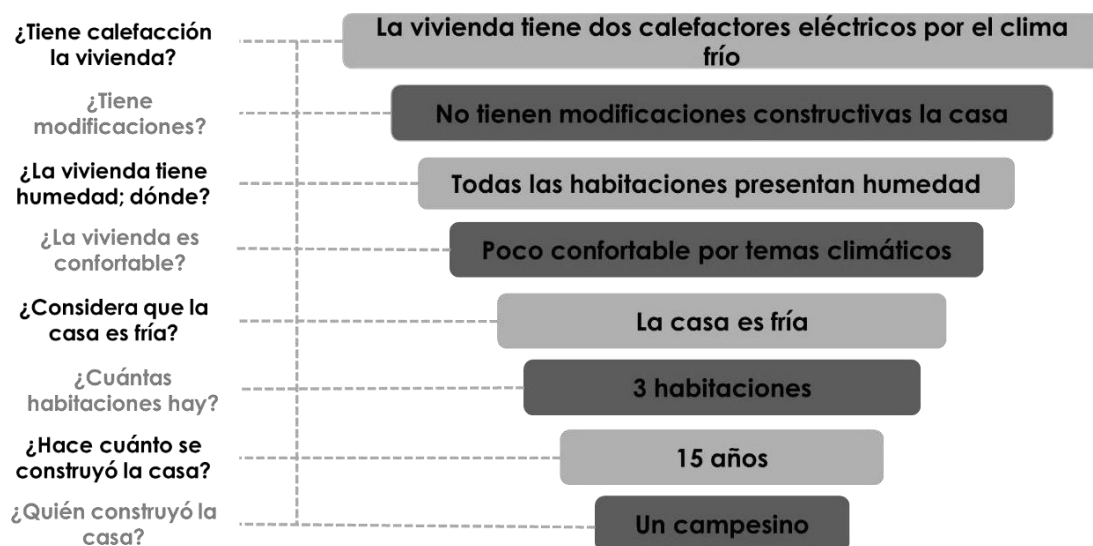


Figura 20. Resultado de la entrevista. Fuente propia

- **Antecedentes de la construcción de la vivienda:** Uno de los análisis hechos respecto a las respuestas dadas por los residentes es que la vivienda fue construida por un campesino, el cual utilizó su conocimiento empírico para la ejecución de la

vivienda; lo que nos da a conocer que no se tuvieron en cuenta factores del clima para el confort de la vivienda.

- **Confort Percibido:** Teniendo en cuenta la Figura 29. Se puede demostrar que existe una inconformidad por parte de los residentes de la vivienda, correspondiente a la sensación del clima interno. Esto se evidencia ya que, aunque el clima esté soleado al exterior; la vivienda al ser habitada genera frío. Por lo cual, la percepción en cuanto a la habitabilidad del inmueble es poco confortable.
- **Remodelaciones:** En base a los resultados, los residentes confirman que la vivienda no ha tenido modificaciones constructivas significativas. Quiere decir que la vivienda la conservado su estructura desde que su ejecución constructiva.
- **Sistemas mecánicos:** Dadas las respuestas, respecto a este factor. Se afirma que existe un sistema de calefacción eléctrico compuesto por dos calefactores que se han usado en el clima frío.

Tabla 7.

Resultados de la encuesta

ENTREVISTA			
DATOS GENERALES			
NOMBRE PROPIETARIO	Alvaro		
EDAD	65 Años		
PROFESION:	Profesor de Física Universidad Nacional		
Ubicación Vivienda	Vereda Sabaneta, San Francisco Cundinamarca		

PREGUNTA No.	PREGUNTAS	RESPUESTAS	NIVEL DE 1-5
1	Quien construyó la casa?	Un campesino	N/A
2	Hace cuanto?	Hace 15 años	N/A
3	Cuántas habitaciones tiene la casa sin incluir baños ni pasillos?	3 habitaciones	N/A
4	Considera que la casa es confortable o inconfortable?	Poco confortable por temas específicamente del clima	2
5	Como se siente en este momento 18/02/20 11:00 Am?	Equilibrado x Con frío Con calor	3
6	En verano la casa es fría o caliente?	La casa es fría.	1
7	Hay habitaciones más frías que otras?	Todas son iguales	1
8	La vivienda cuenta con calefacción artificial?	Si tiene dos calentadores eléctricos, para cuando hace mucho frío.	N/A
9	La casa cuenta con los servicios de energía, agua y gas?	Si, tiene todos los servicios, el gas es de pipeta, agua del acueducto veredal.	N/A
10	La ventilación de la vivienda es buena?	Si	5
11	Las habitaciones de la vivienda presentan humedad?	Si, todas	1
12	Le ha realizado modificaciones a la casa?	No le ha hecho modificaciones desde que la compró, son mínimas de pintura.	N/A

Nota: Detalle de las respuestas dadas por los residentes de la vivienda. Elaboración propia

Dentro de estas respuestas, se tienen en cuenta que la edad del residente principal de la vivienda es de 65 años. Factor determinante en cuanto a las sensaciones de confort interno, puesto que este factor es percibido de manera distinta, en personas de diferentes edades.

9.2 Levantamiento

En este capítulo se integra el levantamiento arquitectónico de la vivienda de estudio, porque es indispensable conocer las dimensiones del inmueble, así como también los espacios que la componen. Adicionalmente, los resultados de esta actividad son indispensables a la hora de generar las simulaciones respectivas para los resultados que se quieren lograr respecto a este caso de estudio. Posteriormente se muestra este gráfico, propio de la metodología aplicada para realizar el alzado de la residencia:

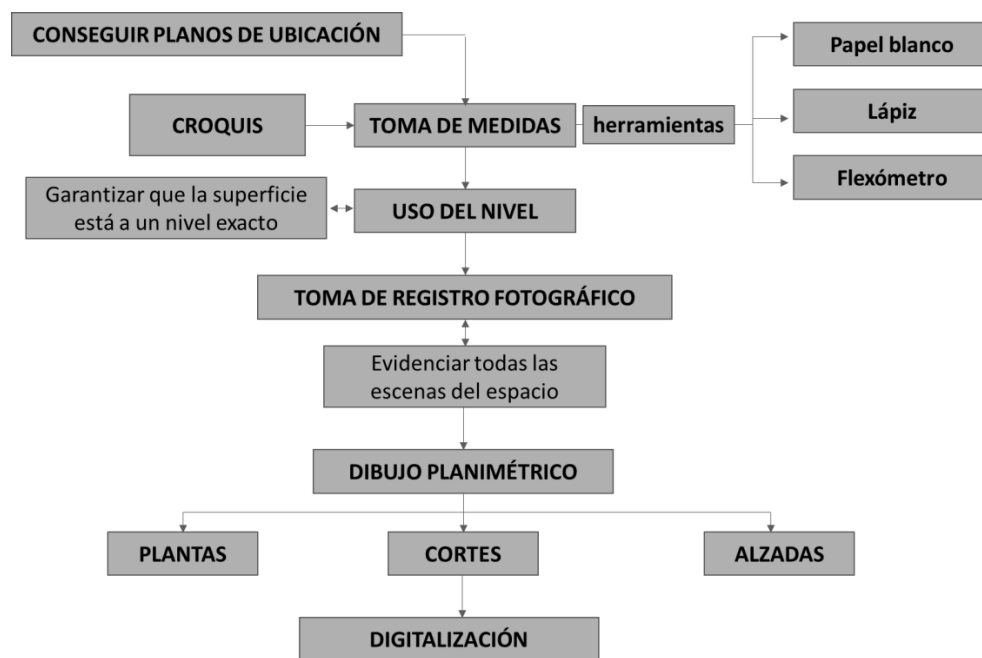


Figura 21. Metodología para levantamiento planimétrico. Elaboración propia

El gráfico demuestra el procedimiento consecutivo realizado para el adecuado trazo de los planos de la vivienda, considerando que ésta no cuenta con planimetría.

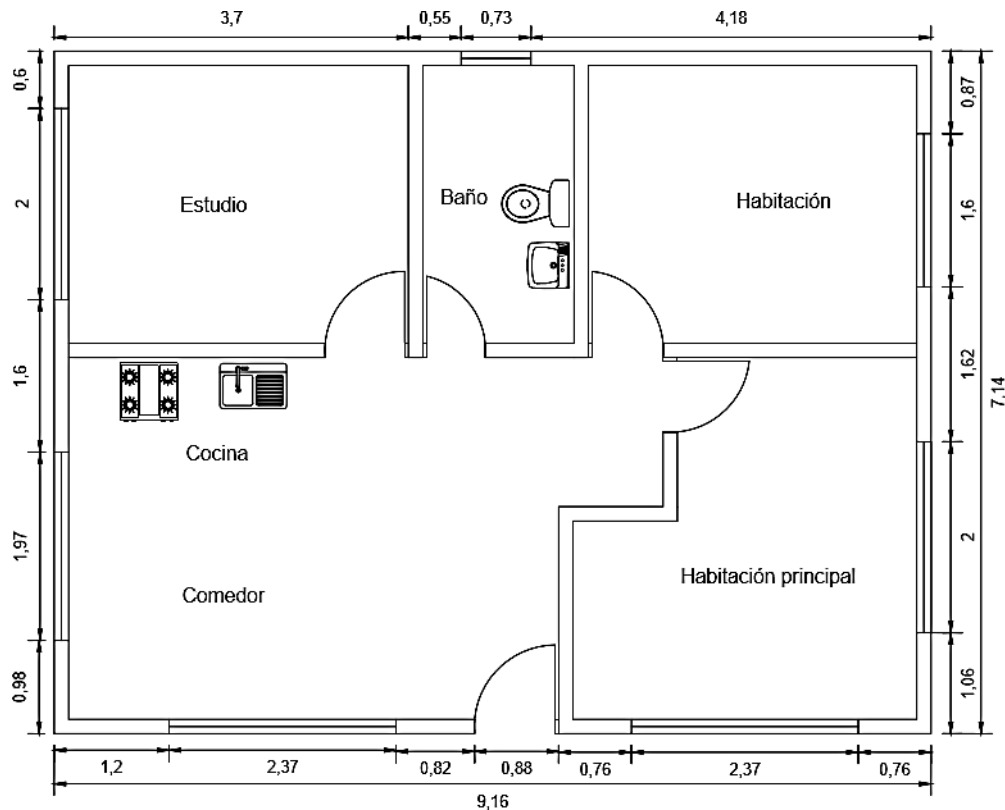


Figura 22. Planta arquitectónica de la vivienda. Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente la vivienda fue autoconstruida, tiene un área de 65.40 m², se compone de una planta, no posee patio o zona de lavado. Este inmueble es para la convivencia de máximo 3 personas.

Para analizar el confort actual, se usa la herramienta de confort térmico (CBE Thermal Confort Tool que sigue parámetros de la ASHRAE-55. Suministrando unos datos de temperatura tanto del sector como de la vivienda se logra extraer cuál es el estado de la vivienda en términos de confort.

Allí se detalla el resultado que a continuación se muestra:

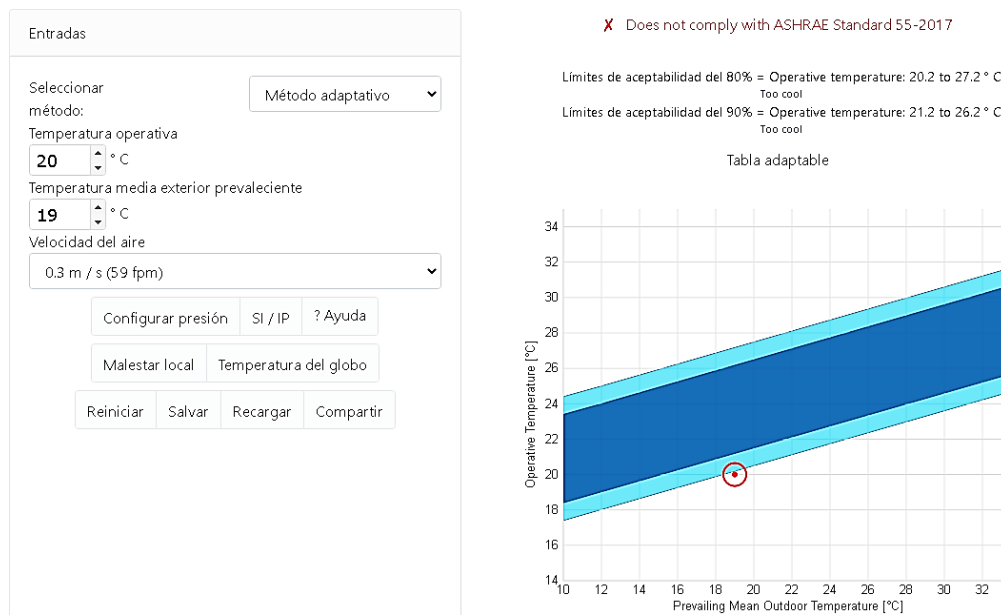


Figura 23. Resultado de confort en el lugar de estudio. Elaboración propia

Suministrando los datos exigidos por esta herramienta virtual, los cuales hacen referencia a temperatura media del sector que tiene alrededor de 19°C y temperatura operativa al interior del inmueble que está en 20°C en promedio. La gráfica arroja que la vivienda no cumple con la norma ASHRAE 55-2017. Teniendo en cuenta que para esta norma los límites de aceptabilidad oscilan entre los 20.2°C y los 27.2°C.

Lo anterior, quiere decir según estos datos, que es demasiado fresco. En otras palabras, es frío. Esto es una evidencia más de que la sensación al interior no es confortable para quienes residen la vivienda, según aspectos climáticos analizados. Por lo cual, se debe empezar a analizar que opciones para el calentamiento interno del hogar pueden funcionar, siguiendo sistemas pasivos; que no son de alto impacto ambiental y ni de alto costo.

Usando otra herramienta de estudio, como Andrew marsh. Se realiza un análisis sobre en el que se determina el desconfort que existe en la vivienda. Para ello, se muestra la gráfica postulada a continuación:

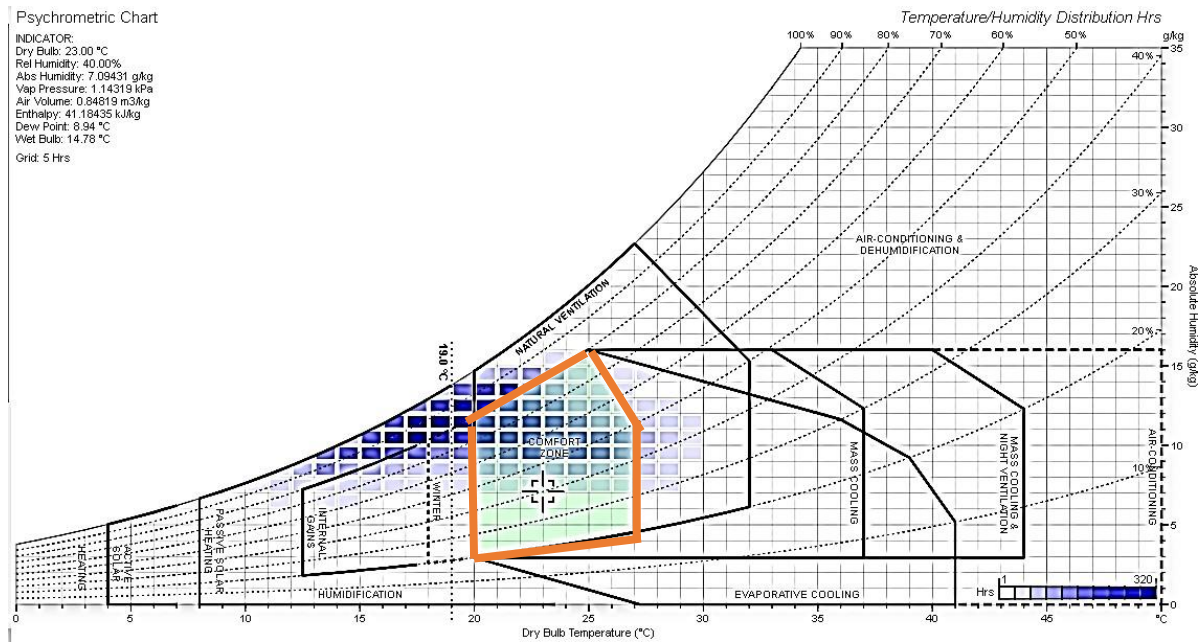


Figura 24. Resultado de confort en el lugar de estudio. Elaboración propia

Se puede apreciar en esta gráfica que lo que está por fuera del área naranja no presenta confort según datos climáticos del sector. También se pueden identificar algunas estrategias que pueden ser implementadas en la vivienda siguiendo parámetros de Givoni. Por lo cual, se da paso al siguiente capítulo que tiene que ver con análisis de sistemas de climatización pasiva de acuerdo a las alternativas reflejadas en esta figura.

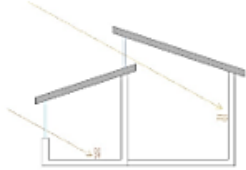
10 CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA

En el transcurso de este capítulo se dan a conocer los análisis pertinentes, respecto a los sistemas pasivos de climatización. El enfoque es lograr extraer las estrategias constructivas más

Tabla 8.

Análisis comparativo de sistemas de climatización pasiva

Análisis comparativo – sistemas de climatización pasiva			
Tipo	Descripción	Método implementación	Ejemplo
Ganancia térmica directa	Recogen energía solar evitando que se pierdan el calor al interior de la vivienda, permitiendo que haya radiación solar en cada espacio habitado	Utilización de aperturas vidriadas ubicadas en conjunto a la posición del sol, junto con suelos de gran masa térmica	 https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/arquitectura-solar-pasiva/
Ganancia térmica indirecta	Involucra elementos con elevada masa térmica, generalmente ubicados en la envolvente de la vivienda o edificio. El calor almacenado durante el día es liberado al interior del inmueble cuando la temperatura disminuye.	El método más común ocurre por medio de muro trombe, en el cual su ubicación debe estar orientada al sol y con materiales que acumulen calor como piedra, hormigón, adobe, agua.	 https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/arquitectura-solar-pasiva/
Ganancia solar aislada	Involucra la captura solar por medio de efecto invernadero o en la cubierta, combinando captación del sol y muro almacenador de energía solar.	Los invernaderos son ubicados en la parte orientada al sol, permitiendo que el calor sea distribuido por convención. Se suele usar acristalamientos.	 https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/arquitectura-solar-pasiva/

Nota: El análisis muestra sistemas de ganancia directa, indirecta y aislada bajo condiciones de energía solar, con el fin de suministrar calor en el inmueble. Elaboración propia.

De cuadro anterior se puede resaltar que la estrategia a usar va estar inclinada a sistemas de ganancia solar indirecta, correspondiente a una adaptación del muro trombe.

11 CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE PORPUESTA FINAL

12. Estrategias encontradas

Las alternativas de solución descritas a continuación hacen parte de los resultados hallados en la carta psicométrica de Givoni, en donde se observan varias opciones de mejora en la vivienda.

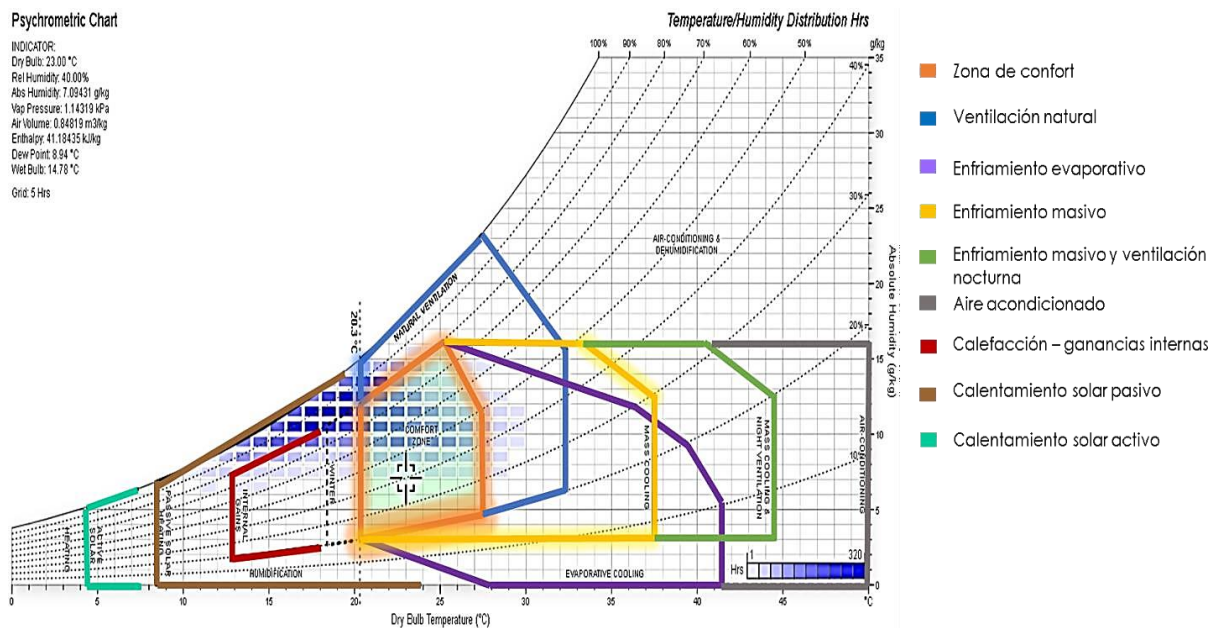


Figura 25. Estrategias para mejorar el confort según Givoni. Elaboración propia

13. Estrategias

Zona de bienestar térmico: (Color verde) delimitada a partir de los 20° hasta los 26° con una humedad del 20% hasta el 80%.

Zona calefacción por ganancias internas: (Color morado) se encuentra delimitada a partir de 12.5°C hasta 20°C con una humedad desde 20% hasta el 80%

Zona de calentamiento solar pasivo: (Color amarillo) va delimitada a partir de los 8°C hasta 23.4°C con una humedad desde 0% hasta 100%

Zona de ventilación Natural: (Color rojo) va delimitada a partir de los 20°C hasta 27°C con una humedad desde 20% hasta el 100%

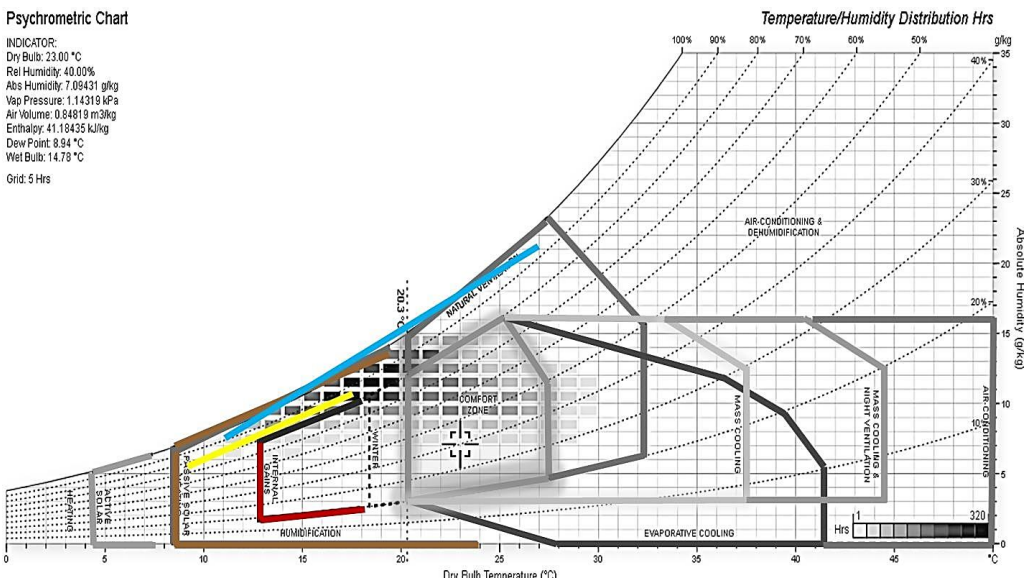


Figura 26. Análisis de estrategias vs temperaturas del sector. Elaboración propia

Tabla 9.

Análisis de clima frente a estrategias pasivas.

Clima sector			Clima Municipio		
Enero			Enero		
Temperatura mínima	9,2	Grados	Temperatura mínima	11	Grados
Temperatura máxima	18,2	Grados	Temperatura máxima	29	Grados
Humedad máxima	89	Por ciento	Humedad máxima	98	Por ciento
Octubre			Octubre		
Temperatura mínima	9,8	Grados	Temperatura mínima	12	Grados
Temperatura máxima	17,8	Grados	Temperatura máxima	26	Grados
Humedad máxima	87	Por ciento	Humedad máxima	96	Por ciento

Nota: Datos del clima tomados para el análisis de la estrategia más adecuada en la vivienda, tomando el mes de enero el más caliente y el mes de octubre el más frío. Elaboración propia.

En los gráficos descritos anteriormente, se puede ver una comparación de las temperaturas en el mes más caliente y más frío, y la estrategia más adecuada, resaltando la solución de calentamiento pasivo de color café.

13.1 Adaptación muro trombe

Esta adaptación hace referencia, a una propuesta constructiva de muro solar que cumple una función similar a la del muro trombe, y se adapta al sistema constructiva de la vivienda.

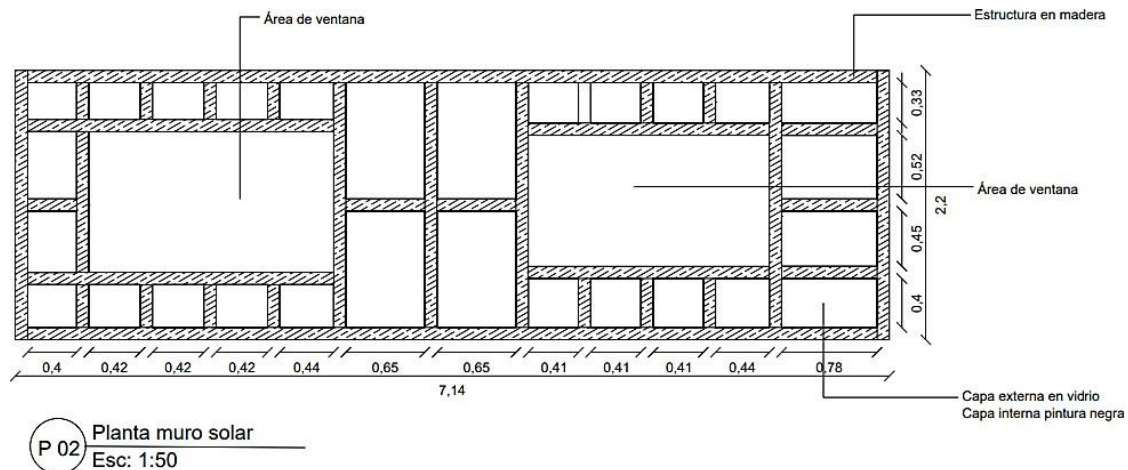


Figura 27. Planta general de muro solar. Elaboración propia

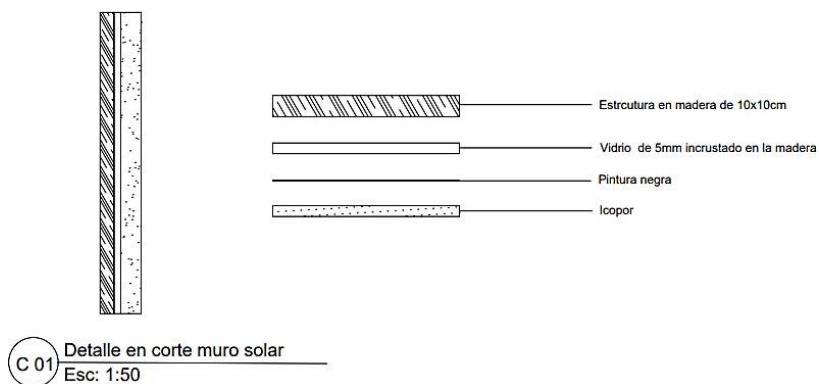


Figura 28. Despiece de muro solar y su materialidad

La idea de esta propuesta es que sea asequible para los residentes de la vivienda y que sea fácil y práctico de construir, así como también que sea con materiales fáciles de acudir.

13.2 Proceso constructivo muro solar

Paso 1: Use pintura acrílica negra para pintar el lado exterior de la pared a la cual se le implementara la pared solar. La pintura negra hace que absorba más luz del sol y la convierta en calor.

Paso 2. Construya el marco y la estructura en madera según indicaciones del detalle del plano con sus respectivas medidas, utilizando chazos para ajustar los listones de madera.

Paso 3. Posiciona el marco de la estructura en madera realizado en el paso anterior para a si anclarlo al muro con los pernos.

Paso 4. Revise que al haber instalado la estructura o marco en madera no queden orificios que permitan la filtración de aire, si esto sucede con icopor sellar cualquier filtración

Paso 5. Instale doble vidrio en el marco de la ventana, el doble acristalamiento funciona atrapando aire entre dos paneles de vidrio. Esto crea una barrera aislante ya que el vidrio se expande con el calor. Corte los paneles de vidrio un milímetro más pequeño que el marco, de lo contrario se romperá cuando se expanda en el calor, aplique una masilla de vidrio en los cuatro bordes del panel de vidrio.

Paso 6. Este conjunto detiene la fuga de aire alrededor del vidrio y evita que descansen directamente contra la madera. Limpie el vidrio por ambos lados antes de que el polvo y la suciedad de la instalación obstaculicen el rendimiento de la pared solar al disminuir la cantidad de luz que entra.

Paso 7. Inserte el panel de vidrio en El marco con cuidado. Presione con firmeza para distribuir la masilla en un bastón de madera para crear un espacio entre los paneles de vidrio. El espacio debe estar entre 1cm.

Paso 8. Instale el segundo panel de vidrio de la misma manera y fíjelo con madera.

NOTA.

- Una pared de trombe tiene respiraderos en el extremo superior inferior de la pared y el marco de la ventana para permitir una mayor circulación de aire.
- Aunque una pared de trombe puede ser un poco más eficiente energéticamente que una pared solar, requiere que el usuario sea muy activo y realice un mantenimiento riguroso primero para cerrar las rejillas de ventilación por la noche y en segundo lugar para mantener limpio el vidrio; de lo contrario, puede ser menos eficiente en energía
- Se recomienda una pared de trombe para baños, una ventana solar es más fácil de usar para las fachadas de los demás espacios de la vivienda.
- Estas son las mismas vistas frontales de las paredes solares adaptadas a diferentes habitaciones.
- La cantidad y el tamaño de las ventanas y aberturas dependen del tamaño de la habitación y de la cantidad de luz deseada.

14. Costos aproximados

Tabla 10.

Costos aproximados de los materiales para muro solar

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS	PRECIO UNIT	UNIDADES	VALOR TOTAL
Listones de madera Inmunizada Impregnada	4 x 8,5 cm x 3,0 metros	\$ 33.000	7	\$ 231.000
Perno	Perno anclaje 5/16 x 4.1/4"	\$ 1.000	100	\$ 100.000
Pintura negra acrílica	Cuñete	\$ 250.000	2	\$ 500.000
vidrio templado	M2 X 5mm de espesor	\$ 50.000	14	\$ 700.000
Láminas de icopor	5cm* pliegos	\$ 50.000	1	\$ 50.000
Masilla de vidrio	1 galón	\$ 55.000	1	\$ 55.000
Carpincol	1000 gr	\$ 13.000	1	\$ 13.000
Tornillos en acero	Autoperforante 2" pqtX100	6.000	1	\$ 6.000
		Total Materiales	127	1.655.000

Nota: Presupuesto sobre los materiales del muro solar, teniendo en cuenta las cantidades requeridas para su ejecución, este es un estimado de lo que se podría gastar en dinero para la ejecución del muro.
Elaboración propia

15 Conclusiones

Una vez ejecutado en totalidad el proyecto y haciendo cumplimiento de los objetivos propuestos que llevan a un resultado adecuado respecto a este estudio de caso. Partiendo de análisis, estudios, búsqueda de información y realización de pruebas virtuales; se obtienen datos que permiten inferir cuáles son las características y el estado actual de la vivienda de estudio. Para determinar que sí es posible demostrar que hay una solución constructiva que funciona como terapia para la mejora del confort térmico interno.

Por otro lado, respecto las especificaciones del clima de este sector, se puede deducir que el clima es frío debido a incurre en una pendiente de 2.450m sobre el nivel del mar aproximadamente; concluyendo que las condiciones habitables de la vivienda pueden estar más expuestas al desconfort térmico, debido a los aspectos climáticos y el sitio estudiado.

Una vez ejecutado el análisis de la ubicación y visualización de la materialidad utilizada en la vivienda, se evidencia que, al colocar plantas y/o vegetación alrededor de la vivienda, estos obstaculizan la entrada directa del sol y por esto se retrasa el calentamiento de la vivienda.

Tomando como referencia los resultados de la encuesta respecto a la sensación de los residentes en relación a la habitabilidad del inmueble, se puede concluir que el propietario aunque sabe que existen problemas constructivos que afectan la sensación de calor o frío interno, no tiene conocimiento exacto sobre qué modificaciones le puede implementar para mejorar su confort térmico, y opta por utilizar sistemas mecánicos que elevan el consumo de energía y llegan a ser de uso inadecuado puesto que no solucionan el problema de raíz.

Por otro lado, la edad del residente principal de la vivienda es de 67 años. Factor determinante en cuanto a las sensaciones de confort interno, siendo este factor percibido de manera distinta, en personas de diferentes edades.

Respecto a los sistemas de climatización pasiva, se sabe que la información está enfocada en encontrar mecanismos que transmitan calor al interior, en el momento en el que la vivienda lo requiera. Para ello, la transmisión del calor de algunos materiales es mucho más eficiente, como por ejemplo los adobes, la madera y el acristalamiento. Por ello, la propuesta constructiva trata de encerrar los materiales en mención.

De acuerdo a estos sistemas de calor pasivo, el elemento constructivo más adecuado es el muro trombe, el cual almacena calor en sus componentes estructurales para liberarlo en tiempo que se necesaria y en el momento adecuado. Sin embargo, al ser un elemento que suele usar cámara de aire, se acude a una adaptación para evitar realizar modificaciones en la vivienda que los residentes no desean.

El muro solar resulta ser una solución económica y de fácil instalación, ya que no requiere de mano de obra especializada y el tiempo de implementación es más rápido que al realizar un muro trombe o un efecto invernadero, además se podría llegar a término de industrialización del elemento puesto que es a base de paneles. Ofrece un mejor confort dentro de la vivienda ya que capta calor en días de sol y lo transmite al muro en mampostería y este distribuye el calor al interior de la vivienda. Aunque la propuesta es viable, es necesario realizar todas las pruebas físicas necesarias que no pudieron ejecutarse por la coyuntura del Covid-19, como pruebas de temperatura y del antes y después de implantar la solución.

16. Recomendaciones

- Para obtener resultados exactos, es indispensable contar con los equipos necesarios de medición de rangos climáticos, en cuanto a temperatura, humedad y vientos. Estos deben ser medidos en el exterior e interior de la vivienda. De manera interna se deben desarrollar las pruebas en puntos estratégicos, ya que debido a la emergencia sanitaria no se pudieron realizar dichas pruebas, lo que ocasiona cierto grado de inexactitud.
- Aunque este sector es una zona rural, ello no implica que las condiciones de confort no deban ser evaluadas de la misma manera en que se haría en una vivienda urbana. Por ello, siempre es importante realizar estudios del clima exhaustivos al momento de ejecutar un proyecto constructivo.
- Es indispensable que al usar herramientas virtuales se tenga un conocimiento pleno de los programas, puesto que al no contar con el saber necesario ocurren problemas y errores durante el desarrollo de simulaciones y análisis, como ocurrió en este caso con Design Builder.

Bibliografía

- Astudillo, F. (2009). Los materiales de construcción y su aporte al mejoramiento del confort térmico en viviendas periféricas de la ciudad de Loja. (Trabajo de grado, Universidad Técnica Particular de Loja). Recuperado de <https://studylib.es/doc/7216041/proyecto-de-tesis>
- Alcaldía Minicipal de San Francisco de sales. (2013). Nuestro municipio. Recuperado de <http://www.sanfrancisco-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Andrewmarsh. (01 de octubre del 2018). Carta psicométrica. Recuperado de <http://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>
- Cedeño, A. (2010), Características térmicas de materiales y procedimientos constructivos. *Materiales bioclimáticos*, (12.), 103-104. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125117499011.pdf>
- Construmática, (s.f.). Confort térmico. Recuperado de https://www.construmatica.com/construpedia/Confort_T%C3%A9rmico#:~:text=%20El%20confort%20t%C3%A9rmico%20es%20una,satisfacci%C3%B3n%20con%20el%20ambiente%20t%C3%A9rmico%E2%80%9D
- Garzón, B. (2007). Arquitectura bioclimática. Recuperado de https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura_bioclimA_tica_-_GarzA3n_Beatriz_CB_
- Hernández, P. (03 de marzo del 2014). Diagrama Bioclimático de Givoni. Recuperado de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>
- Martínez, P. (2018). Comportamiento y variación del confort térmico de la vivienda de interés social en clima cálido húmedo, a partir del proceso de transformación y adecuación de la morfología y envolvente de la edificación. (Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia), Recuperado de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/18237/1/PROYECTO%20DE%20TESIS%20%2B%20ANEXOS_PABLO%20RODRIGUEZ.pdf

- Narváez, J., Quezada, K., y Villavicencio, R. (2015). Criterios bioclimáticos aplicados a los cerramientos verticales y horizontales para la vivienda de Cuenca (Trabajo de grado, Universidad de Cuenca) Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21783>
- Ramos, H., (2016). *Metodología para diagnosticar la habitabilidad en la vivienda social*. Recuperado de <https://ediciones.lasalle.edu.co/metodologia-para-diagnosticar-la-habitabilidad-en-la-vivienda-social-ediciones-unisalle.html>
- Sampieri, R., (2014), *Metodología de la investigación sexta edición*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Seiscubos. (13 de agosto de 2019). Estándar Ashrae 55. Recuperado de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/estandar-ashrae-%2055#:~:text=El%20Est%C3%A1ndar%20ASHRAE%2055%20tiene,ocupantes%20%20nive,l%20de%20actividad%20y>
- Serra, R., (1999). *Arquitectura y Climas*. Recuperado de <https://dokumen.tips/documents/rafael-serra-arquitectura-y-climas.html>
- Torres, C., (2012), *Ingeniería y Sociedad. La informalidad de la vivienda*. Recuperado de: <https://www.unipiloto.edu.co/descargas/Ingenieria-y-sociedad.pdf>
- Weatherspark, (s.f.). El clima promedio en San Francisco. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/23349/Clima-promedio-en-San-Francisco-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>