

**MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS CON TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, MEDIANTE
PROCESOS DE AUTOCONSTRUCCIÓN. CASO DE ESTUDIO: AGUAS CLARAS, BOGOTÁ D. C.**

Jade Cristina Marín Ramos

Mariana Vanessa Ruiz Simancas



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa académico, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D. C.

2024

**Mejoramiento de Viviendas con Técnicas de Construcción Sostenible, Mediante Procesos de
Autoconstrucción. Caso de Estudio: Aguas Claras, Bogotá D. C.**

Jade Cristina Marín Ramos

Mariana Vanessa Ruiz Simancas

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de arquitecta

Directores

Arq. Mg. Claudia Mónica Castro Martínez

Docente e Investigadora Facultad de Arquitectura UGC

Arq. Mg. Erwin Zambrano Martínez

Docente y Coordinador del Laboratorio de Tierras, Facultad de Arquitectura UGC



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINECUCACIÓN

Programa académico, Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Ciudad, Bogotá

2024

Tabla de contenido

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
PREGUNTA PROBLEMA	13
JUSTIFICACIÓN	14
HIPÓTESIS	15
CAPÍTULO II. MARCOS REFERENCIALES	16
ANTECEDENTES	16
<i>Viviendas apareadas, Kassel, Alemania</i>	16
<i>Mezquita de Komoguel, Mopti, Malí</i>	18
<i>Panal, Condominio Regenerativo Sustentable</i>	21
<i>Casa Experimental de Tapial</i>	24
<i>Vivienda Mirikina</i>	27
MARCO TEÓRICO	29
MARCO CONCEPTUAL	34
MARCO NORMATIVO	38
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	40
DIAGNÓSTICO DEL BARRIO AGUAS CLARAS	41

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LAS VIVIENDAS	51
<i>Patologías físicas – Venustas, ¿cómo se ve?</i>	52
<i>Patologías Mecánicas – Firmitas, ¿cómo se sostiene?</i>	54
<i>Patologías Químicas</i>	54
<i>Funcionalidad – Utilitas, ¿cómo funciona?</i>	55
CAPITULO IV. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS CON MATERIALES SOSTENIBLES	59
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	60
<i>Primeras civilizaciones</i>	60
ARQUITECTURA VERNÁCULA	61
LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.	64
AMPLIACIÓN - OBRA NUEVA	67
<i>Bahareque</i>	67
<i>Adobillo</i>	70
ADECUACIÓN – REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	71
MEJORAMIENTO – ACABADOS	73
CAPITULO V. ADAPTACIÓN DE LAS VIVIENDAS TIPO A LAS TÉCNICAS EN MATERIALES SOSTENIBLES A	
TRAVÉS DE UNA CARTILLA	78
PATOLOGÍAS IDENTIFICADAS EN LAS VIVIENDAS TIPO	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS	97

Lista de figuras

Figura 1 Viviendas apareadas. Kansel, Alemania	17
Figura 2 Mezquita de Komoguel, Mopti (Malí)	19
Figura 3 Mezquita de Mopti (Malí)	20
Figura 4 Vista aérea de la mezquita de Mopti (Malí)	21
Figura 5 Panal, condominio regenerativo sustentable	22
Figura 6 Viviendas adaptadas a la pendiente del cerro	23
Figura 7 Proceso constructivo del condominio	24
Figura 8 Casa experimental de tapial	25
Figura 9 Planta baja en tapial	26
Figura 10 Uso de tierra como material de construcción	27
Figura 11 Vivienda Mirikina	28
Figura 12 Vivienda Mirkina ubicada en bosque nativo	29
Figura 13 Confort visual en el hogar	35
Figura 14 Diagrama de metodología	40
Figura 15 Cerros orientales de Bogotá	41
Figura 16 Flora de los cerros orientales de Bogotá D. C.	42
Figura 17 Fauna de los cerros orientales de Bogotá D. C.	43
Figura 18 Reserva natural El Delirio	44
Figura 19 Acceso al barrio Aguas Claras	45
Figura 20 Trazado del barrio Aguas Claras	46
Figura 21 Análisis tipológico y usos del barrio	47
Figura 22 Ladera alta, media y baja. Pendiente de 36 %	47
Figura 23 Componente ambiental	48
Figura 24 Análisis de la vivienda con NSR-10	50
Figura 25 Análisis patológico, metodología del Arq. Alberto Corradine	51
Figura 26 Patologías físicas. Indirectas por diseño y ejecución	53

Figura 27 Patologías mecánicas	54
Figura 28 Patologías químicas	55
Figura 29 Barrio entre montañas	56
Figura 30 Funcionamiento de las viviendas	57
Figura 31 Respuesta actual de la vivienda ante factores naturales	58
Figura 32 Juntas de mortaja y espiga	61
Figura 33 Vivienda en Sahel, África	62
Figura 34 Minka (Japón)	63
Figura 35 Viviendas con pañetes en tierra del barrio la Candelaria en Bogotá	64
Figura 36 Acciones prioritarias de las viviendas en el barrio Aguas Claras	67
Figura 37 Proceso constructivo en bahareque	69
Figura 38 Proceso constructivo del adobillo	71
Figura 39 Instalación de platina metálica	72
Figura 40 Instalación de reticulados de madera	73
Figura 41 Materiales para la preparación del mortero	74
Figura 42 Mortero de cal y arena	74
Figura 43 Materiales para la preparación de la pintura de tierra	75
Figura 44 Proceso para hacer pintura con tierra	76
Figura 45 Proceso de mortero de cal y arena. Pintura de tierra	77
Figura 46 Ubicación Vivienda tipo 1	79
Figura 47 Patologías físicas de la vivienda tipo 1	80
Figura 48 Patologías mecánicas de la vivienda tipo 1	80
Figura 49 Patologías químicas de la vivienda tipo 1	81
Figura 50 Acción necesaria de adecuación	82
Figura 51 Acción necesaria de mejoramiento	83
Figura 52 Acción necesaria de ampliación	83
Figura 53 Técnicas aplicadas a la vivienda tipo 1	84

Figura 54 Ubicación de la vivienda tipo 2	84
Figura 55 Patologías físicas de la vivienda tipo 2	85
Figura 56 Patologías mecánicas de la vivienda tipo 2	86
Figura 57 Patologías químicas de la vivienda tipo 2	87
Figura 58 Acción necesaria de adecuación	87
Figura 59 Acción necesaria de mejoramiento	88
Figura 60 Acción necesaria ampliación	89
Figura 61 Mejoramiento aplicado a la vivienda tipo 2	89
Figura 62 Ubicación vivienda tipo 3	90
Figura 63 Patologías físicas de la vivienda tipo 3	91
Figura 64 Patologías mecánicas de la vivienda tipo 3	91
Figura 65 Patologías químicas de la vivienda tipo 3	92
Figura 66 Acción de adecuación	93
Figura 67 Acción de mejoramiento	93
Figura 68 Mejoramiento aplicado a la vivienda tipo 3	94

Resumen

En el oriente de Bogotá se encuentran los Cerros Tutelares, parte de una reserva forestal importante para la conexión entre parques nacionales. Sin embargo, esta área ha sido afectada por la expansión urbana, identificando específicamente el barrio Aguas Claras, San Cristóbal al sur de Bogotá, donde la contaminación y las construcciones deficientes impactan negativamente en el entorno natural y la calidad de vida de la comunidad. Además, las viviendas en el barrio no cumplen con estándares de habitabilidad, lo que vulnera el derecho constitucional a una *vivienda digna*. Ante este escenario, se plantea la necesidad de intervenir con técnicas constructivas adecuadas para mitigar el impacto ambiental y mejorar las condiciones de vida de los residentes, considerando las restricciones físicas, legales y las necesidades locales, las cuales se verán plasmadas en una cartilla de intervención, logrando generar un estudio profundo, con un análisis detallado del lugar.

Palabras clave. Vivienda digna, construcción sostenible, hábitat, normatividad, confort, tierra, patologías, bahareque, autoconstrucción.

Abstract

In the east of Bogotá are the Cerros Tutelares, as a part of an important forest reserve for the connection between some national parks. However, this area has been affected by urban sprawl, specifically in the Aguas Claras neighborhood, San Cristóbal, south of Bogotá, where pollution and poor construction have a detrimental impact on the natural environment and the quality of life of the community. On the other hand, housing in the neighborhood does not meet habitability standards, which break the constitutional right to decent housing. Given this scenario, it is necessary to intervene with appropriate construction techniques to mitigate the environmental impact and improve the living conditions of the residents, considering the physical and legal restrictions and local needs, which will be reflected in an intervention booklet, generating an in-depth study, with a detailed analysis of the place.

Key words. Decent housing, sustainable construction, habitat, regulations, comfort, land, pathologies, wattle and daub, self-construction.

Introducción

La zona Este de Bogotá, hogar de los imponentes Cerros Orientales, representa una maravilla natural, que despliega un papel crucial en el equilibrio ecológico de la región. Ubicados en la reserva forestal protectora “Bosque Oriental de Bogotá”, estos cerros sirven como conectores vitales entre los Parques Nacionales Chingaza y Sumapaz, ejerciendo una influencia determinante en el paisaje urbano y rural.

Sin embargo, este territorio no está exento de desafíos, pues se encuentra en constante presión entre los usos urbanos y rurales. A lo largo de la historia, ha sido testigo de una expansión urbana descontrolada que, a pesar de las restricciones físicas y legales, ha impactado en este entorno natural. Es esencial comprender estos límites físicos como una zona de transición en donde la planificación urbana debe ser estudiada, equilibrada y respetuosa con la esencia del entorno en sí. Uno de los puntos críticos de esta área es el barrio Aguas Claras en San Cristóbal sur, situado en el límite de los Cerros Orientales, donde el río Fucha tiene su nacimiento. Desafortunadamente este barrio enfrenta un alto grado de contaminación, debido a las construcciones de vivienda que la comunidad local lleva a cabo. Este crecimiento, afecta negativamente al ecosistema circundante, poniendo en peligro a la biodiversidad y la calidad de vida de los habitantes del sector.

Al analizar de cerca la situación en Aguas Claras y zonas aledañas, como San Cristóbal sur, se muestra un entorno retador. Con la mayoría de las afectaciones ambientales, se puede inferir que aproximadamente un 80%, se debe a las prácticas de construcción deficientes en esta área. Las viviendas presentes en el barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur, en su mayoría no cumplen con los parámetros establecidos en la Constitución política de Colombia (1991) artículo 51, que tiene por objetivo garantizar el derecho a una vivienda digna; éstas presentan carencias significativas en aspectos como materiales adecuados, condiciones de habitabilidad y un confort verdaderamente pleno.

Objetivos

Objetivo General

Elaborar una cartilla enfocada en la protección del entorno natural que contenga técnicas constructivas sostenibles mediante procesos de autoconstrucción, centrada en el confort habitacional para el mejoramiento de viviendas en el barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur.

Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de las viviendas en el barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur, identificando las principales deficiencias constructivas y el impacto hacia el entorno natural, con el fin de establecer las necesidades específicas de intervención.

Analizar distintas técnicas constructivas en materiales sostenibles adaptadas al barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur, teniendo en cuenta las viabilidades técnicas, económicas y ambientales, seleccionándolas mediante investigación experimental.

Implementar las diferentes técnicas constructivas seleccionadas, ofreciendo opciones adecuadas y adaptadas al contexto del barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur, mediante la elaboración de una cartilla.

CAPÍTULO I. Planteamiento del Problema

Es fundamental comprender el transecto urbano que se genera al Este de Bogotá, como un territorio de transición entre usos metropolitanos y rurales, que ha sido históricamente afectado por procesos de expansión urbana a pesar de las limitaciones físicas y jurídicas que contempla el territorio. El desarrollo urbano debe ser planificado y equilibrado manteniendo la esencia de sí mismo.

El barrio Aguas Claras ubicado al sur de Bogotá, en la localidad de San Cristóbal, es uno de los puntos con ciertas dinámicas de expansión urbana que ha generado un alto grado de contaminación ambiental y visual, debido a las formas de construir de los habitantes locales, ya que no respetan el paisaje natural alterando estéticamente al ecosistema.

Teniendo en cuenta que este barrio colinda con una de las reservas naturales más importantes de Bogotá, la reserva El Delirio, en donde nace el río Fucha, que es una de las fuentes hídricas con mayor cauce natural que permea el sur de Bogotá, se deben tener en cuenta otros componentes contaminantes ocasionados por las diferentes actividades realizadas por la población, tal como la construcción descontrolada que implica la deforestación del hábitat natural.

Por otro lado, la problemática no se limita al componente ecológico; también permite abordar un tema arquitectónico desde el concepto del confort. El barrio Aguas Claras en San Cristóbal sur, presenta ciertas características físicas constructivas, que no cumplen con los estándares de habitabilidad, establecidos en la Constitución política de Colombia (1991), en su artículo 51, que garantiza el derecho de todos los colombianos a una vivienda digna. Esta última palabra es la que cambia el panorama y permite abordar la noción de “dignidad”, ya que va mucho más allá de las condiciones estructurales de la edificación, implicando asegurar que los habitantes puedan vivir con seguridad y confort. Estas construcciones muestran carencias en las fachadas, cubiertas, puertas y ventanas de diferentes tipologías de vivienda. Esto afecta tanto el interior de la construcción, como en el exterior y en el ecosistema circundante.

El déficit de confort desde la materialidad y la forma de envolver la construcción afecta el estado térmico del interior de la vivienda, esto resulta en una pérdida significativa de calor, debido a las condiciones climáticas del lugar, lo que lleva a una sensación de baja temperatura constante dentro de los hogares. Esto contribuye a problemas de salud a largo plazo en los habitantes, como enfermedades respiratorias, generando el incremento de consumo de energía eléctrica para compensar la falta de aislamiento térmico, contribuyendo a una mayor demanda de recursos, que a su vez tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

Otro aspecto para considerar entre los problemas es la falta de ventilación adecuada en las viviendas, influyendo tanto en las personas como en el medio ambiente circundante de distintas maneras. Cuando no se tiene suficiente ventilación en un espacio cerrado, los contaminantes del aire como el CO₂ pueden acumularse y causar afectaciones en la salud. “La contaminación del aire en espacios interiores está asociada con diversas enfermedades no transmisibles, afecta negativamente la salud respiratoria y cardiovascular provocando alergias y reacciones irritantes como episodios de asma” (Panamerican Health Organization [PAHO], 2022, p. 17) Por lo anterior, es importante identificar y analizar de qué manera se está implementado o no, este aspecto en las viviendas en el barrio.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante abordar la problemática existente entre el entorno natural (la reserva El Delirio) y las construcciones de vivienda que se encuentran en el barrio, de manera que se pueda generar un equilibrio entre éstos. Es fundamental plantear técnicas de construcción de vivienda que puedan satisfacer las necesidades de los habitantes, pero sin comprometer la integridad del ecosistema circundante.

Pregunta Problema

¿Cuáles serían las técnicas constructivas en materiales sostenibles, más efectivas para el mejoramiento de las viviendas en el barrio Aguas Claras, San Cristóbal Sur (Bogotá D. C.) que garanticen un confort habitacional sin comprometer el entorno natural, mediante el proceso de autoconstrucción?

Justificación

El barrio Aguas Claras, ubicado en la localidad San Cristóbal sur, adyacente a los Cerros Orientales, se enfrenta a una grave problemática ambiental y habitacional. La reserva El Delirio, situada en la zona del río Fucha, dentro de la reserva forestal protectora de los Cerros Orientales, está siendo amenazada por actividades mineras que se desarrollan en sus alrededores. Estas intervenciones han provocado la remoción de vegetación y suelo, ocasionando una significativa erosión y afectación en el paisaje:

La contaminación de los cuerpos de agua no solo genera impacto negativo en la calidad del agua, adicionalmente ocasiona deterioro de la salud y por lo tanto de la calidad de vida de las personas del área de influencia directa del espacio afectado (Concejo Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático [CLGR-CC], 2017, p. 13).

A causa del conflicto armado que atravesaba el país en las décadas de los 50 y 90, muchas personas desplazadas por la violencia comenzaron a asentarse ilegalmente en los Cerros Orientales de Bogotá (3200 msnm), en áreas de alto riesgo y dentro de las reservas ambientales, como en el caso de la reserva El Delirio, y las rondas hídricas del río Fucha y la quebrada Aguas Claras (Bazzani, 2020). De esta manera surgieron algunos barrios de esta localidad, como es el caso del barrio Aguas Claras. Este desarrollo ha dado como resultado viviendas con deficiencias estructurales, espaciales y de confort. Las técnicas constructivas inadecuadas empleadas han afectado negativamente la calidad de vida de los residentes, como es el caso del equilibrio ecológico de la reserva, amenazando la flora y la fauna locales.

Debido a que el barrio Aguas Claras está estrechamente vinculado con la reserva El Delirio, es importante abordar esta problemática debido a la necesidad de mejorar las condiciones de habitabilidad y la situación ambiental en la zona, adoptando un enfoque sostenible que beneficie tanto a la población como al ecosistema circundante.

En este sentido, la elaboración de una cartilla de intervención que implemente e incentive las técnicas constructivas en materiales sostenibles, se presenta como una respuesta viable. Estas técnicas tienen por objeto disminuir el impacto ambiental, mejorando la calidad de vida de los residentes. Por medio de dicha cartilla se plantea la posibilidad de aplicar, no solo en el caso específico del barrio Aguas Claras, sino también en distintos contextos similares.

Hipótesis

La intervención en el barrio Aguas Claras, mediante la implementación de técnicas sostenibles, adaptadas al sistema de viviendas existentes, permitirá reducir significativamente el impacto negativo de éstas sobre su entorno natural. Esta intervención mejorará la calidad de vida de los habitantes al proporcionar un hábitat digno, favoreciendo un equilibrio entre el entorno construido y el medio ambiente. Mediante el empleo de la cartilla la población podrá tener las herramientas y conocimientos necesarios para el mejoramiento de las viviendas.

CAPÍTULO II. Marcos Referenciales

Antecedentes

En los últimos años se ha experimentado un resurgimiento significativo en la construcción de viviendas empleando materiales naturales como la tierra y la madera, debido a su sostenibilidad ambiental, ya que estos materiales reducen el impacto ecológico, implicando un mayor ahorro energético. En este marco se analizarán diferentes tipos de viviendas construidas con materiales naturales, teniendo en cuenta aspectos técnicos-ambientales.

Viviendas apareadas, Kassel, Alemania

Ubicadas en Alemania, construidas en 1985 por Gernot Minke. El primer referente a considerar es las viviendas apareadas construidas por Gernot Minke, en Alemania. Estas viviendas son un valioso ejemplo, ya que utilizan materiales sostenibles que reducen significativamente el impacto ambiental.

Gernot Minke es un arquitecto e ingeniero alemán, que se destaca principalmente por construir arquitectura sostenible, “considerado uno de los hombres más influyentes en el ámbito de la Bioconstrucción en el mundo. Sus trabajos y obras son referentes para muchos arquitectos que desean incursionar en la arquitectura sostenible” (Econova, 2021, párr. 1)

“La arquitectura ecológica y la construcción de bajo costo” es el propósito de Minke con las viviendas apareadas en Kassel, Alemania “se basan principalmente en dos conceptos básicos: arquitectura ecológica y construcción de bajo costo” (Econova, 2021, párr. 6) Esto sin comprometer la calidad ni la sostenibilidad, además de estar diseñadas para integrarse con el entorno natural.

Minke logra que dichas viviendas sean de bajo costo y sostenibles para el medio ambiente, implementando materiales como el barro y la arcilla que son abundantes y económicos, además de tener un impacto ambiental bajo, “estas dos viviendas se caracterizan principalmente por sus fachadas y cubiertas verdes, las cuales se integran con el paisaje circundante, además de tener un concepto de

sostenibilidad” (Minke, 2005, p. 176) logrando un equilibrio entre lo construido y el entorno natural (ver figura 1).

Figura 1

Viviendas apareadas. Kassel, Alemania



Tomado de Paisajismo Digital, (2018) *Casas apareadas* [Fotografía] (<https://paisajismodigital.com/blog/gernot-minke-y-la-arquitectura-sustentable/>)

El diseño se enfoca en la sostenibilidad y el uso de materiales naturales integrados al diseño arquitectónico, para tener una durabilidad a largo plazo. El barro es conocido por su resistencia a lo largo del tiempo, Minke “asegura que lo débil no es el material, sino el tipo de construcción” (Paisajismo Digital, 2018, párr. 5).

El concepto central de la teoría de Gernot Minke, hace evidente la arquitectura sostenible, enfocada en construcciones que minimicen el impacto ambiental a través del uso eficiente de materiales, energía y espacio del entorno construido, promoviendo el bienestar de los habitantes:

Arquitectura ecológica y construcción de bajo costo son el corazón de la arquitectura sostenible; por lo que son la clave para el entendimiento de lo que realmente significa: «sostenible» o «sostenibilidad». Pues algunas veces se ha presentado la idea que construir de manera sostenible, requiere de grandes presupuestos y de ingeniería complicada (Econova, 2021, párr. 8).

En este sentido, la arquitectura sostenible busca demostrar la viabilidad y efectividad de la obra de Minke. Dicha teoría implica el uso de materiales ecológicos y sostenibles integrándolos de manera que no comprometan la funcionalidad ni la estética de la vivienda. El reto para esta obra es utilizar estos materiales naturales, de forma que cumplan o superen los convencionales en términos de durabilidad y mantenimiento. Según Minke:

El desarrollo urbano se basa en una búsqueda del equilibrio entre el «hombre» y el «ambiente»; en donde nuestra arquitectura no impacte negativamente el ambiente en que se desarrolla. Si el hombre daña y destruye el ambiente, entonces perdemos el equilibrio; si esto es así, nuestro urbanismo carece de sentido (Como se cita en Econova, 2022).

Mezquita de Komoguel, Mopti, Malí

Ubicadas en Mopti (Malí), construídas entre 1933 y 1935. Los residentes emplean diversos métodos para preservar la mezquita. Cada año realizan labores de mantenimiento que incluye limpieza, reparación de daños y restauraciones para conservar la construcción en óptimas condiciones. Para llevar a cabo estas tareas la comunidad utiliza materiales naturales (ver figura 2).

Según Google Arts & Culture (s. f.), anualmente la mezquita necesita mantenimiento de la capa exterior, con una mezcla principalmente de tierra combinada con paja, cáscaras de arroz, estiércol de vaca, aceite de karité entre otros. Debido a estos mantenimientos las paredes exteriores han ganado grosor y desarrollado formas geométricas con el tiempo:

Figura 2

Mezquita de Komoguel, Mopti (Malí)



Tomado de Google Arts & Culture (s. f.). Mezquita de Komoguel [Fotografía]. <https://artsandculture.google.com/story/dgWxrqhDMt5JyA?hl=es>

En Malí, la construcción de adobe hace parte del saber local que se intenta perpetuar. De igual manera, los niños juegan a los adoberos y a los maestros de construcción, al ser una forma simple de aprender a respetar el saber empírico (Correia, 2007, p. 204).

La mezquita de Komoguel, en Mopti, Malí, construida a mediados de 1930 es el resultado del saber local de la región donde sus mismos habitantes participaron en el desarrollo de esta y cada año se ve sometida a mantenimientos por parte de la comunidad.

La mezquita de Komoguel es fundamental para la comunidad, ya que representa un sitio de gran valor religioso y cultural. Es un símbolo arraigado en la historia y la identidad de la ciudad. Preservarla

honra su legado cultural, garantizando su importancia para futuras generaciones “también hace parte del patrimonio intangible para salvaguardar. Su preservación permite mantener la autenticidad y la cohesión social. En términos económicos, desenvuelve naturalmente el potencial turístico” (Correia, 2007, p. 204) (ver figura 3).

Figura 3

Mezquita de Mopti (Mali)



Nota: Los habitantes de Mopti, Malí se reúnen cada año para enyesar las paredes de la mezquita con barro, combinado con otros materiales. Tomado de Makaveli, O (2022). Reparación de la Mezquita. [Fotografía]. Clarín. https://www.clarin.com/fotogalerias/mali-mopti-fotos-conservacion-maravilla-hecha-barro-mezquita-komoguel_5_eIPEcRDl6g.html

Esta mezquita se destaca por el empleo de materiales naturales y conocimientos locales, lo que reduce el impacto ambiental y costos. Estas técnicas han demostrado ser duraderas y efectivas con el paso del tiempo. Al ser mantenida por la comunidad, se demuestra que estas prácticas son adecuadas para la autoconstrucción y no representan un alto grado de complejidad.

En cuanto a su composición arquitectónica presenta un estilo sudanés que se caracteriza por utilizar adobe y madera. Su diseño consta de una estructura rectangular con una cubierta a dos aguas,

sostenida por pilares de madera tallada. La fachada principal suele estar adornada con detalles geométricos y elementos decorativos tallados a mano. Según Google Arts & Culture (s. f.) cada año, los habitantes de Mopti, en Malí, se encargan de cuidar la mezquita. Para ello, realizan tareas como limpiar, reparar daños y hacer arreglos necesarios para que se mantengan en buen estado (ver figura 4).

Figura 4

Vista aérea de la mezquita de Mopti (Malí)



Tomado de: Middle East Monitor (2021),. Discover the great mosque of djenné, Mali. [Fotograma]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=v0FSyZRGR7I>

Panal, Condominio Regenerativo Sustentable

Ubicado en Santiago (Chile), construido en 2019 por Arquitectura y Medio Ambiente Ltda. –AYMA–. Este condominio construido en el año 2019 en Santiago, Chile, se centra en proporcionar un entorno urbano que mejore la calidad de vida de sus habitantes, minimizando los tiempos de traslado. Por otro lado, AYMA está comprometida con la sostenibilidad ambiental al diseñar este proyecto con enfoque en la conservación del entorno natural, esto por medio de materiales y técnicas de construcción de bajo impacto ambiental (ver figura 5).

Figura 5

Panal, condominio regenerativo sustentable



Tomado de Blanco, P (2023). Condominio regenerativo sustentable. [Fotografía]. Archdaily. <https://www.archdaily.co/co/1000493/panal-condominio-regenerativo-sustentable-ayma-arquitectura-y-medio-ambiente-ltda>

Según AYMA (2023), este proyecto se plantea a partir de un plan de micro barrio esponja, que se compone por siete unidades que cuentan con uso mixto. Gracias a este enfoque mejora la calidad de vida de los residentes al reducir el tiempo para desplazarse entre el hogar y el trabajo, además permite integrar viviendas, talleres, etc. Las unidades planteadas están adaptadas a la pendiente del cerro, cada vivienda incluye jardines y muros de contención hechos con piedras extraídas del mismo terreno (ver figura 6).

Figura 6

Viviendas adaptadas a la pendiente del cerro



Tomado de AYMA - Arquitectura y Medio Ambiente Ltda (2023). Panal, Condominio regenerativo sustentable. <https://www.archdaily.co/co/1000493/panal-condominio-regenerativo-sustentable-ayma-arquitectura-y-medio-ambiente-ltda>

Por otro lado, con el fin de garantizar una huella de carbono baja, AYMA emplea distintas estrategias constructivas, como la quinchá en toda la agrupación de vivienda, aprovechando la tierra extraída para el aislamiento térmico, acústico y acabados de las unidades habitacionales. Esta técnica, combinada con techos verdes y un diseño orientado hacia un aprovechamiento solar eficiente, mejora el rendimiento térmico. Como resultado se logra mantener una temperatura interior estable con una oscilación de entre 15 y 20 °C, y un ahorro energético en climatización de un 80% (AYMA, 2023) (ver figura 7).

Figura 7

Proceso constructivo del condominio



Tomado de Ayma Arquitectura, (2022). Ayma Arquitectura, un viaje por la sustentabilidad [Fotograma]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=jaoaFR2Gkq0&t=51s>

Lo que destaca en esta obra es el enfoque sostenible que propone, ya que abarca el diseño arquitectónico funcional al mismo tiempo que implementa materiales que minimizan el impacto ambiental. Desde su disposición en el terreno hasta la selección de materiales junto con tecnologías ecológicas, cada aspecto del proyecto refleja un compromiso, tanto con los habitantes como con la preservación del entorno natural. Además, durante la construcción de este condominio, se llevaron a cabo talleres participativos en los cuales niños y niñas aprendieron la importancia de construir de una manera que cuide el medio ambiente.

Casa Experimental de Tapial

Ubicada en San Lorenzo (Bolivia), construida en 2020 por Estudio de Arquitectura y Planificación, Kaiser. El objetivo principal de los arquitectos con este proyecto es explorar y revitalizar la técnica de construcción de muros en tierra apisonada, reconociendo su potencial como material sostenible, arraigado además desde la expresión cultural en el Valle de Cinti en Bolivia, proponiendo la reinterpretación de esta técnica tradicional desde la percepción y la estética (ver figura 8).

La finalidad es demostrar que la tierra puede ser una alternativa viable y estéticamente atractiva para la construcción de viviendas, “Los muros gruesos y los espacios altos nos muestran la grandeza y el coraje de sus constructores. La tierra transmite calor y cobijo y al mismo tiempo deja sentirse como parte del entorno natural” (Kaiser Arquitectos, 2020, párr. 3).

Figura 8

Casa experimental de tapial

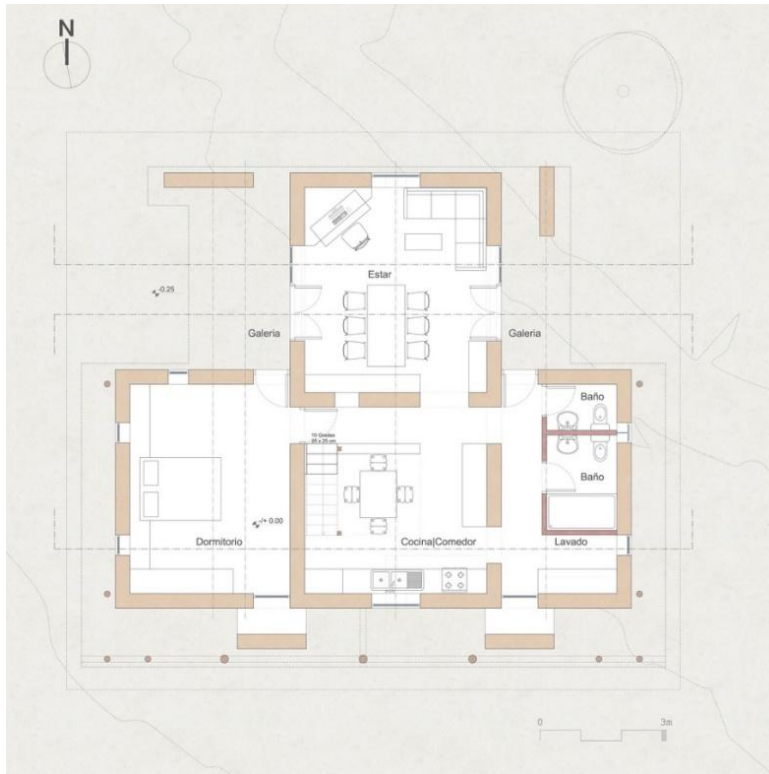


Tomado de Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser, (2020). Casa experimental de tapial [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.co/co/943431/casa-experimental-de-tapial-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser/>

Kaiser Arquitectos logran conceptualizar el proyecto de esta vivienda, adaptando la técnica ancestral de prensar tierra húmeda en un molde para construir muros sólidos mediante la innovación y la integración contextual del sitio. Su propósito es romper las percepciones sobre la tierra como material de construcción, teniendo en cuenta el patrimonio arquitectónico local y proponiendo una reinterpretación contemporánea.

Esta vivienda está compuesta por muros de 36 cm de grosor, contruidos mediante la compactación de tierra. Estos sirven como elementos estructurales, proporcionando una separación entre los espacios interiores y exteriores, actuando como masa térmica, mostrando una estética adecuada teniendo en cuenta el contexto natural (ver figura 9).

Figura 9*Planta baja en tapial*

Tomado de Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser, (2020). Planta baja. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/943431/casa-experimental-de-tapial-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser/>

Por otro lado, esta vivienda está situada en un bosque de eucalipto, lo que sugiere que, al utilizar materiales como la tierra en su construcción, se puede lograr un equilibrio con el entorno natural. La elección de estos materiales radica en la importancia de integrar la vivienda al paisaje circundante, permitiendo una adaptación al ecosistema del bosque, respondiendo a una coexistencia con la naturaleza (ver figura 10).

Figura 10

Uso de tierra como material de construcción



Tomado de Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser, (2020). Uso de tierra en construcción [Fotografía]. ArchDaily.

<https://www.archdaily.co/co/943431/casa-experimental-de-tapial-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser/>

Vivienda Mirikina

Ubicada en Asunción (Paraguay), construida en 2021 por José Cubilla. Se destaca principalmente en la arquitectura residencial, edificios y preservación histórica. El propósito de Cubilla con esta vivienda es diseñar un espacio habitacional que se integre con el entorno natural circundante en los alrededores de Asunción, cerca del río Paraguay. El criterio de esta construcción de bajo costo tiene como objetivo minimizar la huella ambiental en un bosque nativo, tomando en consideración los aspectos biofísicos del lugar. La implantación de la vivienda y su diseño están orientados a integrarse de manera equilibrada con el entorno, con el fin de preservar la biodiversidad y “Resolver la vivienda en vertical como una isla en este bosque y sobre este suelo especial, respetando la maravillosa flora y fauna autóctona del sitio. Captar las energías del lugar y sumar materiales amables con él mismo” (Cubilla, 2023, párr. 2). (ver figura 11).

Figura 11*Vivienda Mirikina*

Tomado de Ayala, L. (2024). Vivienda Mirikina. [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/997038/vivienda-mirikina-jose-cubilla/>

El arquitecto logra que esta vivienda se integre de manera correcta con la naturaleza, minimizando el impacto ambiental. Para ello, selecciona cuidadosamente materiales de construcción y utiliza técnicas adecuadas que contribuyen a reducir la huella ecológica. Además, implanta la vivienda en el bosque nativo de tal manera que permite la preservación del ecosistema (ver figura 12).

El Sistema constructivo es de tierra apisonada o Tapial, que se eleva sobre una plataforma de piedra bruta. La vivienda es bien austera, construida con materiales del lugar y mano de obra local. El Objetivo fue intentar lograr un balance o equilibrio en un lugar bellísimo silencioso y de mucha conexión con lo natural (Cubilla, 2023, párr. 3).

Figura 12*Vivienda Mirikina ubicada en bosque nativo*

Tomado de Ayala, L. , (2024). Vivienda Mirikina y Planta baja. [Fotografía]. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/997038/vivienda-mirikina-jose-cubilla/>

Es importante resaltar que esta vivienda tiene la capacidad de integrarse de manera que no dañe el entorno natural tan delicado como un bosque húmedo, por medio de la combinación de un diseño que reduce el impacto ambiental, la elección de materiales sostenibles y una implantación adecuada en el terreno, creando así un espacio habitacional que se relaciona con su entorno y la biodiversidad del lugar.

Marco Teórico

Para comprender las técnicas en materiales sostenibles, es fundamental analizar sus capacidades como elementos constructivos y su impacto en el confort de las edificaciones sin dañar el entorno natural. La tierra, por ejemplo, es un material abundante y accesible globalmente, que ofrece ventajas significativas para el control térmico y la calidad del aire interior. Sin embargo, el uso efectivo

de materiales sostenibles depende de la aplicación de conocimientos técnicos adecuados, como se evidencia en el barrio Aguas Claras, donde la falta de prácticas constructivas apropiadas ha generado problemas de confort y salud en las viviendas.

Para comprender la técnica de construcción en tierra, es necesario analizar las capacidades que tiene ésta como material dentro de la construcción, sin comprometer el entorno natural y así mismo entender cómo impacta a las edificaciones, basándose en términos del confort. Gernot Minke, en su “Manual de construcción en tierra”, resalta la importancia de reinterpretar la tierra como material de construcción:

La tierra es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene frecuentemente, directamente en el sitio cuando se excavan los cimientos. En los países industrializados la desmedida explotación de los recursos naturales y los sistemas de producción centralizados intensivos en capital y energía, generan desperdicios, que contaminan el medio ambiente, incrementando el desempleo (Minke, 2001, p. 13)

Es crucial reconsiderar estos métodos que están siendo olvidados y promover el uso responsable de recursos naturales como en este caso la tierra. “A la tierra utilizada como material de construcción se le ha dado diferentes nombres. Se denomina barro a la mezcla de arcilla, limo (arena muy fina), arena, agregados mayores como gravilla o grava.” (Minke, 2001, p. 16). A la tierra utilizada como material de construcción se le ha atribuido una variedad de términos, siendo el más común el de *barro*. El uso de este como material dentro de la construcción se extiende a través de diversas culturas y climas, adaptándose a las diferentes condiciones locales y las necesidades específicas de cada comunidad. Este tipo de material en la historia ha sido utilizado en la construcción de viviendas, desde comunes hasta majestuosas obras arquitectónicas declaradas patrimonio histórico y cultural, como la mezquita Komoguel en Mopti.

El barro tiene la capacidad de absorber y desorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción. Por eso regula el clima interior. Experimentos llevados a cabo en el «Forschungslabor für Experimentelles Bauen» (FEB) (Laboratorio de Construcciones Experimentales) de la Universidad de Kassel, Alemania, demostraron que cuando la humedad relativa en un ambiente interior aumenta súbitamente de 50% a 80%, los bloques de barro pueden absorber 30 veces más humedad que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días (Minke, 2001, p. 17)

Este hecho resalta la eficacia del barro como un regulador natural de la humedad, lo que contribuye significativamente a mantener un ambiente interior confortable y saludable para los ocupantes de las construcciones. Estos resultados ponen a prueba, el valor de este componente como un material de construcción versátil y sostenible, con importantes beneficios para la calidad del aire interior y una habitabilidad digna de las personas que viven en estas edificaciones. Por otro lado, es importante tener en cuenta el concepto de confort en la vivienda, debido a su relación y relevancia directa con el bienestar de los habitantes de dicha construcción. El material de tierra en el ámbito constructivo es un componente que permite balancear de manera técnica la cantidad de energía que entra a la edificación, ya sea alta o baja, estabilizando la temperatura interna y proporcionando seguridad a los individuos desde el aspecto de habitabilidad. Dentro de la construcción se debe tener presente este concepto como respuesta al bienestar del ser humano, ya que éste afecta tanto a los aspectos físicos como a los psicológicos:

El confort térmico es una de las variables más importantes a tomar en consideración en el reacondicionamiento bioclimático de los edificios. Se refiere principalmente a las condiciones de bienestar en el individuo, pero desde el punto de vista de su relación de equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad en un lugar determinado. No obstante, además de la temperatura y humedad del aire se ha de evaluar el estado del movimiento del aire y la

temperatura de las superficies envolventes de las viviendas, ya que estas variables no solamente influyen sobre las primeras, sino que además afectan directamente a quienes las habitan (EADIC, 2013, p. 20).

Teniendo en cuenta lo anterior, el confort térmico es una variable importante para la adaptación bioclimática de las construcciones, debido a su impacto en el bienestar de sus habitantes. Es necesario controlar la temperatura, la humedad y la calidad del aire. Estas variables determinan el equilibrio, mejorando las condiciones de habitabilidad, lo que resalta la importancia de una evaluación completa en el diseño de los espacios:

La calidad del aire en el interior de un edificio es función de una serie de variables que incluyen la calidad del aire exterior, el diseño del sistema de ventilación/climatización de aire, las condiciones en que este sistema trabaja y se revisa, la compartimentación del edificio y la presencia de fuentes contaminantes interiores y su magnitud (Berenguer et al., 1992, p. 4).

Los muros de tierra tienen la capacidad de almacenar calor, proporcionando confort térmico tanto de día como de noche. Estas técnicas se adaptan eficazmente a climas cálidos y fríos, lo que las convierte en una ventaja al poder aplicarse en diferentes lugares con diversas condiciones climáticas.

Gracias a las capacidades técnicas de este material, se ofrece una solución ante factores bioclimáticos, reduciendo el consumo energético. Además, al utilizar la tierra del mismo lugar donde se construye, se disminuye la contaminación ambiental, lo que es crucial para lograr una construcción sostenible, “La tendencia que está surgiendo de utilizar la tierra en arquitectura, sobre todo en viviendas de construcción sostenible y sana está muy asociada al ahorro energético en cualquier proyecto” (Catalán, 2018, p. 28).

La calidad del aire dentro de las viviendas depende de diversas condiciones, como el clima exterior y la disposición de la entrada de aire a la edificación. En el sector de Aguas Claras, la mayoría de las viviendas presentan condiciones que evidencian una falta de conocimiento técnico sobre la

ventilación adecuada y cómo debería circular el aire para garantizar una habitabilidad digna. Según Catalán (2018), “este material es una gran propuesta para resolver proyectos bioclimáticos, principalmente ante soluciones pasivas que aprovechan la inercia térmica de este material” (p. 28).

Hay distintos tipos de tierra, por lo que se debe considerar al construir, ya que puede ser necesario agregar estabilizantes para garantizar un buen comportamiento ante factores bioclimáticos y mecánicos. La durabilidad a lo largo del tiempo también influye en el mantenimiento que se debe realizar periódicamente. Como afirma Gatti (2012) no todos los suelos son aptos para la construcción, por lo que es esencial elegir el tipo de tierra apropiado según la técnica constructiva que se emplee. Además, el material debe tener una composición específica para aumentar sus propiedades, controlando las dosificaciones de grava, arcilla, arena y limos, a fin de obtener las características plásticas adecuadas y decidir si es necesario usar estabilizantes como paja, cal o cemento.

Las texturas y el color de la tierra son un indicador importante al utilizarlo como material, esto permite determinar factores clave, como afirma Molina y Becerra (2020) ya que permiten estimar la velocidad de filtración del agua, la resistencia de los agregados y detectar visualmente los procesos o fenómenos que ha experimentado el suelo en el tiempo.

En conclusión, comprender la técnica de construcción en tierra es fundamental para aprovechar su potencial como un material abundante y accesible de manera sostenible. La capacidad de la tierra para regular tanto la humedad como la temperatura en las edificaciones la convierte en una opción ideal para crear ambientes interiores confortables además de saludables. No obstante, la falta de aplicación de métodos constructivos adecuados puede derivar en problemas de confort térmico, así como de la calidad del aire. Por esta razón, es esencial aplicar conocimientos técnicos apropiados en la construcción, especialmente en lo referente a la ventilación y el diseño de las envolventes de las viviendas, para garantizar una habitabilidad digna junto con el bienestar de los habitantes.

Marco Conceptual

Este marco proporciona una base conceptual que guía y fundamenta el desarrollo de la investigación. En esta sección se definen los conceptos clave que se utilizarán en el análisis del proyecto, lo que facilita la comprensión clara de los principios que se implementarán. La relevancia de este marco radica en la capacidad de asegurar coherencia y solidez sobre los temas tratados a lo largo de la investigación.

Primero es esencial comprender el concepto de hábitat, que no se limita solo al espacio construido ni a la naturaleza de forma aislada. El hábitat debe ser entendido como una articulación e interrelación entre ambos elementos. En el campo de la arquitectura, este concepto es fundamental, ya que implica la creación de espacios que satisfacen las necesidades humanas, tales como la vivienda, el trabajo y la interacción social. “La técnica, mediada por la cultura es la principal forma de relación entre el hombre y la naturaleza, constituyendo medios sociales e instrumentales con los que el ser humano crea su vida, produce y genera espacios” (Como se cita en Jiménez, 2013, párr. 26).

Por otro lado, abordamos el concepto de vivienda digna, desde una perspectiva centrada en el confort habitacional, considerando que una vivienda adecuada satisface las necesidades básicas de protección y asegura un entorno que promueva el bienestar físico y psicológico de sus habitantes.

Es importante entender el confort, que según Hernández (2010), en su libro “Un Vitruvio ecológico”, menciona que este concepto es relativo y varía según la edad, sexo y la cultura. Existen diferentes tipos de confort, entre ellos el térmico que “se basa en conseguir el equilibrio entre el calor producido por el cuerpo y su disipación en el ambiente” (Hernández, 2010, p. 38).

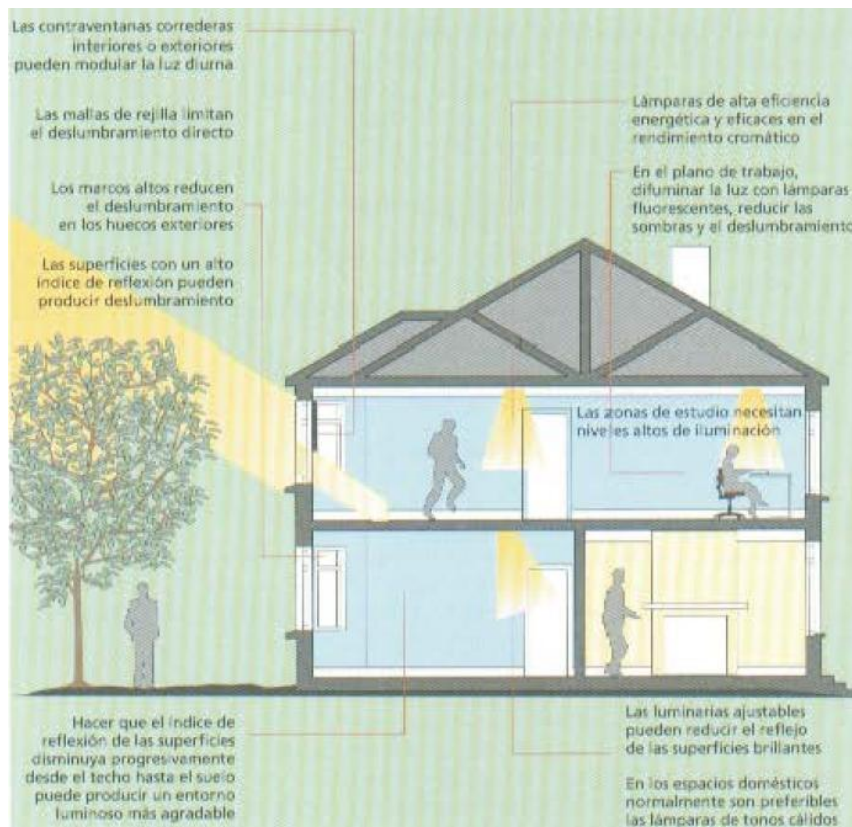
El confort visual es un aspecto importante debido a su impacto directo en el bienestar, la productividad y la salud ocular de las personas que habitan en un espacio. Una iluminación adecuada, tanto natural como artificial, influye en la percepción del entorno, la estética y el estado de ánimo. Un

diseño que integre correctamente estos elementos puede crear espacios agradables y funcionales, ajustados a su propósito:

Una mala iluminación puede producir fatiga visual, dolores de cabeza, irritabilidad, errores y accidentes. La iluminación confortable de un espacio depende de la cantidad, distribución y calidad de la luz. La fuente de luz puede ser natural, artificial o ambas a la vez; sin embargo, las ventanas ofrecen claras ventajas. En centros de enseñanza, hospitales y fábricas, la ausencia de vistas al exterior puede tener consecuencias psicológicas negativas (Hernández, 2010, p. 40) (ver figura 13).

Figura 13

Confort visual en el hogar



Tomado de Hernández, C (2010) Un Vitruvio ecológico. CSCAE.

La materialidad es fundamental en la construcción, ya que puede contribuir en aspectos esenciales como los mencionados, en el sentido estético de la obra, además de la durabilidad, funcionalidad, sostenibilidad y eficiencia energética. Los materiales también influyen en cuanto a la resistencia ante factores climáticos y ambientales. La elección de estos puede contribuir en la reducción del impacto ambiental de la construcción. Según Hernández (2010):

Los materiales producen impactos ambientales muy diferentes. Algunos de ellos como el petróleo, madera dura procedente de bosques sin gestión sostenible o el cobre proceden de reservas limitadas de recursos no renovables. Otros, como la piedra caliza o la arena son más abundantes (p. 15).

Así mismo la sostenibilidad es fundamental para disminuir el impacto ambiental fomentando un desarrollo sostenible a largo plazo. Incorporar prácticas y técnicas de este tipo en las construcciones reduce el consumo de recursos naturales reduciendo las emisiones de carbono. Por otro lado, esto implica la mejora en la calidad de vida de los habitantes, además de preservar los recursos para las futuras generaciones.

Son necesarias las estrategias para reducir el impacto ambiental en otros ámbitos del diseño, de la construcción y del uso de los edificios que incluyen la producción de residuos, los materiales y sistemas constructivos, y el consumo de recursos naturales, como el agua, la vegetación y el suelo (Hernández, 2010, p. 14).

Ahora bien, reconocer patologías en la construcción, es de relevancia para el desarrollo de esta investigación. Como lo menciona Corradine, la patología “se trata de las enfermedades o lesiones que afectan o presentan las edificaciones” (1998, p. 7). Lo anterior permite identificar y diagnosticar problemas a tiempo para garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las edificaciones identificando las deficiencias antes de que se conviertan en fallas graves, lo que puede reducir los daños materiales y el alto costo en la construcción, asegurando la integridad estructural.

Las patologías se clasifican en carácter físico, mecánico, químico y biológico. Los daños de tipo físico están relacionados con la influencia de diversas fuerzas que actúan sobre los materiales, ya sea por la acción directa de factores ambientales, el uso que se les da o la calidad de los componentes que lo conforman. Estos elementos pueden estar involucrados en aspectos como humedades, erosiones y oxidación (Corradine, 1998). Los daños mecánicos afectan la integridad estructural de un edificio debido a fuerzas o impactos externos, como fisuras, que corresponden a diferencias de comportamiento entre los materiales de revoco o pañetes y los de mampostería. Las grietas, que son rupturas, se presentan como la separación total de los materiales, siguiendo una línea general de diversas formas y direcciones según el origen o la patología que las produzca. Las erosiones equivalen al desgaste de las superficies externas (Corradine, 1998, p. 44).

Por otro lado, las patologías químicas se refieren a daños causados por reacciones químicas o la presencia de las sustancias que afectan a los materiales y estructuras. Algunos ejemplos son la corrosión, que es la descomposición de materiales metálicos, como el acero, debido a la reacción de agentes corrosivos como la humedad, el cloro o los sólidos ácidos. Según Corradine (2010), implica la acción o reacción de sustancias diferentes al agua, ácidos disueltos en el aire y cercanía de elementos de diferente capacidad de ionización.

Ahora bien, a lo largo de la investigación se encuentran algunas técnicas constructivas como la quinchá, que según Retondaro et al (2018), se refiere a un sistema constructivo de entramados, donde se utilizan cañas secas u otras fibras vegetales, además se hace el uso de tierra para crear cerramientos.

Otro sistema constructivo que se tendrá en cuenta es la mortaja y la espiga, el cual es un método japonés, que según Verouden (2023):

Una junta de mortaja y espiga es una junta de carpintería que consta de dos partes: una ranura rectangular (mortaja) cortada en una pieza de madera y una lengüeta saliente (espiga) cortada en el

extremo de otra pieza de madera. La espiga encaja perfectamente en la mortaja, creando una unión segura (párr. 2)

Marco Normativo

Este apartado expone las leyes, regulaciones y estándares aplicables que guían y delimitan el estudio, estableciendo un contexto claro y preciso de la investigación. A continuación, se expondrán los más relevantes para el desarrollo del proyecto.

El crecimiento descontrolado de la ciudad ha generado un fenómeno de urbanización no planificada, en el borde de los Cerros Orientales, estos como componente regulador de la ecología de la región se está viendo afectado.

El consenso sobre la protección de los cerros plantea que por estar expuestos al impacto y ocupación urbana deben ser preservados estratégicamente por su función ecosistémica, disminuyendo las condiciones de riesgo que se pueden presentar, permitiendo mejorar la sostenibilidad de los recursos naturales que se encuentran en estos lugares (Flórez, 2012, p. 17).

A pesar de la influencia que tienen distintas entidades como la Corporación Autónoma Regional (CAR), en todo el borde de protección de los cerros orientales, la urbanización, y en especial la no planificada sigue creciendo, logrando un desequilibrio dentro de la estructura *ecológica* de toda la ciudad de Bogotá. Los desarrollos urbanos no planificados actúan incumpliendo parcialmente tanto las reglas impuestas por la CAR como la normativa constructiva NSR 10 (Norma Sismo Resistente), lo cual se infiere a partir del contexto histórico en el que surgió el barrio.

La ciudad ha generado diferentes procesos de gestión como la urbanización planificada y tratamientos de recuperación que han involucrado, directa o indirectamente, a la zona del borde ecológico. Por esos procesos de la ciudad contempló, mediante la normatividad: Ley 99 de 1993, Ley 388 de 1997, Acuerdo 119 de 2004 y Decreto 469 2003, una zona de expansión que la administración no controla completamente, dejando vacíos en las gestiones de estas zonas circundantes. “Los bordes

urbanos sobre los cerros, ocupados con fincas y lotes, han venido presentando un fenómeno de subdivisión en predios cada vez más pequeños sobre los cuales la administración no ha ejercido el control necesario” (Flórez, 2012, p. 18).

Los procesos más influyentes dentro de la zona son los asentamientos de regularidad informal, pero eso no quiere decir que los asentamientos formales no estén contribuyendo al mismo fenómeno, ya que la mayoría de estos se muestran como precursores del desarrollo urbano, asentándose en zonas de riesgo mitigable. El que sea mitigable, no significa que deja de ser un riesgo. Como consecuencia de ser estas zonas afectadas directamente por dichas gestiones, se han formulado distintas políticas que ayuden a la protección y conservación de todo el sistema ecológico, con el fin de salvaguardar la biodiversidad en su estado natural.

En relación con el barrio Aguas Claras, se considera el informe técnico del barrio mediante la Resolución 1567 (2015), donde se describen los usos permitidos en la zona, a través del régimen de usos de la zona de protección determinada por la CAR mediante la Resolución 1078 de 2015, en donde el uso principal es de conservación de suelos y restauración de la vegetación adecuada para la protección de estos.

Los usos compatibles según esta resolución son de recreación pasiva, a esto se añade usos condicionados como la captación de aguas o incorporación de vertimientos, siempre que no afecten cuerpos hídricos como la quebrada La Pichosa. Además, se establecen los usos prohibidos que incluyen actividades agropecuarias, industriales, urbanas y suburbanas, tala y rocería de vegetación. Así mismo, se menciona el capítulo E de la NSR-10, que insta las directrices y criterios para asegurar que las edificaciones puedan soportar las acciones sísmicas a las que están sometidas, garantizando la seguridad estructural. El objetivo principal de este capítulo es garantizar que las edificaciones sean diseñadas y construidas para resistir adecuadamente las cargas sísmicas, protegiendo la estructura y sus ocupantes.

CAPÍTULO III. Metodología

La intervención en el barrio Aguas Claras se llevará a cabo mediante un enfoque integral que aborde la problemática relacionada con la calidad de vida de los residentes y el impacto ambiental en el entorno natural. Para lograrlo, se seguirá una metodología estructurada que se detalla a continuación.

En primer lugar, se realizará una investigación del lugar, considerando aspectos físicos, ambientales, sociales y legales que puedan influir en el desarrollo de soluciones efectivas. Esto permitirá comprender a fondo las condiciones específicas del barrio, además de las causas subyacentes de la problemática identificadas.

Posteriormente se llevará a cabo un análisis detallado de las deficiencias constructivas en las viviendas, así como de la contaminación ambiental y otros problemas que afectan la calidad de vida de los residentes. Este diagnóstico servirá como base para el desarrollo de estrategias y soluciones adaptadas a las necesidades y restricciones del lugar.

Según el diagnóstico, se elaborará una cartilla de técnicas constructivas en tierra con recomendaciones claras para mejorar las viviendas en el barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur. Estas técnicas se seleccionarán cuidadosamente considerando su viabilidad técnica, económica y ambiental, así como su capacidad para proporcionar un confort habitacional adecuado sin comprometer el entorno natural (ver figura 14).

Figura 14

Diagrama de metodología



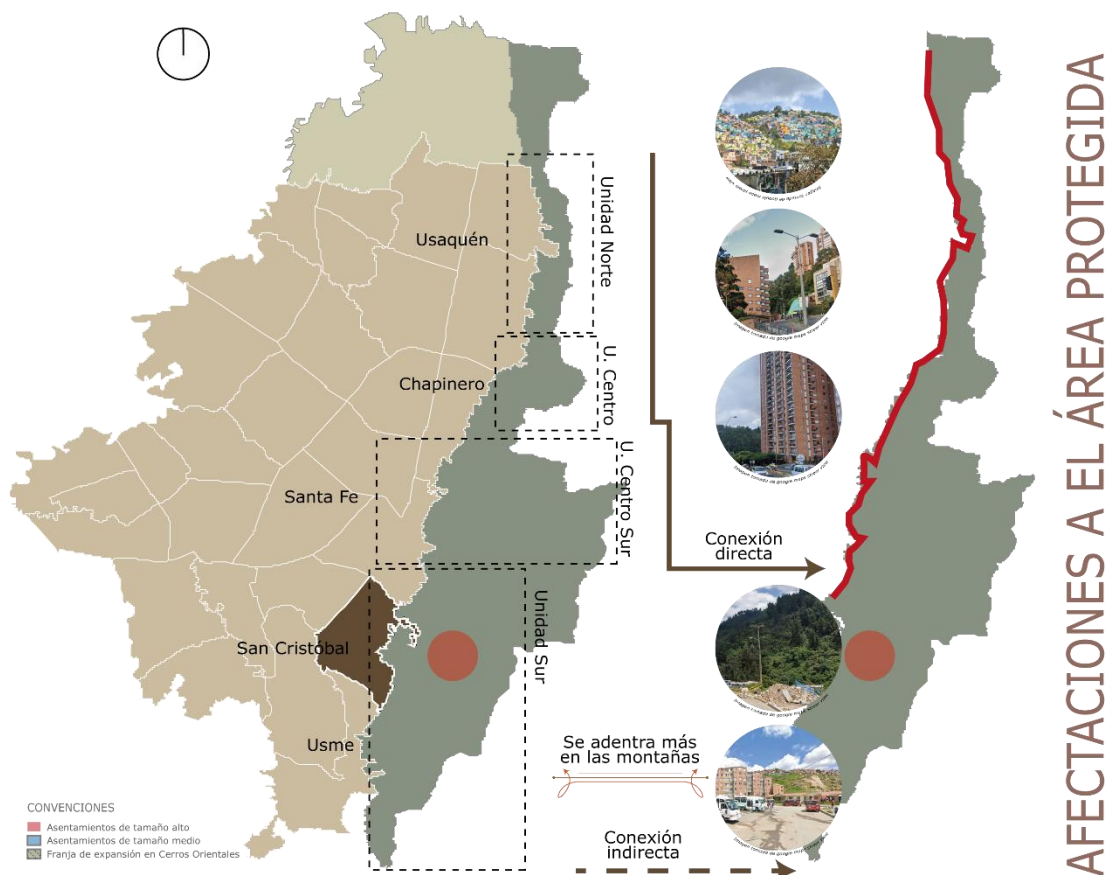
Diagnóstico del Barrio Aguas Claras

En los cerros orientales de Bogotá D. C., en el barrio Aguas Claras de la localidad de San Cristóbal sur, se determinaron diferentes conclusiones, basados en ítems de análisis, para lograr determinar un diagnóstico claro del lugar.

La fauna y la flora de los cerros naturales de Bogotá son el componente más afectado por diferentes dinámicas de urbanización, generando un desequilibrio dentro del ecosistema de toda la región. Un componente ambiental importante es la reserva El Delirio, debido a que diversas fuentes hídricas nacen de este sector, además de poseer flora y fauna importante para el equilibrio ecológico de la zona (ver figura 15).

Figura 15

Cerros orientales de Bogotá



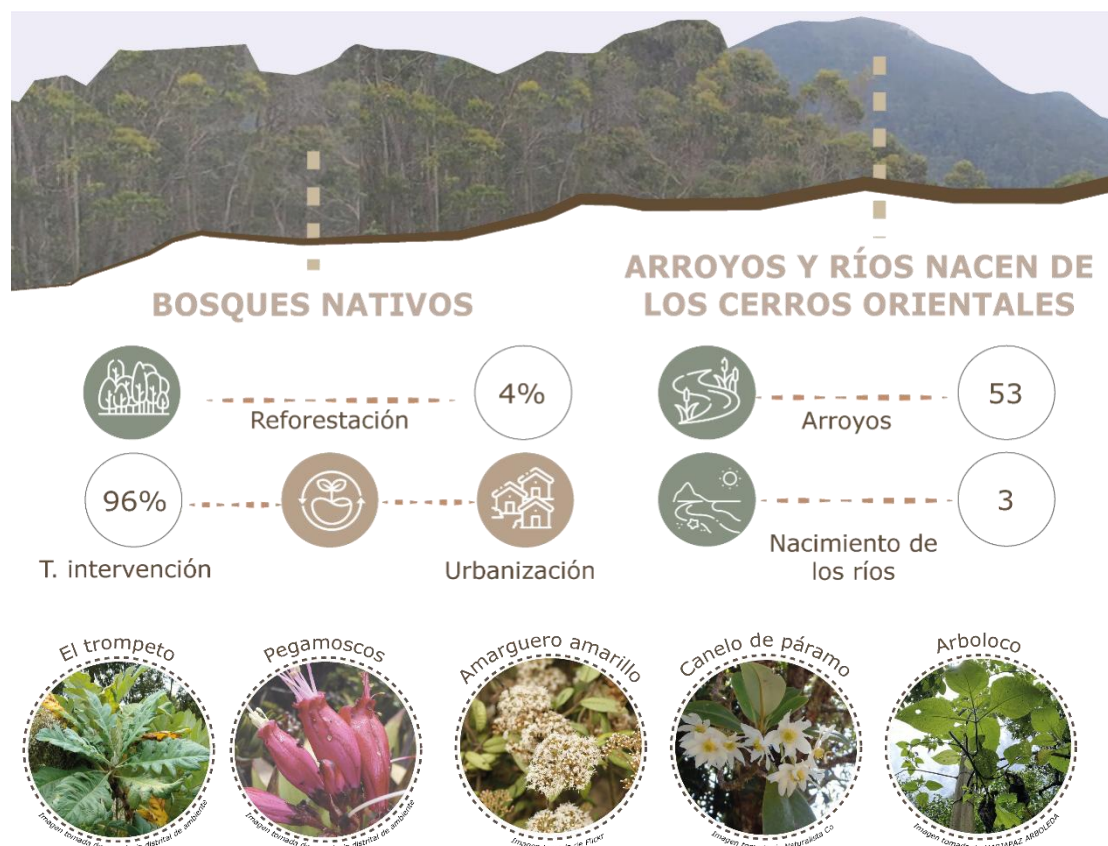
Modificado de la Cartografía tomada de ArcGIS

La reserva forestal el Delirio, es un área que corresponde a los nacimientos de los cuerpos de agua que dan origen al río San Cristóbal o Fucha y hace parte de la superficie de reserva forestal protectora de los cerros orientales de Bogotá, espacio protegido del nivel nacional, declarado desde el 1977 por el Ministerio de Agricultura y que es administrada por la CAR Cundinamarca y sus predios pertenecen a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP)

(Como se cita en CLGR-CC, 2017, p. 10) (ver figura 16).

Figura 16

Flora de los cerros orientales de Bogotá D.C.



Modificado de Instituto Humbolt

La Reserva El Delirio está conformada por zonas con cobertura vegetal natural de los ecosistemas como el subpáramo de la reserva y bosque altoandino, es decir la transición que se da en el tamaño de la arborización del lugar, además de estar rodeada principalmente por fitotectura como ciprés, pinos y acacias (ver figura 17).

Figura 17

Fauna de los cerros orientales de Bogotá D.C.



Modificado de Instituto Humbolt

Centrándose en el barrio Aguas Claras, se aprecia la existencia de diversos componentes urbanísticos que están en contradicción con el bienestar de la población (ver figura 18).

Figura 18

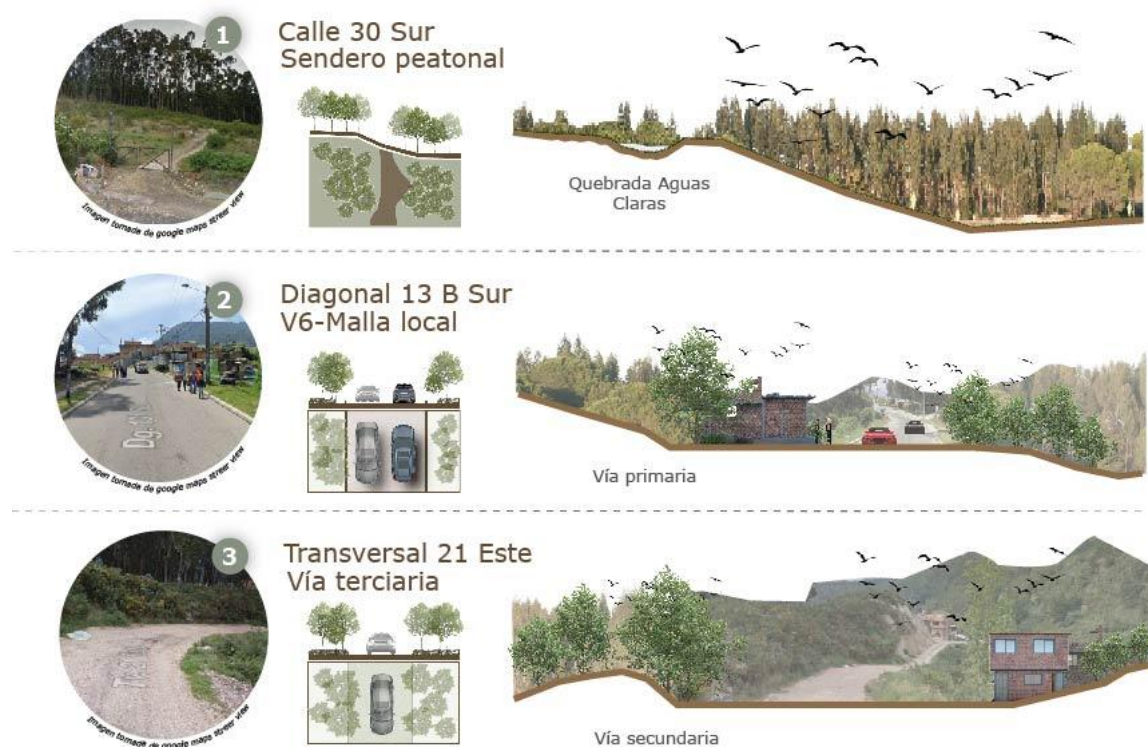
Reserva natural El Delirio



Tomado de Alcaldía Local San Cristóbal (s. f.) Reserva El Delirio [Fotografía]. Alcaldía Local de San Cristóbal. <http://sancristobal.gov.co/milocalidad/reserva-delirio>

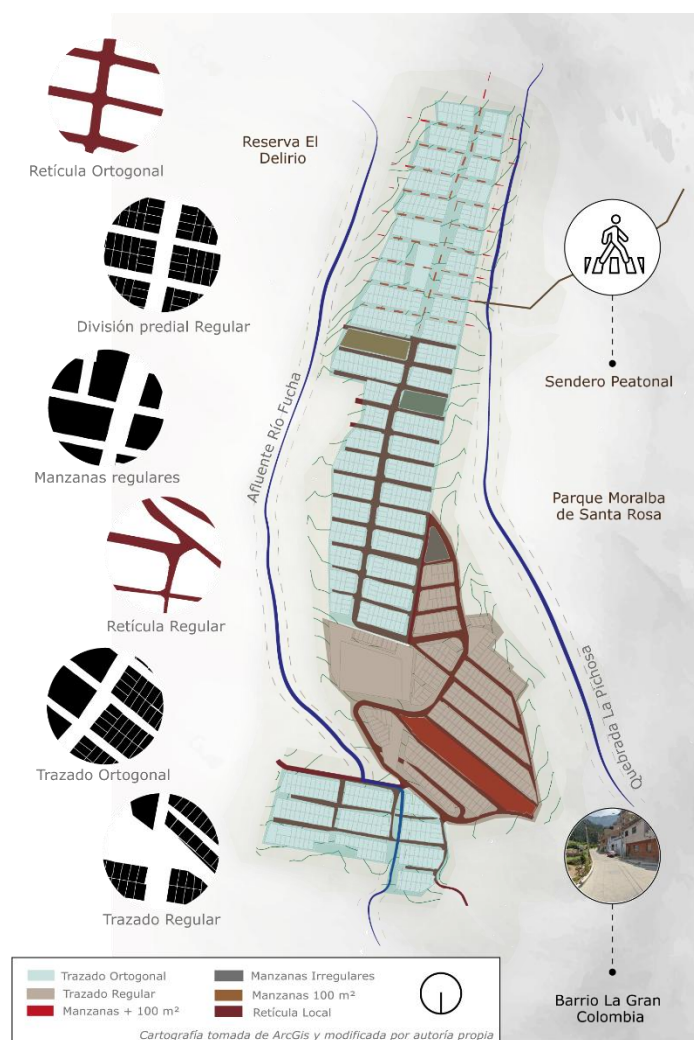
En el análisis, basado en visitas de campo al barrio, se concluye que la accesibilidad es deficiente, debido a que se conecta de manera indirecta con el barrio adyacente La Gran Colombia, lo que provoca una segregación física notable.

En cuanto a la infraestructura de transporte, la única vía en buen estado es la diagonal 13B sur v-6. Aunque existen otras calles pavimentadas, no se prioriza el uso peatonal, como se pudo observar al recorrer el barrio, donde fue necesario transitar por la calzada destinada a los vehículos (ver figura 19).

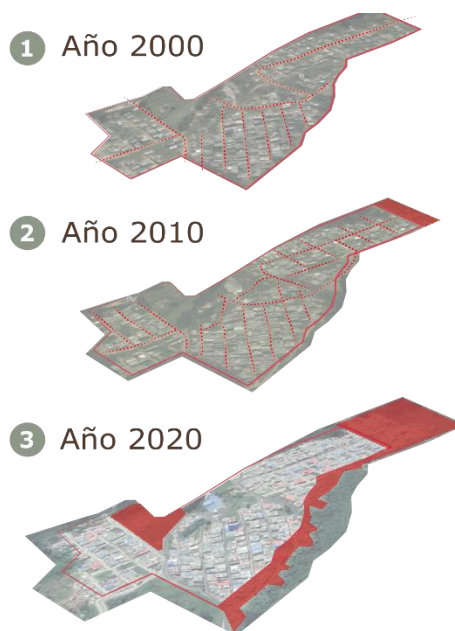
Figura 19*Acceso al barrio Aguas Claras*

Elaboración propia

El barrio tiene un trazado ortogonal, conformado por manzanas irregulares que contrastan con la topografía natural del terreno. Se observa una expansión urbana hacia el sur occidente, invadiendo áreas protegidas, lo que pone en riesgo la conservación ambiental de la zona (ver figura 20).

Figura 20*Trazado del barrio Aguas Claras*

Modificado de la Cartografía de ArcGIS



Conclusiones



Aguas Claras es un barrio principalmente residencial, con escaso comercio, limitado a tiendas barriales. Respecto a los equipamientos, en la zona se encuentra la Institución Educativa Aguas Claras y la Iglesia Pentecostal Unida de Colombia - Aguas Claras.

En relación con las alturas de las construcciones predominantes en el barrio, el 80% de las edificaciones son de 1 y 2 pisos debido a las condiciones de la topografía y para prevenir deslizamientos por la proximidad a la montaña. El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER,

2017) menciona en su documento técnico que el suelo del barrio es inestable (p. 10), el 20% restante son viviendas de 3 y 4 pisos, lo que representa un riesgo para los habitantes (ver figura 21).

Figura 21

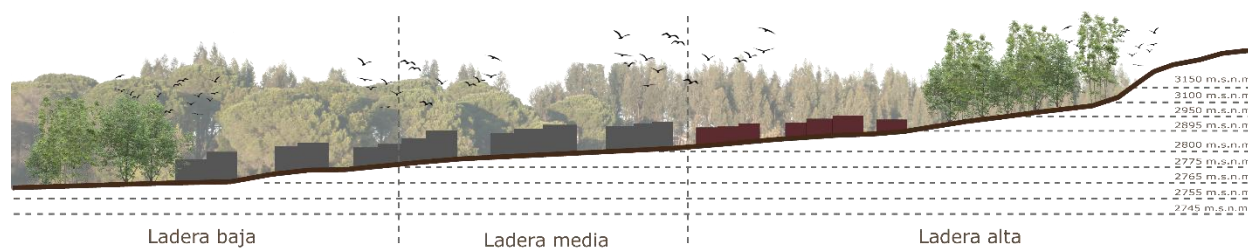
Análisis tipológico y usos del barrio



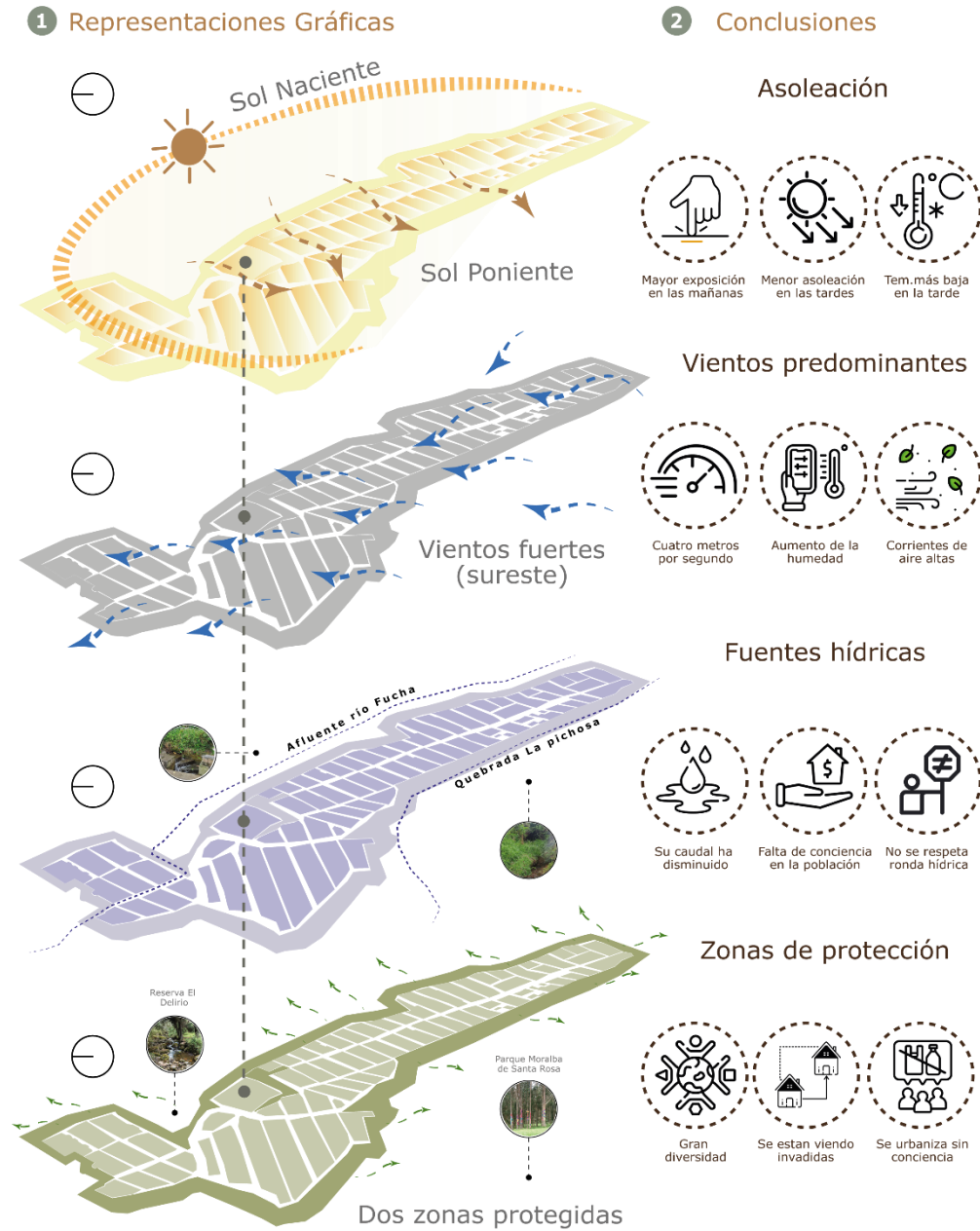
Con respecto al componente ambiental, este ha sido clave para identificar la división del barrio en tres sectores, influenciados principalmente por la topografía local (ver figura 22).

Figura 22

Ladera alta, media y baja. Pendiente de 36 %



Estos sectores corresponden a la ladera alta, media y baja. En particular, la ladera alta presenta una tipología constructiva distintiva, caracterizada por construcciones deficientes en términos de confort habitacional (ver figura 23).

Figura 23*Componente ambiental*

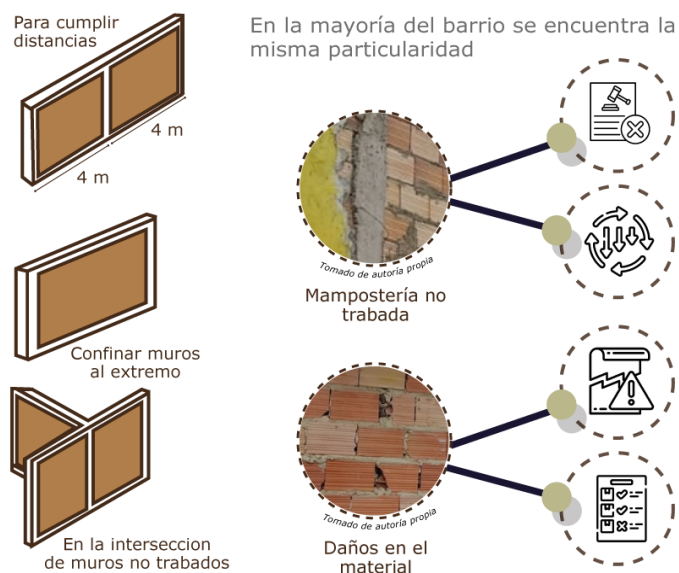
Modificado de la Cartografía de ArcGIS

Se generó un análisis tipológico dividido en dos secciones: La primera, basada en la Norma Sismo Resistente NSR 10, y la segunda, enfocado en las patologías de las construcciones. Al realizar los resultados de este análisis, se vio la necesidad de intervenir en la zona y se elaboró un diagrama para clasificar el estado de las viviendas y compararlas en términos de confort habitacional. Se identificaron diversas patologías, que afectan directamente la calidad de vida de los ocupantes (ver figura 24).

Figura 24

Análisis de la vivienda con NSR-10

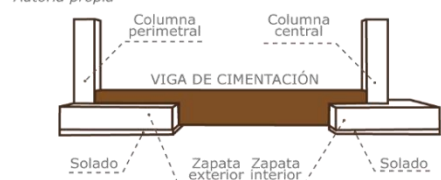
MAMPOSTERÍA CONFINADA



Información sacada de el documento NRS-10

CIMIENTOS

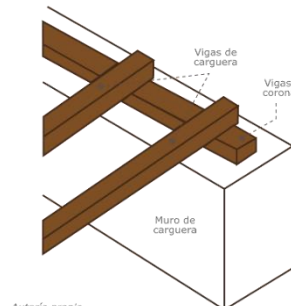
Es obligatorio tener la viga de cimentación



Viviendas construidas antes de la norma



CUBIERTA



Elaboración propia

INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

Autoría propia

4#4 (ó 12 mm)

500 mm (mínimo)

Fleje #3 150x150 mm c. 200 m

En la mayoría del barrio se encuentra la misma particularidad

Columnas sin continuación

Irregularidades en columnas

No hay continuidad de viga

Irregularidad en alzado

No hay adecuada conexión

Se urbaniza sin conciencia

Información sacada de el documento NRS-10

El 80% de las edificaciones no tienen viga corona

Fotos tomadas por autoría propia



Se puede levantar muy fácil

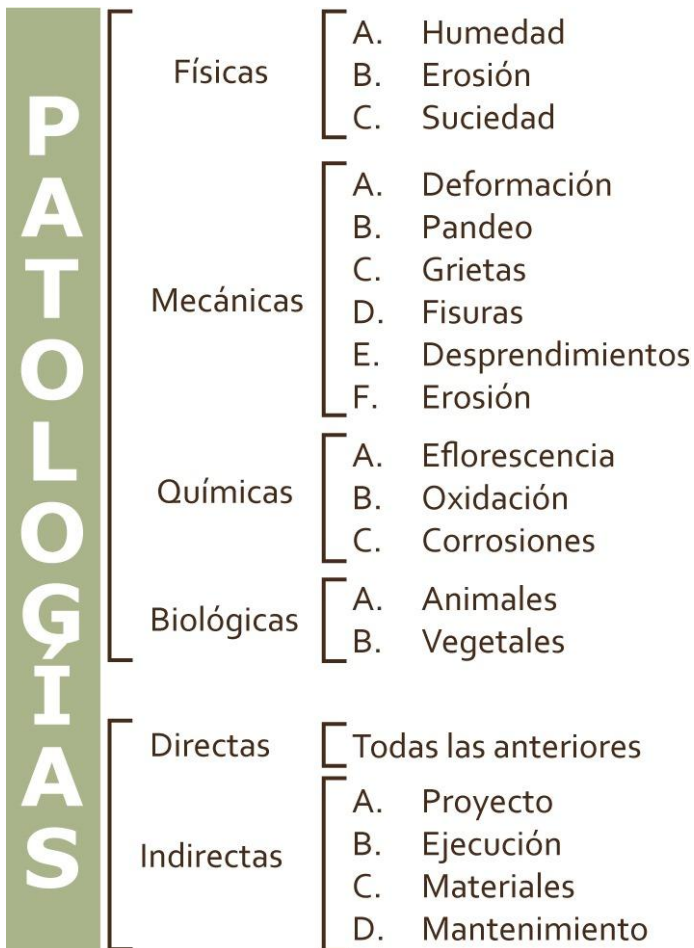
No se une a estructura

Análisis Patológico de las Viviendas

Santamaría-Macho (2019), explica que Vitrubio estableció tres principios fundamentales para la arquitectura: *firmitas*, *utilitas* y *venustas*. Vitrubio presenta estos principios de manera concisa en el libro I de su obra, donde sostiene que *firmitas* depende de la estructura y los materiales, la *utilitas* está vinculada con la correcta satisfacción de la función del edificio, y las *venustas* se relaciona con la belleza, atendida como la “adecuada proporción de sus partes [que] plasme la teoría de la simetría” (p. 1) (ver figura 25).

Figura 25

Análisis patológico, metodología del Arq. Alberto Corradine



Tomado de Corradine, A., (1998). Introducción a la patología de edificios

Para esta investigación, la identificación de las deficiencias en las viviendas del barrio Aguas Claras se basará en los tres principios fundamentales de Vitruvio: *firmitas*, *venustas* y *utilitas*. El principio de *firmitas* se centra en la estabilidad de las edificaciones. Se evaluará como se sostienen, además del estado de sus estructuras, revisando los cimientos, paredes y cubiertas para detectar problemas relacionados con la resistencia de los materiales.

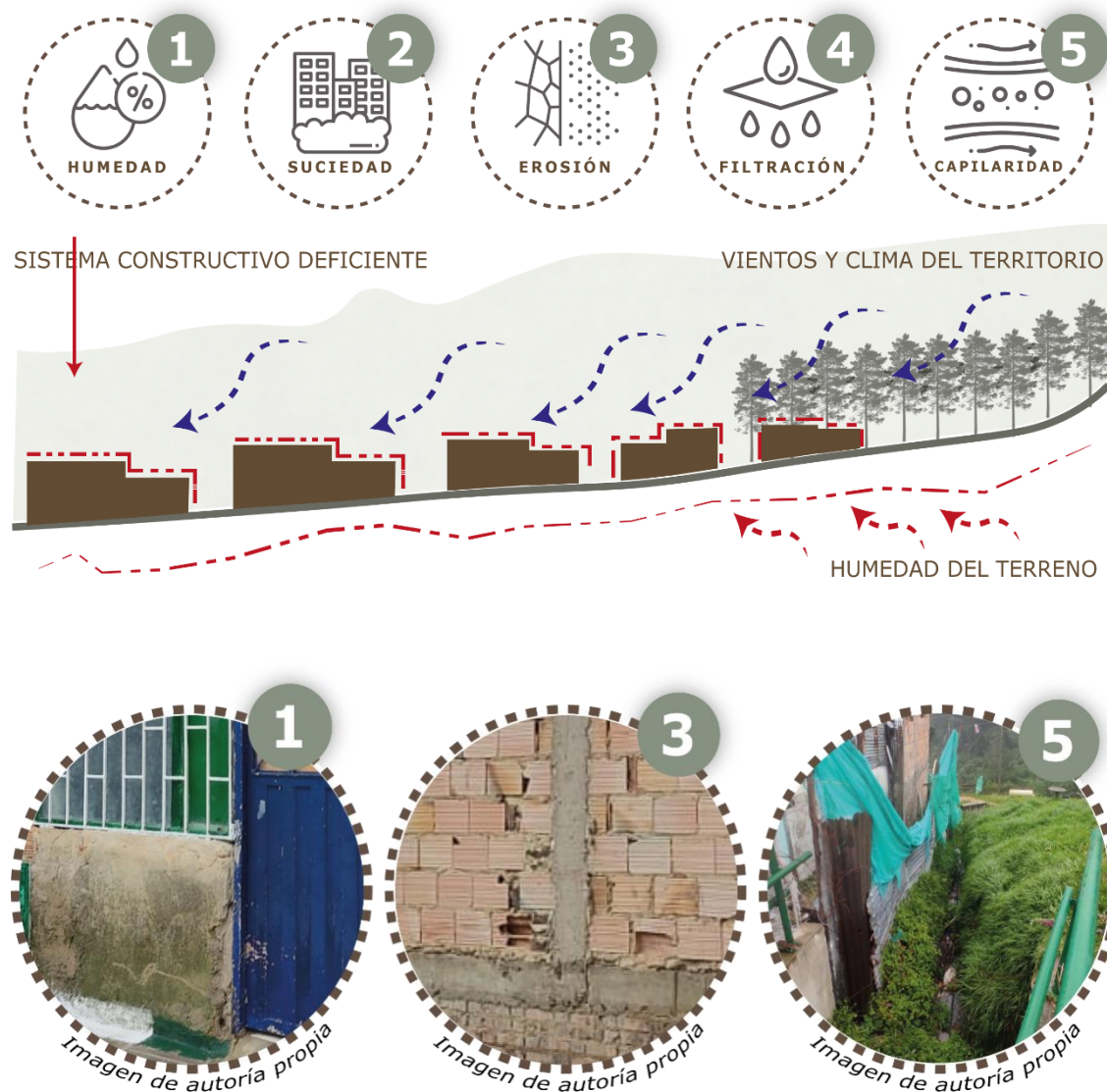
En cuanto a *venustas*, se analiza la estética de las edificaciones. Esto incluye examinar la apariencia visual de las viviendas y cómo se integran con el entorno. Se prestará atención a la materialidad y al diseño para determinar si cumplen con principios estéticos que contribuyan un buen equilibrio estético.

Finalmente, el principio de *utilitas* se enfoca en la funcionalidad de las viviendas. Se investigará como estas satisfacen las necesidades de bienestar de sus ocupantes, evaluando aspectos como el confort térmico, acústico y visual. Se evalúa si las viviendas proporcionan un ambiente adecuado en términos de temperatura, reducción del ruido y calidad de la luz, y si los espacios son funcionales para sus propósitos.

Estos principios permitirán evaluar de manera completa y detallada las deficiencias en las viviendas, abordando tanto aspectos estructurales como estéticos y funcionales.

Patologías físicas – Venustas, ¿cómo se ve?

Se observa un notable déficit en la estética de las viviendas en el barrio Aguas Claras. La mayoría de las edificaciones están construidas con ladrillo a la vista y carecen de acabado exterior, lo que contribuye a una apariencia poco llamativa. Además, un porcentaje significativo de viviendas presenta envoltorio de zinc o tablas, materiales que afectan negativamente la apariencia visual, también pueden influir en la percepción general del barrio. Esta situación impacta directamente el principio de *venustas* de Vitruvio, que se refiere a la belleza y armonía en la arquitectura (ver figura 26).

Figura 26*Patologías físicas. Indirectas por diseño y ejecución*

Elaboración propia.

Las patologías físicas en la mayoría de las viviendas del barrio están relacionadas con el nivel freático del terreno, como indirectas, ya que podrían haber sido previstas o mitigadas durante la fase de diseño y ejecución de la construcción. Además, las viviendas también presentan problemas físicos debido a las condiciones climáticas y a los materiales utilizados. Se observa un alto grado de humedad en las paredes, suciedad en las fachadas, erosión en los ladrillos y filtraciones de agua, especialmente

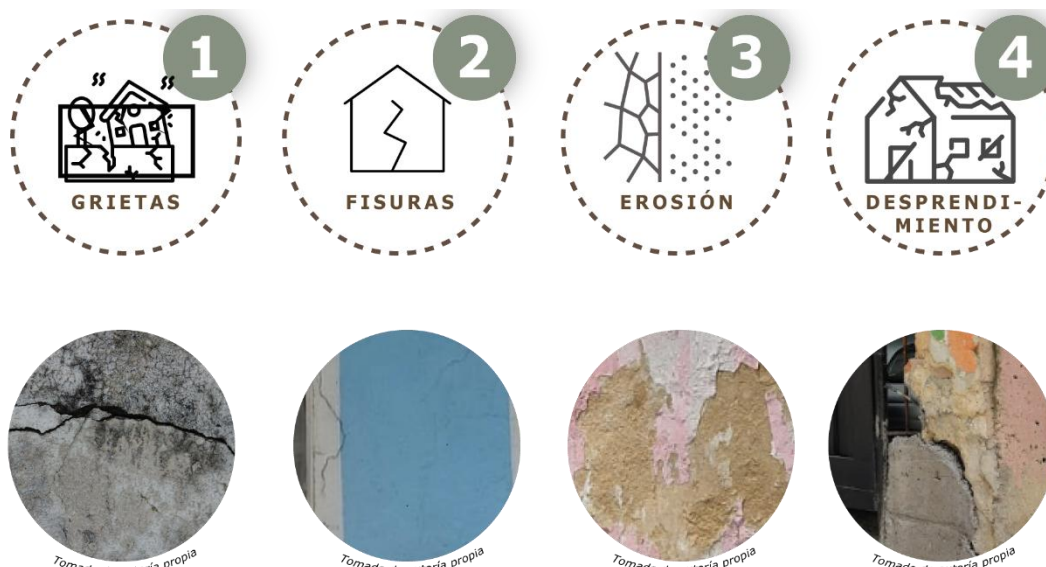
por la cercanía con cuerpos hídricos y la capilaridad del terreno. Estos problemas impactan en la integridad estructural de las viviendas, así como la salud de los habitantes.

Patologías Mecánicas – Firmitas, ¿cómo se sostiene?

En cuanto a la construcción de las viviendas del barrio Aguas Claras, se observa una notable deficiencia constructiva, ya que muchas de ellas las edificó la misma comunidad. Esta situación resulta en viviendas que carecen de estabilidad desde el punto de vista constructivo como normativo, debido a la falta de conocimientos técnicos adecuados por parte de la comunidad (ver figura 27).

Figura 27

Patologías mecánicas



Elaboración propia.

Un gran porcentaje de las viviendas tienen patologías mecánicas que surgen principalmente por el movimiento de la estructura y el estado de la cimentación. En un análisis general realizado mediante observación, se identificaron grietas, fisuras y erosiones, principalmente en los muros. Además, se detectaron desprendimientos, especialmente en partes estructurales como columnas y vigas.

Patologías Químicas

Dentro de las patologías químicas más comunes en las viviendas se encuentran la oxidación y la corrosión, especialmente en las zonas de las cubiertas. Estas anomalías son frecuentes debido al uso de

materiales como tejas metálicas, que, al entrar en contacto con el oxígeno, facilitan la formación de óxido (ver figura 28).

El sistema estructural también se ve afectado, principalmente las columnas, en donde el concreto se desprende y deja expuesto el hierro de refuerzo. Si la corrosión progresa, puede afectar gravemente la integridad estructural de la edificación, comprometiendo su estabilidad y seguridad.

Figura 28

Patologías químicas



Elaboración propia.

Funcionalidad – Utilitas, ¿cómo funciona?

En el barrio, situado en una zona montañosa (ver figura 29), es común la presencia de lluvias y temperaturas bajas, según la entidad IDIGER (2017) “se pueden experimentar bajas temperaturas en las noches y heladas en las madrugadas” (p. 9).

Figura 29*Barrio entre montañas*

Tomada de Google Earth

Durante la visita, se identificó una carencia significativa en la mayoría de las viviendas: la falta de ventanas adecuadas, muchas de ellas están cubiertas con tablas, tejas de zinc o cartones, y presentan vidrios rotos. Esta situación impacta negativamente el confort habitacional, ya que la ausencia de dichos elementos impide una correcta ventilación e iluminación, además de no ofrecer protección adecuada contra los factores bioclimáticos. Como consecuencia, el bienestar de los residentes se ve comprometido, evidenciando una importante deficiencia en la funcionalidad y el confort de las viviendas, según el principio de *utilitas* de Vitrubio (ver figura 30)

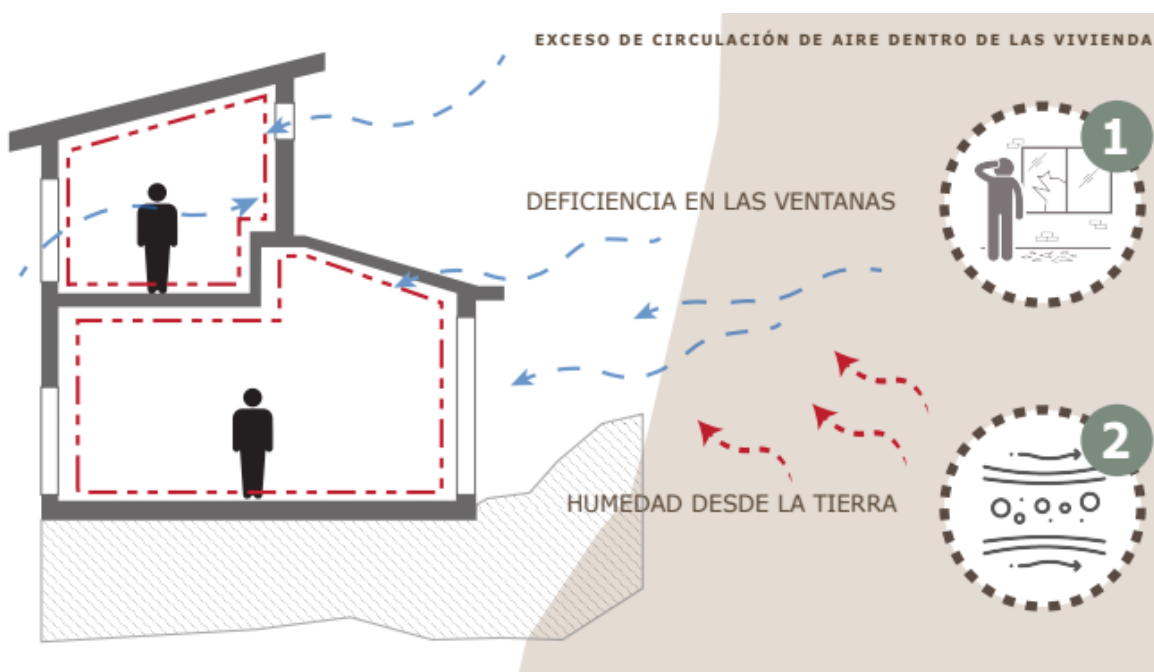
Figura 30*Funcionamiento de las viviendas*

Elaboración propia

El análisis de barrio Aguas Claras, San Cristóbal sur, revela una serie de fallas constructivas que impactan negativamente en la calidad de vida de sus residentes y contradicen principios fundamentales de la arquitectura establecidos por Vitruvio. Dichas fallas se manifiestan en la presencia de patologías mecánicas como grietas y fisuras, así como problemas estéticos derivados de la falta de acabados y el uso de materiales inadecuados (ver figura 31).

Figura 31

Respuesta actual de la vivienda ante factores naturales



Elaboración propia

En conclusión, Aguas Claras enfrenta importantes desafíos urbanísticos y constructivos que comprometen la calidad de vida de sus habitantes. La accesibilidad es deficiente, con conexiones indirectas que segregan al barrio y vías que no priorizan el tránsito peatonal, aumentando los riesgos para los residentes. Además, la expansión hacia áreas protegidas amenaza la conservación ambiental. Las viviendas, en su mayoría autoconstruidas, presentan serios problemas estructurales, como grietas, humedad y falta de acabados, lo que afecta tanto su estabilidad como el confort de los habitantes. Estas deficiencias, al analizarse bajos los principios de Vitruvio (*firmitas, utilitas y venustas*), revelan una falta de estética, funcionalidad y precariedad estructural. Por esto, el barrio requiere de intervenciones que aseguren un entorno seguro, estético y habitable.

CAPITULO IV. Técnicas Constructivas con Materiales Sostenibles

El uso de materiales naturales en la construcción se remonta a los orígenes de la civilización. Desde las primeras estructuras realizadas con barro y paja hasta las modernas casas ecológicas, los materiales naturales han sido esenciales en la arquitectura. Las pirámides egipcias y mexicanas dan cuenta de la resistencia de dichos materiales.

Hoy en día el cambio climático ha afectado distintos aspectos de nuestra vida cotidiana, impactando significativamente la forma en la que vivimos, viéndonos obligados a tomar el camino de la resiliencia. La conciencia sobre sostenibilidad y el impacto ambiental cada vez es más creciente. Las técnicas constructivas en materiales sostenibles han sido olvidadas con el paso del tiempo debido a que existen diversos prejuicios sobre los materiales naturales.

Los prejuicios contra la tierra son contradictorios y generalmente relacionados con la ignorancia.

Para muchas personas resulta difícil concebir que un material natural como la tierra no necesite ser procesado y que en muchos casos la excavación de cimientos ofrezca un material que puede ser utilizado directamente para construir (Minke, 2005, p. 22).

En la construcción con tierra se destacan diferentes negaciones relacionadas con la implementación de este material natural dentro del ámbito de la construcción. Rotondaro (2006), expone que:

La Arquitectura con tierra cuenta con excelentes propiedades de aislamiento, de bajo costo energético, con un clima interior balanceado, mantiene confortable la temperatura superficial de los materiales. Se logra con la tierra texturas y colores naturalmente cálidos, es de muy fácil mantenimiento, es un material agradable para trabajar, lo más importante es que puede ser construido personalmente por el usuario, y lo principal es su gran potencialidad para la creatividad personal (pp. 25-26).

Materiales como la tierra, la paja y la madera han sido utilizados en diversas culturas, presentando una huella de carbono menor a la de los materiales convencionales como el concreto. Además, ofrecen beneficios térmicos y confort, debido a que están adaptados a los diferentes climas y condiciones del lugar. Por otro lado, la implementación de técnicas de construcción con materiales sostenibles aumenta la posibilidad de preservar los recursos naturales, además de darle una mayor importancia a dichas técnicas ancestrales de hacer efectiva la sostenibilidad en el ámbito de la construcción, combinando la tradición y la modernidad.

Antecedentes Históricos

Primeras civilizaciones

Las primeras civilizaciones desarrollaron diversas técnicas de construcción utilizando los materiales que tenían a su disposición. Estas técnicas variaban según el entorno geográfico y los recursos naturales disponibles, lo que dio lugar a una gran diversidad de estilos arquitectónicos; Laffarga & Olivares, (1997) afirman que los materiales constructivos empezaron a ser importantes con las primeras estructuras creadas por los seres humanos. Estas construcciones, aunque no eran arquitectura en el sentido completo, nacieron de la necesidad de resolver un problema básico de crear un espacio cerrado y protegido para resguardarse de la naturaleza, dejando atrás las cuevas.

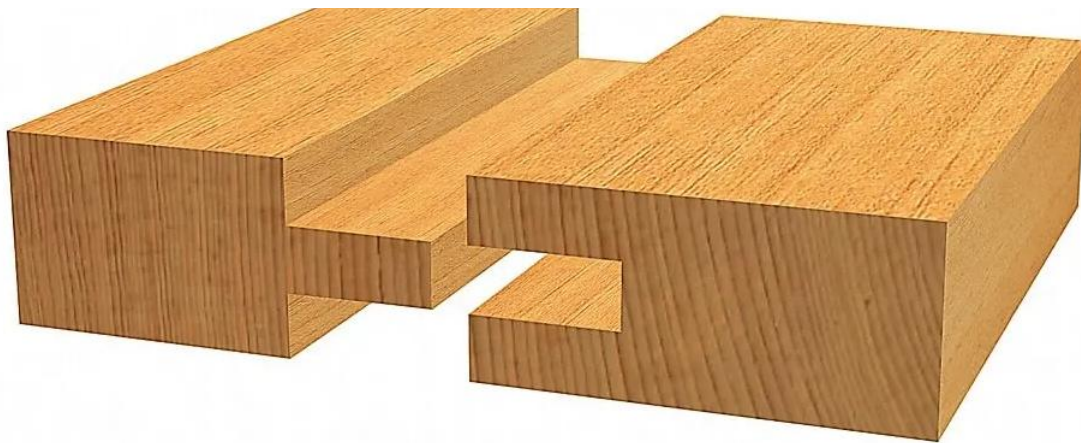
En regiones con climas cálidos y secos, como la Mesopotamia y Egipto, la disponibilidad de barro y tierra impulsó el uso de técnicas de construcción con adobe y ladrillos secados al sol. Este enfoque resultaba muy práctico debido a la accesibilidad y bajo costo de los materiales. Además, las construcciones de adobe eran ideales para estos climas, ya que ofrecían buen aislamiento térmico, manteniendo los interiores frescos durante el día y cálidos por la noche. Según Laffarga & Olivares, (1997), tanto en Egipto como en Mesopotamia, las viviendas comunes se construían predominantemente con adobes secados al sol.

Por otro lado, en áreas boscosas y montañosas, como Europa y Asia, la madera era el principal recurso de construcción. Las civilizaciones en estas regiones desarrollaron técnicas avanzadas de carpintería para construir viviendas, templos y puentes. La madera, siendo un material flexible y fuerte, permitía la construcción de estructuras más complejas y de mayor altura.

En Japón, por ejemplo, las técnicas tradicionales de carpintería sin clavos, como el uso de juntas de mortaja y espiga, resultaron en construcciones sismo resistentes que han perdurado a lo largo de los siglos. Según García, M. & Benedetti, S (2021) “La madera, desde siempre, ha sido utilizada por el hombre como material estructural en la construcción debido a su gran resistencia mecánica, propiedades físicas, belleza y ligereza.” (p. 1) (ver figura 32).

Figura 32

Juntas de mortaja y espiga



Tomado de Glosario ilustrado de arte arquitectónico <https://www.glosarioarquitectonico.com/glossary/mortaja/>

Esta adaptabilidad y uso de los materiales disponibles demuestran como las civilizaciones antiguas aprovecharon su entorno natural, desarrollando soluciones arquitectónicas innovadoras que respondían a sus necesidades específicas y a las condiciones climáticas de las diferentes regiones.

Arquitectura Vernácula

La arquitectura vernácula se caracteriza por emplear métodos y materiales propios de una región específica. No debe confundirse con un estilo arquitectónico en particular, sino que abarca las

edificaciones que son representativas de una comunidad concreta. Este estilo de arquitectura se ajusta a las características climáticas y geográficas del lugar, utilizando los materiales disponibles en la zona y aplicando métodos de construcción tradicionales de la región (Econova, 2022).

En diversas regiones de África, la arquitectura vernácula incluye una gran variedad de técnicas y estilos que varían significativamente según el entorno geográfico. En el Sahel y otras áreas semiáridas, las cabañas de barro y techos de paja son comunes (ver figura 33).

Figura 33

Vivienda en Sahel, África



Tomado de Aguilar, M. , (2017). Vivienda moaga de planta circular. [Fotografía]. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/586/58665970002/html/>

Estas estructuras están diseñadas para mantener el interior fresco durante el día y cálido durante la noche, aprovechando las propiedades aislantes del barro. En el África subsahariana, se pueden encontrar las cabañas de barro de los Dogón en Malí, conocidas por sus formas geométricas y decoraciones simbólicas. Como señala Nica, (2023):

La arquitectura vernácula africana comprende las formas tradicionales de construcción que han surgido en diferentes partes de África y que han evolucionado a lo largo del tiempo para adaptarse a las condiciones climáticas y culturales de cada región

Esta arquitectura se caracteriza por su uso de materiales locales y técnicas de construcción tradicional, suele ser sostenible, respetuosa con el medio ambiente (p. 15)

En Japón, las casas tradicionales (Minka) están construidas con madera, bambú y papel, materiales que permiten una flexibilidad estructural esencial en una región propensa a terremotos. Estas casas suelen tener techos de paja o tejas y están diseñadas para maximizar la ventilación y la luz natural.

El concepto de *minka* se suele traducir como casa rural, aunque no es del todo preciso, ya que también incluye algunas viviendas urbanas. Estas construcciones se caracterizan por estar elevadas del suelo, tener una estructura de madera ensamblada de diferentes maneras, paredes de adobe, techos de paja en diversas formas y, terrazas con suelos de tabla (Huellas de arquitectura, 2014) (ver figura 34).

Figura 34

Minka (Japón)



Tomado de Norewen 1952 (2007). Casa en Minka [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/7942029@N07/1059930337/>

[com/photos/7942029@N07/1059930337/](https://www.flickr.com/photos/7942029@N07/1059930337/)

En América Latina, las técnicas de construcción vernácula también son diversas y están arraigadas en las tradiciones locales. En los Andes, el adobe y el bahareque son técnicas ampliamente utilizadas.

El adobe, una mezcla de tierra, agua y fibras vegetales, se moldea en ladrillos que se secan al sol, creando estructuras con excelente capacidad térmica. El bahareque combina cañas o varas de madera recubiertas con barro, formando muros flexibles y resistentes a movimientos sísmicos. En México, las

ruinas mayas y las casas rurales incorporan estos materiales, adaptándose a los climas cálido-secos. En la región amazónica, las viviendas elevadas sobre pilotes de madera protegen contra inundaciones y animales, utilizando recursos como bambú y hojas de palma para techos (ver figura 35).

Figura 35

Viviendas con pañetes en tierra del barrio la Candelaria en Bogotá



Elaboración propia

La Tierra Como Material de Construcción.

La tierra ha sido empleada como material de construcción desde las civilizaciones más antiguas y en diversas culturas a lo largo del mundo. Aunque las primeras edificaciones se hicieron de tierra, este material sigue siendo relevante, por la riqueza que aporta en términos de tradiciones culturales, tanto ambientales como económicos:

Aunque las casas más primitivas fueron las que se edificaron con tierra cruda, estas técnicas no son del pasado, hoy en día, un tercio de la población mundial vive en casas de tierra. En aquellos lugares donde estas técnicas son tradicionales se mantienen así mientras en los países

desarrollados estos materiales reciben un nuevo impulso a través de experiencias e investigaciones sobre nuevas técnicas para utilizarlos de forma diferente (Gatti, 2012, p. 5).

La producción de materiales de construcción y su transporte pueden impactar negativamente al entorno natural debido al alto consumo energético que implican. Por esta razón, el uso de materiales naturales como la tierra, que puede extraerse directamente del lugar de construcción y utilizarse sin la adición de productos químicos, es una alternativa viable. Además, este material tiene la ventaja de poder ser reutilizado si es necesario.

Este recurso natural y abundante, ofrece diferentes ventajas en términos de sostenibilidad, aislamiento térmico y bajo impacto ambiental. Según Gatti (2012), “La tierra es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene frecuentemente directamente en el sitio cuando se excavan los cimientos” (p. 6). Por lo anterior la tierra como material de construcción reduce el impacto ecológico, siendo una opción válida para la construcción sostenible y sustentable. Los materiales como la madera, tierra y piedra se pueden usar directamente después de ser extraídos, sin necesidad de procesos de unión complejos. A diferencia de materiales como el acero y los vidrios, que requieren mucha energía para reformarse, la arcilla puede reciclarse y reutilizarse fácilmente debido a sus propiedades reversibles

La salud de las personas está influenciada por su entorno, por lo que es crucial que las viviendas proporcionen un ambiente confortable. La calidad del ambiente interior afecta tanto la salud física como mental, y esto depende de factores como el aire, el confort térmico, la exposición a la luz natural y el diseño del espacio. “Actualmente en el mundo millones de personas, sufren de algún tipo de trastorno físico o mental causado por los ambientes interiores. Los edificios deben tener como objetivo principal crear una vida agradable, cómoda y saludable” (Gatti, 2012, p. 8).

La tierra tiene múltiples beneficios para la salud, debido que este material es naturalmente transpirable, permitiendo una mejor circulación del aire y una buena regulación de la humedad interior.

La tierra también actúa como aislante térmico, contribuyendo al bienestar general, por otro lado, al no contener productos químicos que suelen encontrarse en otros materiales de construcción, se reduce el riesgo a enfermedades respiratorias.

Esta propiedad del material tierra, es conocida como la capacidad de absorción, que no reemplaza la necesidad de ventilación, pero que mejora las condiciones higrotérmicas de los espacios interiores, sobre todo cuando hay una tasa de cambio de aire bajo. Los materiales de construcción con tierra son, por lo tanto, ideales para mejorar el clima de los ambientes interiores (Gatti, 2012, p. 8)

En conclusión, el uso de materiales naturales en la construcción, como la tierra y la madera, ha sido fundamental desde las primeras civilizaciones, y sigue siendo importante hoy en día debido a sus múltiples beneficios. Estos materiales ofrecen soluciones arquitectónicas sostenibles y adaptadas a las condiciones locales, contribuyendo a reducir la huella de carbono, debido a que su extracción y procesamiento requieren de menos energía en comparación con los materiales industriales como el concreto y el acero. La tierra, en particular, es un buen aislante térmico.

Aunque muchas de estas técnicas han sido rechazadas por la modernización, en la actualidad, con el creciente interés por la sostenibilidad, el uso de materiales naturales está volviendo a tener importancia. Retomar estas prácticas ayuda a preservar los recursos naturales, permitiendo combinar historia y modernidad para enfrentar los desafíos que se presentan en la actualidad.

Ahora bien, el segundo objetivo específico de este proyecto consiste en analizar distintas técnicas constructivas utilizando materiales sostenibles, evaluando su viabilidad desde tres perspectivas: técnica, económica y ambiental. Para lograr este objetivo, se han definido tres acciones prioritarias según lo establecido en el documento técnico del Ministerio de Vivienda (s. f.) para la ampliación, que se relaciona con el reforzamiento estructural. Por último, se contempla el mejoramiento, que se refiere a los acabados arquitectónicos.

Ampliación - Obra Nueva

Las técnicas propuestas para la acción prioritaria de ampliación son el bahareque y el adobillo, reconocidas por su sostenibilidad y facilidad de uso. Ambas emplean materiales naturales como la tierra, fibras vegetales, la guadua y piedras, además de poseer un valor cultural significativo en diversos países (ver figura 36).

Figura 36

Acciones prioritarias de las viviendas en el barrio Aguas Claras



Elaboración propia

Bahareque

El bahareque se consideró una de las primeras técnicas constructivas sismo resistentes en Colombia. A finales del siglo XIX, se empleaba en diversas zonas de Colombia debido a su resistencia sísmica, la rapidez en su ejecución y, por supuesto, los bajos costos. Su uso predominó antes de la

llegada del ladrillo, los morteros de arena y cemento a ciudades como Medellín y Bogotá, desde donde se extendió a nivel nacional. Esta técnica constructiva no requiere de un arquitecto para su ejecución, ya que es muy fácil de emplear. Quienes desarrollaron esta técnica fueron principalmente pueblos indígenas y campesinos. La simplicidad de su uso la convierte en una arquitectura colaborativa que integra a la comunidad en el proceso constructivo. Además, reduce las emisiones de dióxido de carbono (Rivera, 2018).

El proceso constructivo del bahareque se conforma a partir de un entramado de madera o cañas, como el bambú o la guadua, que proporciona soporte y rigidez a la construcción. Este entramado actúa como esqueleto, sobre el cual se aplican otros materiales para otorgar estabilidad y aislamiento. La madera empleada es ligera pero resistente, lo que permite flexibilidad, una característica clave en zonas propensas a suelos inestables, “una de sus características es el microclima agradable que se conserva en su interior, y es por ello que dicha técnica se desarrolló tanto en la costa atlántica (La Guajira) como en tierras altas (Cundinamarca, Boyacá)” (Rivera, 2018, párr. 11) (ver figura 37).

Figura 37

Proceso constructivo en bahareque



1. Elaborar un marco de guadua o de madera



2. Colocar la esterilla de guadua, asegurándola con puntillas



3. Se instala una malla metálica con el fin de asegurar la esterilla



4. Se asegura la malla con alambre, entrelazándola por medio de puntillas



5. Se aplica un relleno de barro, paja, agua y cal con una dosificación 3:2:5



6. Se aplica un mortero en el área exterior de cal, arena y paja con una dosificación



7. Se aplica la pintura hecha con tierra sobre el mortero y se alisa la superficie

Elaboración propia

Adobillo

Este sistema constructivo se compone de tierra y madera, por lo que esta técnica, es sostenible y puede ser una solución para la construcción actual, ya que aprovecha materiales locales y naturales, lo que la convierte en una alternativa ecológica frente a la crisis medioambiental. En cuanto a su ejecución, es sencilla y rápida; además, si existen construcciones con este material, es fácil repararlas y se les pueden hacer ajustes.

El bloque de adobillo cumple el rol de relleno de la estructura, brindando el confort térmico y acústico de la edificación; adicionalmente el adobillo, gracias a sus dimensiones y sujeción a la estructura, actúa como arriostramiento de la misma frente a esfuerzos dinámicos. El bloque es confeccionado con tierra del lugar, compuesta por abundante arcilla (20- 30%) arena y paja larga, todo secado naturalmente sin ningún proceso de cocción (Como se citó en Dávila et al. , 2022).

El proceso constructivo del adobillo comienza con la extracción y tamizado de la tierra. Si es necesario, se agrega arena y arcilla para estabilizar la mezcla. Luego, se añade agua hasta obtener una textura plástica y manejable, incorporando paja o fibras vegetales para mejorar su resistencia. A continuación, se realiza el encofrado en el tamaño deseado para rellenar los moldes con la mezcla. Finalmente, los adobillos se dejan secar al sol y se giran periódicamente para garantizar un secado uniforme (Dávila & Contreras, 2022) (ver figura 38).

Figura 38*Proceso constructivo del adobillo*

1. Elaborar un molde de 45 × 15 × 10 cm



2. Realizar una mezcla con dosificación 1:1:1 de fibras vegetales, cal y arena. Hasta obtener una mezcla homogénea



3. Vaciar la mezcla en el molde realizado anteriormente



3. Compactar la mezcla dentro del molde, para posteriormente extraerlo y dejarlo secando al sol

Elaboración propia.

Adecuación – Reforzamiento Estructural

En cuanto a la acción prioritaria de adecuación, se plantean tres reforzamientos que mejorarán la estructura de las viviendas del barrio Aguas Claras, con el objetivo de hacerlas más seguras y garantizar que respondan adecuadamente ante desastres naturales, además de asegurar la protección de la vida de las personas.

El primer reforzamiento que se propone es la implementación de una malla metálica. Entre sus ventajas esta la ligereza, bajo costo y a la facilidad de ejecución, que es crucial dado que el suelo de

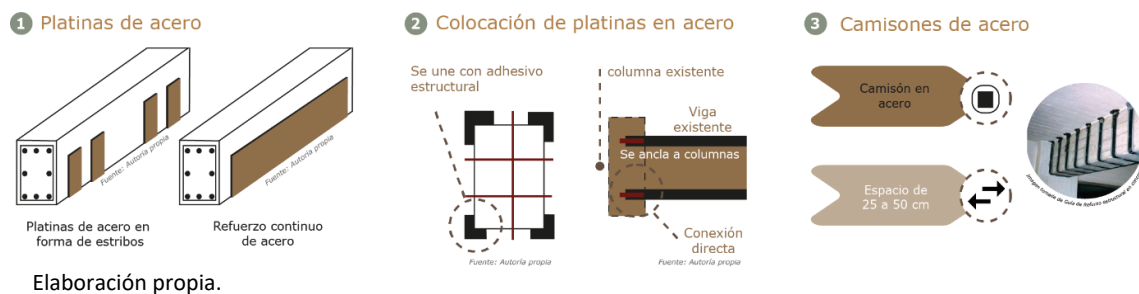
Aguas Claras es inestable, permitiendo así contrarrestar cargas. Además, la malla no requiere de amarras ni uniones complejas, ya que se instala por piezas, lo que simplifica significativamente el proceso de instalación.

Esta malla metálica presenta propiedades mecánicas importantes, ya que trabaja bajo esfuerzos como la tracción y, al ser flexible, puede adaptarse a diferentes formas estructurales si es necesario. Adicionalmente, ofrece una buena resistencia a la corrosión frente a factores ambientales.

Por otro lado, la platina metálica es un elemento de acero que tiene una forma rectangular, que se puede utilizar en la construcción en general y para reparaciones y reforzamientos proporcionando soporte, refuerzo y resistencia. Esta platina tiene una ventaja debido a que es fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar. Las propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, al alargamiento y su soldabilidad es buena. Implementando estos refuerzos en el sistema constructivo de las viviendas que lo necesiten, en caso de que se presente un movimiento tectónico puedan responder de manera segura, protegiendo la vida de las personas (ver figura 39).

Figura 39

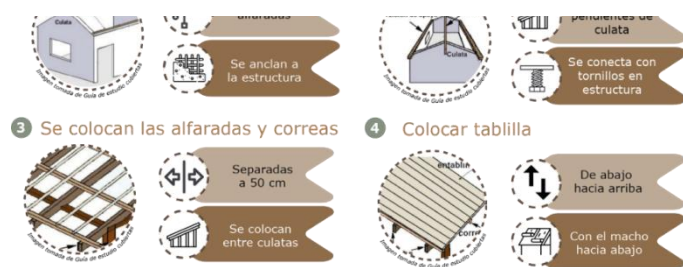
Instalación de platina metálica



Los reticulados en madera para las cubiertas ofrecen varias ventajas, como que es un material con un impacto ecológico de cero, se puede reciclar si es necesario. La madera se caracteriza por ser liviana, lo que es beneficioso para no aumentar el peso de las viviendas de Aguas Claras y en general de cualquier construcción, con el fin de evitar deslizamientos del suelo y garantizar la seguridad de los habitantes (ver figura 40).

Figura 40

Instalación de reticulados de madera



Elaboración propia

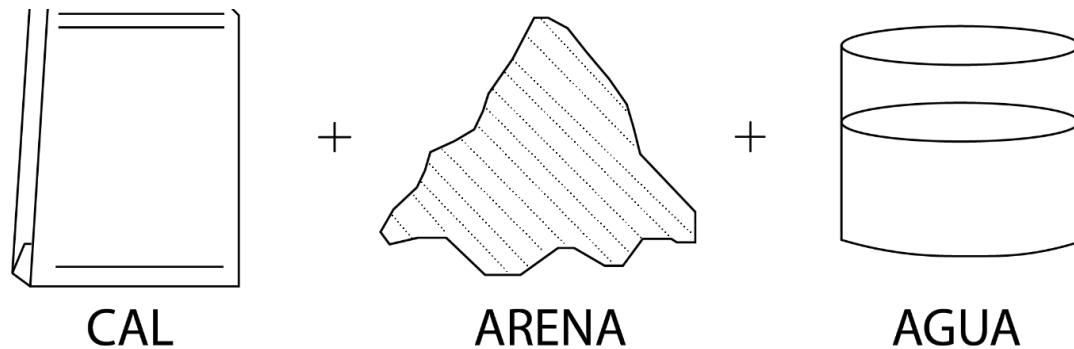
Mejoramiento – Acabados

El proceso del mortero comienza con una dosificación de cal y arena en proporción 1:2, mezclándolas hasta obtener una mezcla homogénea, agregándole agua. Posteriormente, se aplica sobre la pared hasta obtener una superficie uniforme; luego, se esparce la tierra del color deseado sobre la pared con una espátula hasta sellar los poros, con el fin de impermeabilizar y evitar filtraciones. Finalmente, se debe humedecer constantemente la pared.

Para preparar un mortero de cal y arena, se requieren los siguientes materiales: cal, arena limpia y agua. La proporción que se maneja en este caso es una parte de cal por dos de arena, aunque puede variar según las necesidades del proyecto (ver figura 41).

Figura 41

Materiales para la preparación del mortero



Elaboración propia.

El primer paso consiste en tamizar la arena para eliminar cualquier impureza o piedra que pudiera afectar la calidad del mortero. A continuación, se realiza la mezcla en seco de la cal con la arena en un recipiente o en una superficie limpia. Luego se añade agua poco a poco mientras se revuelve la mezcla constantemente hasta alcanzar una consistencia pastosa y manejable. El mortero debe ser lo suficientemente firme para aplicarse sin que presente escurrimientos. Una vez obtenida la consistencia deseada, se deja reposar la mezcla unos minutos antes de utilizarla, lo que permite una mejor integración de los componentes (ver figura 42).

Figura 42

Mortero de cal y arena



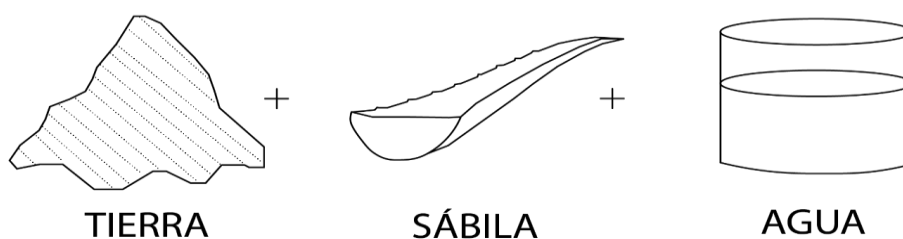
Elaboración propia

Ahora bien, para la preparación de la pintura de tierra, se necesita recolectar tierra, preferiblemente arcillosa y libre de impurezas. El color de la tierra influirá directamente en el tono de la pintura, por lo que se pueden probar diferentes tipos de tierra para obtener diversos resultados. Una vez recolectada, la tierra debe ser tamizada para eliminar piedras, raíces u otros elementos no deseados (ver figura 43)

Como aglutinante se utiliza, en este caso, aloe vera, que ofrece propiedades adhesivas naturales. Para obtenerla, se cortan varias hojas de sábila, se extrae el gel transparente de interior y se licúa para obtener una sustancia más fluida que pueda integrarse fácilmente con la tierra.

Figura 43

Materiales para la preparación de la pintura de tierra



Elaboración propia

En un recipiente grande, se mezcla la tierra tamizada con agua, añadiendo la cantidad justa para obtener una consistencia fluida. Posteriormente, se incorpora el Aloe vera de la sábila licuada a la mezcla, revolviendo bien para que los ingredientes se combinen de manera homogénea. Una vez mezclada y ajustada la consistencia, la pintura está lista para aplicarse (ver figura 44)

Figura 44

Proceso para hacer pintura con tierra



1. Seleccionar la tierra deseada para realizar la pintura



2. Cernir la tierra para limpiar posibles piedras



3. Mezclar la tierra con agua hasta que esté homogénea



4. Posteriormente aplicar la pintura en la superficie deseada

Elaboración propia

Se puede utilizar en paredes exteriores o interiores, dependiendo de la resistencia que se le quiere otorgar (ver figura 45).

Figura 45

Proceso de mortero de cal y arena. Pintura de tierra



1. Se realiza una mezcla de arena y cal con una dosificación 2:1, se mezcla hasta que esté homogénea



2. Posteriormente se aplica la mezcla realizada anteriormente en el mampuesto o la pared.



3. Se aplica el mortero hasta obtener una superficie uniforme, como se observa en la imagen



4. Se esparce la tierra con el color deseado y previamente cernida sobre el mampuesto o la pared.



4. Con una espátula se cierran los poros con el fin de impermeabilizar el mampuesto y culminar el acabado



5. Finalmente se debe humedecer

Elaboración propia.

CAPITULO V. Adaptación de las Viviendas Tipo a las Técnicas en Materiales Sostenibles a Través de una Cartilla

Para el desarrollo de este objetivo, se seleccionaron tres viviendas tipo del barrio, en las cuales se implementará una acción prioritaria de intervención adaptada a las necesidades de cada caso. Este proceso tiene como propósito atender de manera específica las carencias y particularidades de cada vivienda, basándose en un análisis de sus características y condiciones actuales.

La primera etapa del proceso de intervención consiste en identificar las patologías o problemas estructurales de cada vivienda, entendiendo que son aquellos daños, fallos o deficiencias que afectan la habitabilidad y seguridad. Este diagnóstico inicial es esencial, ya que permitirá plantear soluciones efectivas. Las patologías que se identifiquen servirán de guía para implementar el mejoramiento más adecuado, asegurando que la intervención responda a las condiciones particulares de cada vivienda y contribuya a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

El análisis de las deficiencias se documentará mediante fichas patológicas, que contendrá en detalle el estado actual de las construcciones, incluyendo sus componentes estructurales, acabados y condiciones de habitabilidad. Una vez completada esta documentación, se procederá a plantear las intervenciones correspondientes, aplicando soluciones específicas que aborden las necesidades y problemas identificados. Cada una de estas soluciones se plasmará de forma clara en una cartilla, diseñada para proporcionar, tanto a los habitantes como a los constructores, una guía práctica y detallada de para desarrollar el mejoramiento propuesto.

Patologías identificadas en las viviendas tipo

La primera vivienda tipo se encuentra localizada en la calle 13 sur con carrera 24c este y corresponde a una construcción en esquina con dos fachadas visibles. Es de un solo piso y su sistema constructivo es de mampostería confinada, con una modulación irregular. En el análisis realizado mediante las fichas patológicas, se detectaron diversas patologías, principalmente de índole física, mecánica y química (ver figura 46).

Figura 46

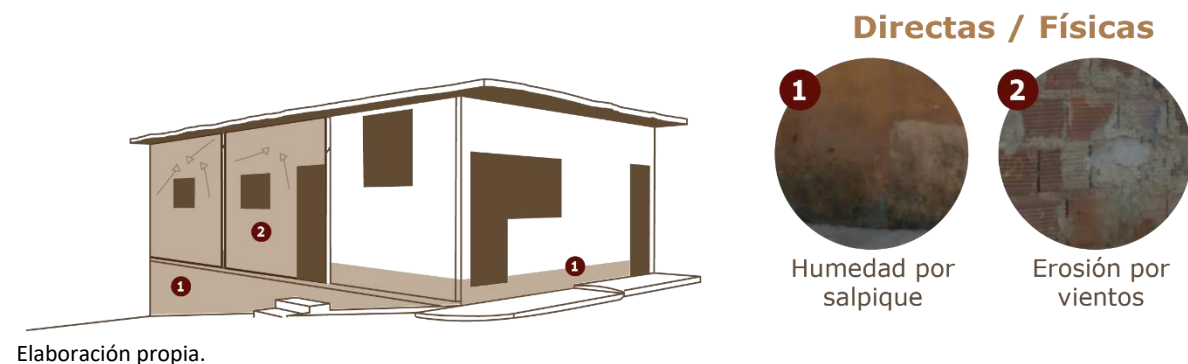
Ubicación Vivienda tipo 1



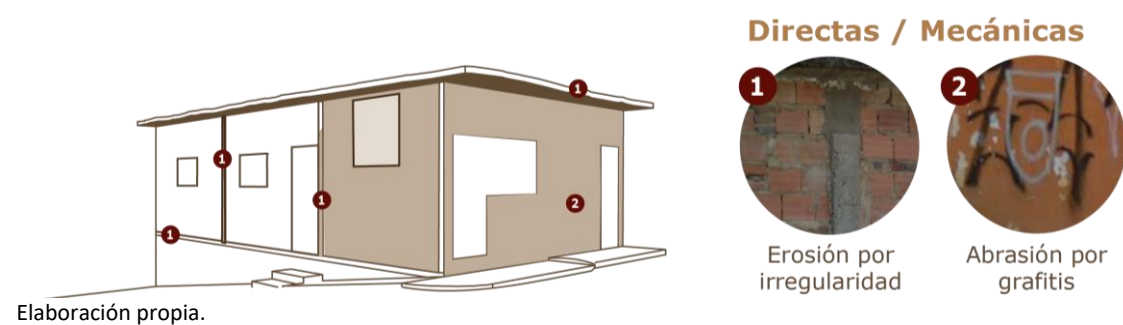
Modificado de Google Maps

La fachada presenta erosiones visibles, una patología recurrente debido a la falta de acabados protectores en muchas de las viviendas del barrio Aguas Claras, lo cual expone al material constructivo a las inclemencias del tiempo, como la lluvia y el viento.

Por otro lado, se identificaron humedades en las paredes exteriores debido a la falta de protección adecuada e impermeabilización, estas humedades representan una amenaza para la durabilidad de los materiales, los cuales pueden repercutir negativamente en la salud y bienestar de los habitantes, creando un ambiente interior propenso a la acumulación de moho (ver figura 47).

Figura 47*Patologías físicas de la vivienda tipo 1*

Además, de las patologías físicas ya mencionadas, esta vivienda presenta patologías mecánicas y químicas, que afectan tanto su estética como su durabilidad. Uno de los problemas observados es la presencia de grafitis en la fachada, que además de alterar el aspecto visual de la vivienda, puede dañar el revestimiento exterior. Los materiales y compuestos químicos de las pinturas de aerosol empleadas en grafitis pueden reaccionar con la superficie de las paredes, degradando su recubrimiento y reduciendo su capacidad de protección contra factores ambientales (ver figura 48).

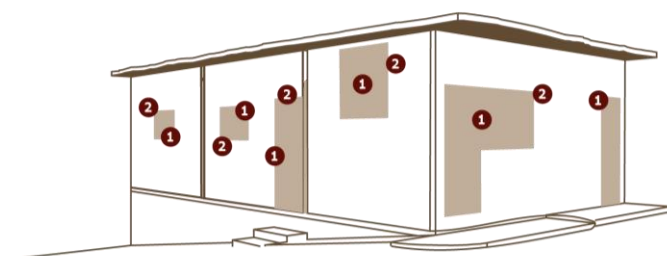
Figura 50*Patologías mecánicas de la vivienda tipo 1*

También se identificó un problema de oxidación en las puertas y ventanas, una patología química que se atribuye en este caso a la exposición constante con la lluvia sin una protección adecuada. Esta oxidación compromete la apariencia de los elementos, debilitando su funcionalidad, haciendo que las estructuras metálicas sean más propensas a romperse o corroerse con el tiempo (ver figura 49).

Elaboración propia.

Figura 53

Patologías químicas de la vivienda tipo 1



Elaboración propia

Directas / Químicas

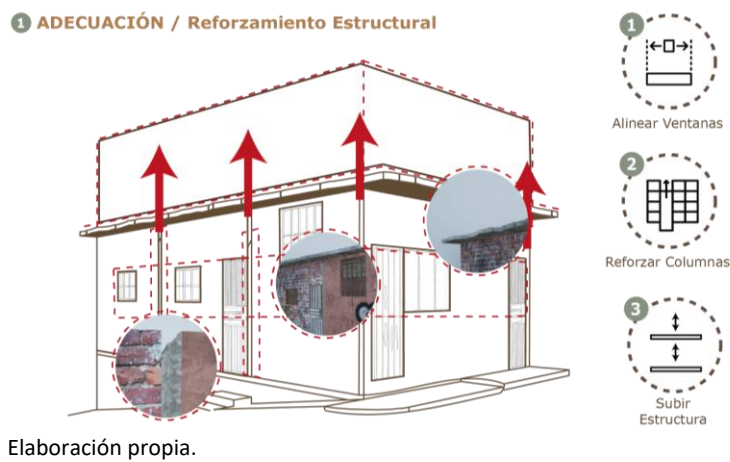


Oxidación por exposición

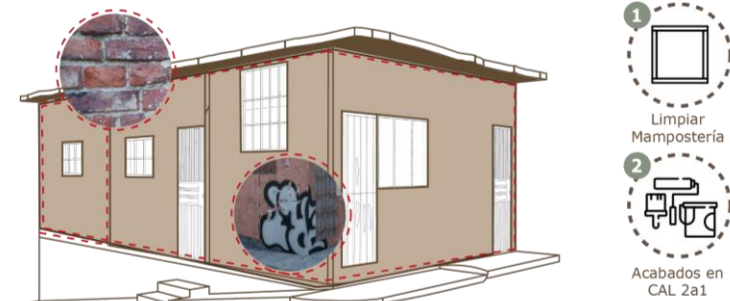


Corrosión por exposición

Para la vivienda tipo 1, y considerando el análisis patológico realizado, se implementarán varias acciones de mejoramiento, empezando por la adecuación y el refuerzo estructural. En primer lugar, se propone alinear las ventanas, se reforzarán las columnas y se añadirá altura a la vivienda. Estas intervenciones están orientadas a optimizar la estabilidad y seguridad de la construcción, adaptándola a sus necesidades específicas (ver figura 50).

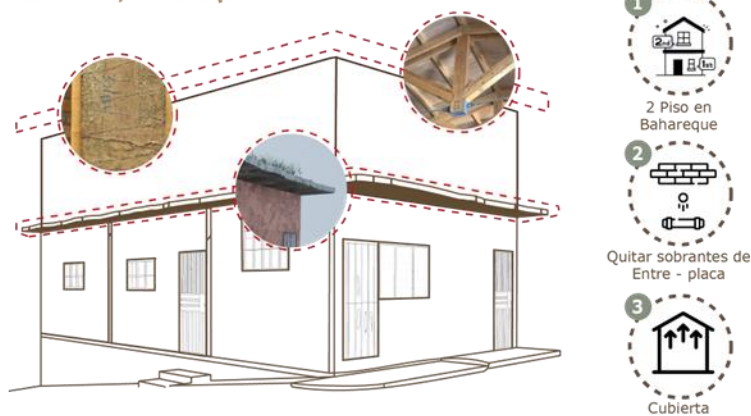
Figura 56*Acción necesaria de adecuación***1 ADECUACIÓN / Reforzamiento Estructural**

Por otro lado, se propone realizar una limpieza en toda la mampostería existente en la edificación. Este proceso permitirá eliminar las impurezas y residuos, de materiales antiguos y agentes contaminantes que puedan haber afectado la durabilidad de los elementos constructivos a lo largo del tiempo. Tras la limpieza, se aplicará una capa de mortero compuesto por una mezcla de cal y arena en una proporción 2:1, lo cual contribuirá a la consolidación de la estructura, mejorando la cohesión y estabilidad de los muros. Una vez concluido el fraguado de este mortero, se procederá a aplicar una pintura a base de tierra, la cual añadirá un valor estético acorde con el entorno natural, que también ofrecerá impermeabilización (ver figura 51).

Figura 59*Acción necesaria de mejoramiento***2 MEJORAMIENTO / Limpieza y Acabados**

Elaboración propia.

Además, se propone realizar una ampliación que consistirá en la construcción de un segundo piso, empleando para ello el sistema constructivo tradicional de bahareque (ver figura 52).

Figura 62*Acción necesaria de ampliación***3 AMPLIACIÓN / Bahareque**

Elaboración propia

Como primer paso, se retirarán todos los sobrantes de placa de entrepiso, asegurando así una superficie limpia y libre de elementos que puedan interferir con la nueva estructura. Para la cubierta, se implementará una estructura de reticulado de madera, debido a su ligereza y su capacidad de adaptarse a los requerimientos de diseño. Este tipo de estructura reduce la carga en el conjunto de la edificación, además es una opción sostenible (ver figura 53).

Figura 65*Técnicas aplicadas a la vivienda tipo 1*

Elaboración propia.

La segunda vivienda tipo, se encuentra localizada en la calle 13 sur con carrera 23 A este y corresponde a una construcción en esquina, con dos fachadas visibles. Es de un solo piso y su sistema constructivo es de mampostería confinada, con una modulación irregular, además cuenta con una ventilación deficiente por cómo se observa en las imágenes. En el análisis realizado mediante las fichas patológicas, se detectaron diversas patologías, principalmente de índole física, mecánica y química (ver figura 54).

Figura 68*Ubicación de la vivienda tipo 2*

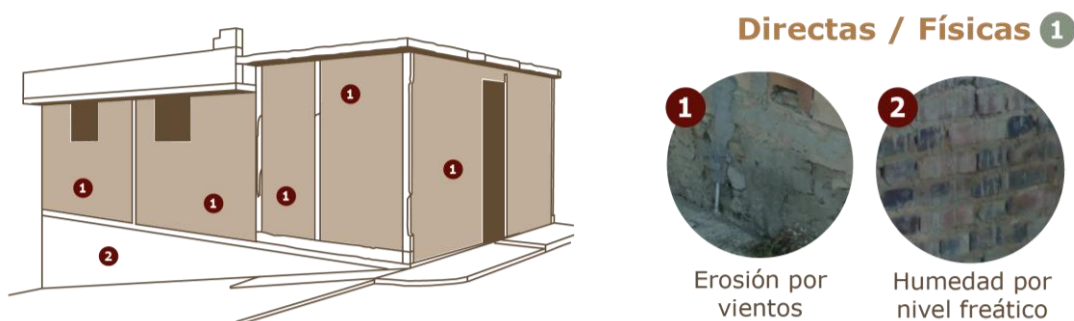
Modificado de Google Maps

En primer lugar, se evidencia una erosión notable en la mampostería, atribuida principalmente a la ausencia de revestimiento protector. La exposición de la mampostería a las condiciones ambientales ha propiciado un desgaste, especialmente debido a la acción del viento, lo cual compromete la resistencia de los materiales y puede, a largo plazo, afectar la estabilidad estructural de la vivienda.

Además, se observó un problema de humedad en las paredes exteriores, que se asocia con la presencia de un nivel freático elevado. Esto sugiere deficiencias en la impermeabilización de los muros, un aspecto que, de no ser tratado adecuadamente, continuará afectando negativamente la construcción y la calidad de vida de sus habitantes, incrementando riesgos de aparición de hongos y eflorescencias (ver figura 55).

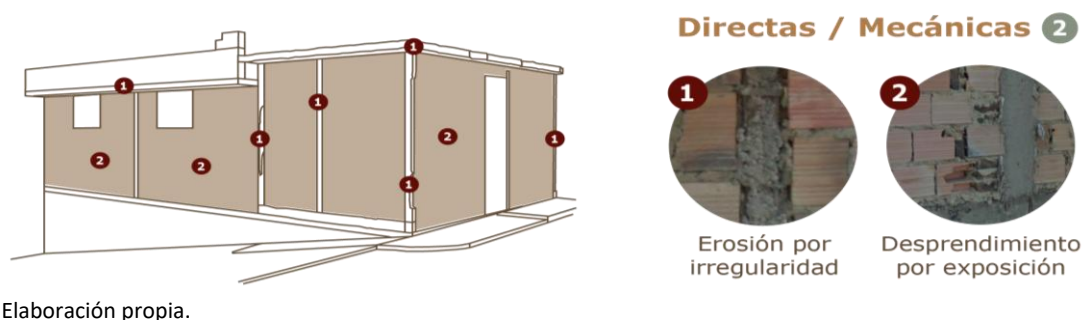
Figura 71

Patologías físicas de la vivienda tipo 2



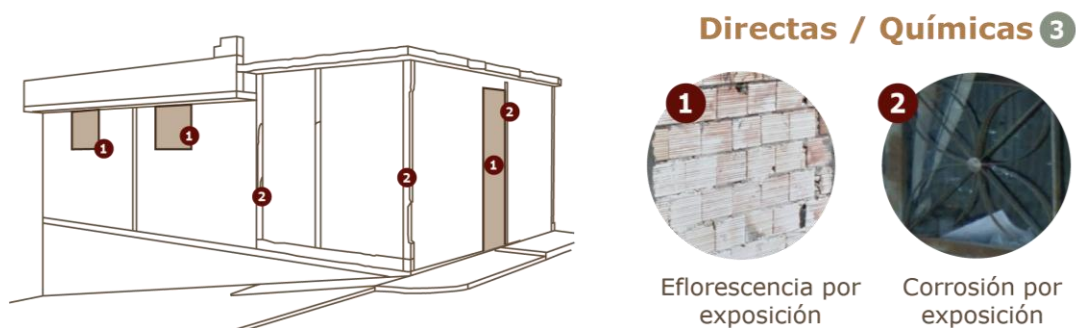
Elaboración propia.

Por otro lado, en cuanto a las patologías tipo mecánico, se observan signos de erosión en los muros por la irregularidad en la construcción y el desgaste de los materiales. La exposición constante a factores bioclimáticos como las lluvias y los vientos ha producido también el desprendimiento de partes de la mampostería en algunas secciones de las paredes. Esta situación, además de afectar estéticamente la vivienda, compromete la resistencia de los muros y, en consecuencia, la seguridad y bienestar de los ocupantes (ver figura 56).

Figura 74*Patologías mecánicas de la vivienda tipo 2*

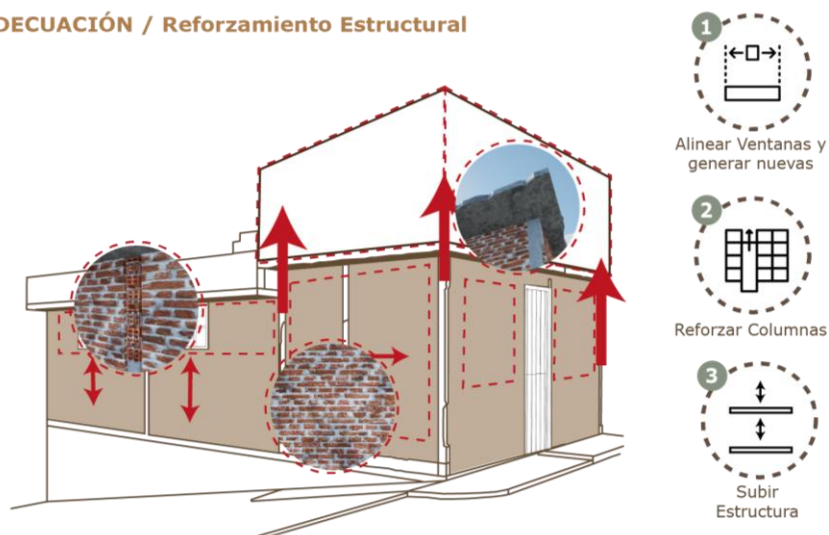
Las patologías químicas que se pueden evidenciar en esta vivienda tipo, son variadas y han surgido como resultado de la falta de un revestimiento adecuado que proteja tanto la mampostería como la estructura en su conjunto. Una de las patologías más visibles es la presencia de eflorescencias en diversos puntos de los muros. Esta manifestación se debe a la migración de sales solubles presentes en los materiales de construcción, que aparecen en la superficie en forma de manchas blancas cuando el agua se evapora.

Además de este fenómeno, otro problema importante que afecta a los elementos metálicos de la vivienda, en particular las ventanas y puertas de aluminio, es la corrosión; la exposición directa a la intemperie, junto con la humedad y los agentes contaminantes presentes en el ambiente, han provocado que las ventanas comiencen a mostrar signos de oxidación y desgaste. Esta corrosión afecta la estética y funcionalidad de las ventanas, comprometiendo su resistencia, incrementando la probabilidad de fallos estructurales en el futuro si no se toman medidas de protección adecuadas (ver figura 57).

Figura 77*Patologías químicas de la vivienda tipo 2*

Elaboración propia.

Para esta vivienda tipo, se propone la acción de adecuación mediante el reforzamiento estructural. Para ello, es importante alinear las ventanas y añadir nuevas, con el fin de garantizar una buena ventilación y no afectar la salud de los ocupantes de la vivienda. Además, el reforzamiento de las columnas es fundamental para asegurar que la estructura responda de manera positiva y segura ante eventos sísmicos. También se plantea añadir un piso más para darle altura a la edificación (ver figura 58).

Figura 80*Acción necesaria de adecuación***1 ADECUACIÓN / Reforzamiento Estructural**

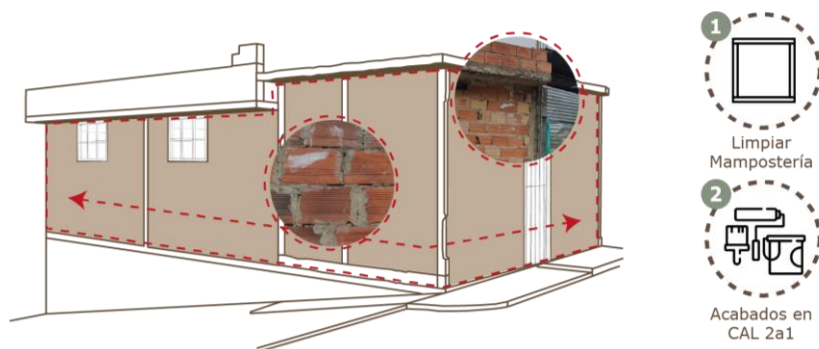
Elaboración propia.

Por otro lado, se propone para esta vivienda tipo, realizar limpieza de la mampostería debido a que no cuenta con revestimientos, lo que puede generar patologías como humedades o eflorescencias, afectando la habitabilidad de los ocupantes y la estructura misma de la vivienda. Posteriormente, se propone aplicar acabados de cal y arena con una dosificación 2:1 con el fin de proteger las paredes e impermeabilizarlas contra lluvias y vientos, evitando erosiones futuras (ver figura 59).

Figura 83

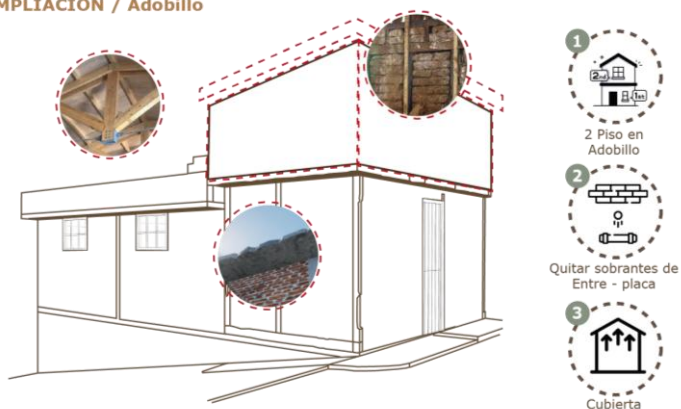
Acción necesaria de mejoramiento

2 MEJORAMIENTO / Limpieza y Acabados



Elaboración propia.

Para la acción de ampliación de esta vivienda, se propone utilizar la técnica constructiva del adobillo, ya que esta opción presenta múltiples ventajas tanto ambientales como económicas. Al emplear el uso de materiales naturales y de bajo impacto, se traduce en una opción accesible económicamente. Esto además ayuda a satisfacer de manera adecuada las necesidades habitacionales de los ocupantes (ver figura 60).

Figura 86*Acción necesaria ampliación***3 AMPLIACIÓN / Adobillo**

Elaboración propia.

Para llevar a cabo esta ampliación de manera efectiva, en primer lugar se recomienda retirar el material sobrante de la placa de entrepiso existente. Este paso es importante para preparar la estructura y permitir la construcción del segundo piso, que aportará espacio adicional sin comprometer la integridad estructural del inmueble. Asimismo, se propone para la cubierta una estructura reticulada de madera. Esta solución aporta ligereza a la construcción general, reduciendo así las cargas sobre la estructura (ver figura 61).

Figura 89*Mejoramiento aplicado a la vivienda tipo 2*

Elaboración propia.

La tercera vivienda tipo se encuentra localizada en la calle 12 A sur con carrera 24C este. corresponde a una construcción en esquina, con dos fachadas visibles. Es de dos pisos y su sistema

constructivo es de mampostería reforzada. En el análisis realizado mediante las fichas patológicas, se detectaron diversas patologías, principalmente de carácter físico, mecánico y químico (ver figura 62).

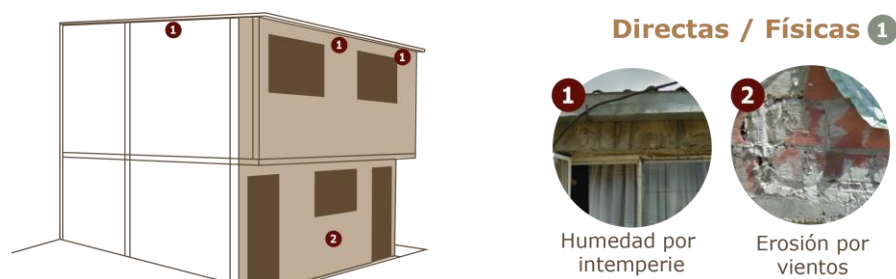
Figura 92

Ubicación vivienda tipo 3



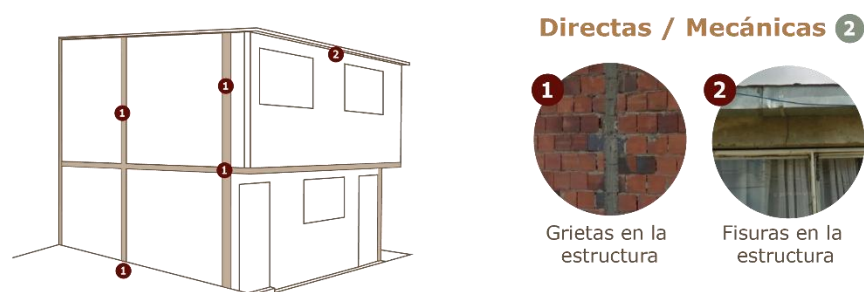
Modificado de Google Maps

En el análisis patológico realizado, se identificaron varias patologías físicas en la edificación. En primer lugar, se detectó humedad en la fachada frontal, ocasionada principalmente por la falta de un sistema adecuado de canalización para el agua lluvia, lo cual ha impactado de forma negativa en la integridad de la fachada. Cabe señalar que esta vivienda no cuenta con acabados que actúen como impermeabilizantes, lo que aumenta la exposición a la humedad. Adicionalmente, se observaron erosiones en las paredes exteriores, atribuibles a la misma causa: la ausencia de una capa protectora que ofrezca resistencia frente a factores bioclimáticos, como el viento. Esta carencia de protección externa hace que la estructura sea más vulnerable a los agentes climáticos, comprometiendo su durabilidad (ver figura 63).

Figura 95*Patologías físicas de la vivienda tipo 3*

Modificado de Google Maps

Esta vivienda presenta diversas patologías mecánicas en las columnas que afectan su estabilidad estructural. A través del análisis realizado, se evidenciaron grietas y fisuras que se extienden a lo largo de la estructura, lo cual indica posibles problemas relacionados con la resistencia de los materiales o cargas. Estas fisuras comprometen la integridad de las columnas, agravando otros problemas estructurales. La presencia de estas grietas sugiere la necesidad de realizar una intervención que incluya tanto una reparación estructural como un refuerzo, para asegurar la estabilidad y prolongar la vida útil de la construcción (ver figura 64).

Figura 98*Patologías mecánicas de la vivienda tipo 3*

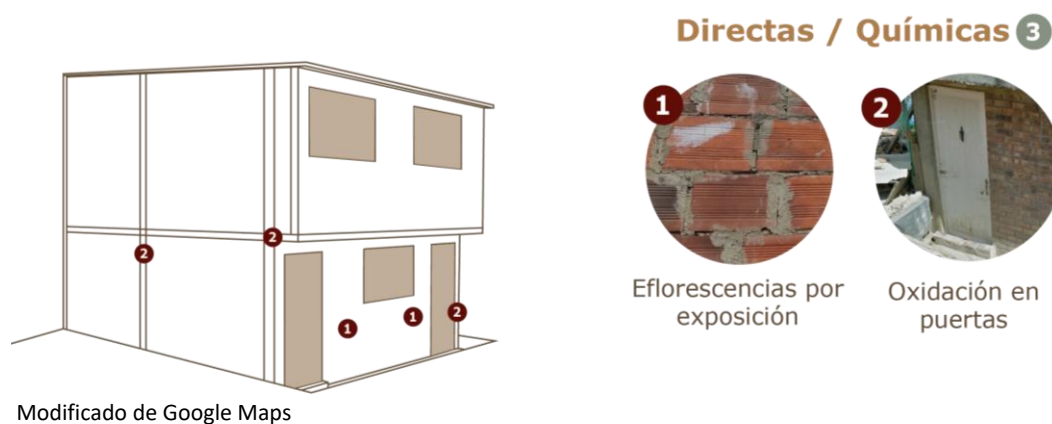
Modificado de Google Maps

Esta vivienda, al no contar con acabados exteriores que la protejan de los factores bioclimáticos como la lluvia y el viento, ha desarrollado diversas patologías químicas en sus fachadas. Entre los problemas identificados se encuentran las eflorescencias, causadas por la acumulación de sales en la

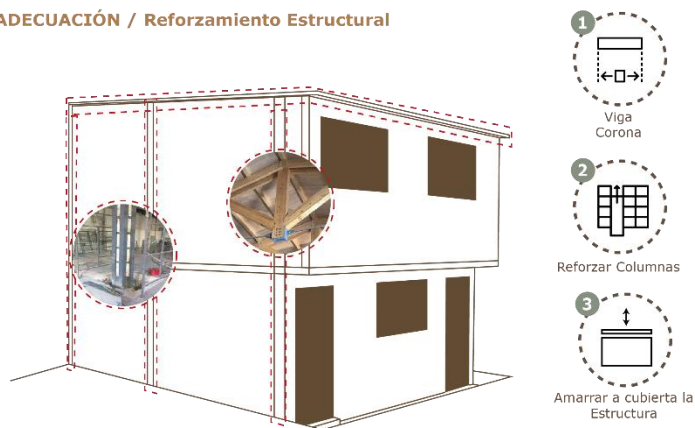
superficie, las cuales que pueden afectar la integridad de toda la edificación si no se tratan de manera adecuada. Por otro lado, la falta de aleros para desviar el agua de lluvia ha dejado expuestos elementos como puertas y ventanas, que están fabricados con aluminio. Al estar en contacto constante con el agua, estos elementos presentan patologías de oxidación, lo cual compromete su apariencia, reduciendo su durabilidad y funcionamiento (ver figura 65).

Figura 101

Patologías químicas de la vivienda tipo 3

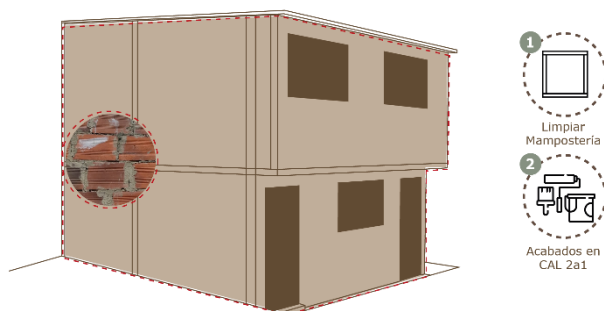


Para mejorar la seguridad y estabilidad de esta vivienda, es esencial implementar la acción prioritaria de adecuación mediante el refuerzo estructural. Se propone, en primer lugar, la instalación de una viga corona, con el objetivo de crear una base sólida y estable para la cubierta, garantizando así la seguridad de los ocupantes al protegerlos contra factores climáticos externos. Esta viga también permitirá amarrar la cubierta a la estructura de la vivienda, evitando desplazamientos o daños en condiciones de viento fuerte o lluvias intensas. Además, se considera fundamental reforzar las columnas, empleando platinas metálicas para mejorar su capacidad de carga (ver figura 66).

Figura 104*Acción de adecuación***1 ADECUACIÓN / Reforzamiento Estructural**

Modificado de Google Maps

Para llevar a cabo la acción de mejoramiento de esta vivienda, es fundamental iniciar con una limpieza de la mampostería, retirando todas las impurezas, polvo y resto de materiales que se puedan haber acumulado en la superficie. Este primer paso es importante para asegurar que las capas de revestimiento posteriores se adhieran correctamente y proporcionen la protección deseada (ver figura 67).

Figura 107*Acción de mejoramiento***2 MEJORAMIENTO / Limpieza y Acabados**

Modificado de Google Maps

Tras la limpieza, se recomienda aplicar una capa de mortero de cal y arena, con una dosificación 2:1, lo que permite obtener una mezcla óptima para formar una revestimiento protector e impermeabilizante. Esta capa protegerá la mampostería contra la humedad y otros factores ambientales, contribuyendo a mejorar la durabilidad de la estructura al minimizar el impacto de agentes climáticos, como la lluvia y el viento. Además, el mortero de cal favorece a la transpiración de los muros, evitando problemas de humedad interna que podrían deteriorar la estructura a largo plazo (ver figura 68).

Figura 110

Mejoramiento aplicado a la vivienda tipo 3



Elaboración propia.

Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión, esta investigación ha permitido abordar las falencias de habitabilidad y sostenibilidad de las viviendas en el barrio Aguas Claras, mediante la adaptación de técnicas en materiales sostenibles, documentadas y desarrolladas en una cartilla práctica. Al analizar las patologías presentes en las construcciones, se identificaron intervenciones clave para mejorar la durabilidad y seguridad estructural de las viviendas, así como la calidad de vida de sus habitantes.

La implementación de materiales y técnicas sostenibles, demostraron ser una opción viable tanto económica como ambiental. Estos materiales contribuyen a reducir el deterioro por factores climáticos, aportando a una mayor eficiencia en el uso de recursos naturales, alineándose con los principios de sostenibilidad y adaptación a las condiciones locales

El enfoque de intervención a través de la cartilla proporciona a los habitantes una guía para el mantenimiento y mejoramiento de sus viviendas. Este formato favorece a la apropiación de prácticas sostenibles y mejora las viviendas ante factores ambientales, asegurando que las soluciones planteadas sean efectivas a largo plazo.

Finalmente, esta investigación destaca la importancia de seguir explorando materiales y técnicas sostenibles adaptadas a las condiciones particulares de cada zona.

Se recomienda que futuras investigaciones evalúen el impacto a largo plazo de estas intervenciones y desarrollen metodologías similares para otras áreas urbanas en situación de vulnerabilidad, contribuyendo así al avance de la arquitectura sostenible, igualmente fortalecer la capacitación de los habitantes en técnicas de construcción sostenible, para garantizar la correcta implementación de las intervenciones, asegurando que las soluciones propuestas sean adoptadas correctamente; al capacitar a la comunidad con estos conocimientos, se fomenta la autonomía en el mantenimiento de sus viviendas.

En cuanto a la construcción, se recomienda promover la autoconstrucción segura, brindando a los habitantes las herramientas necesarias para realizar mejoras adicionales por sí mismos. Proveer manuales, tutoriales y asistencia técnica facilitará que los habitantes participen en la mejora de sus hogares, fortaleciendo el sentido de pertenencia y responsabilidad hacia sus viviendas.

Es esencial incluir sistemas de protección contra el clima en las viviendas, como aleros y drenajes adecuados y desarrollar cartillas adicionales para abordar otras patologías específicas. Finalmente se debe involucrar activamente a la comunidad en todas las fases del proyecto, lo que garantizará una mayor efectividad y compromiso en el mantenimiento de las viviendas.

Referencias

- Acuerdo 119/04, junio 3, 2004. Consejo de Bogotá D.C. (Colombia). Obtenido el 17 de noviembre de 2024. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13607>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*.
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- AYMA Arquitectura y Medio Ambiente Ltda. (2019, 8 de mayo). Panal, condominio regenerativo sustentable. Archdaily . <https://www.archdaily.cl/cl/1000493/panal-condominio-regenerativo-sustentable-ayma-arquitectura-y-medio-ambiente-ltda>
- Bazzani, N. (2020). *Historia de los barrios* – Fundación Cerros de Bogotá.
<https://cerrosdebogota.org/index.php/historia-de-los-barrios/>
- Berenguer, M., Guardino, X., Hernández, A., Martí, M., Nogareda, C., & Solé, D. (s.f.). *El síndrome del edificio enfermo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo.
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/el+sindrome+del+edificio+enfermo/bc268bbc-7dd5-4036-83ed-762a1c9e7ea6>
- Catalán, R. (2018). *Construcción con tierra: reinterpretación de una tradición* [Trabajo de fin de grado]. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/51489/1/TFG_Catalan_Diez_Raquel.pdf
- Consejos Locales de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [CLGR-CC]. (2017). Localidad de San Cristóbal. <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/221366/IDENTIFICACI%2B%C3%B4N+Y+PRIORIZACI%2B%C3%B4N+DE+ESCENARIOS+DE+RIESGO.pdf/78288b58-4bea-4484-b46e-eaf2cbbb9d7c>
- Constitución política de Colombia [Const. P.] (1991). Colombia. Obtenido el 27 de octubre de 2024. <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-2/articulo-51>
- Corradine, A. (1998). *Introducción a la patología de edificios*. ICOMOS de Colombia.

- Correia, M. (2007). *Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra*. Apuntes vol. (20), 202 - 219. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8977/7276>
- Cubilla, J. (2023, 27 de febrero). Vivienda Mirikina. Archdaily. <https://www.archdaily.co/co/997038/vivienda-mirikina-jose-cubilla>
- Dávila, V., & Contreras, J. (2022). *El adobillo cultura constructiva de Valparaíso*. Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio de Chile. <https://eladobillo.com/wp-content/uploads/2022/08/El-adobillo-cultura-constructiva-de-Valparai%CC%81so-1.pdf>
- Decreto 469/03, diciembre 23, 2003. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (Colombia). Obtenido el 17 de noviembre de 2024. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=10998>
- EADIC. (2013). Tema 3. Arquitectura bioclimática. <https://eadic.com/wp-content/uploads/2013/09/Tema-3-Confort-Ambiental.pdf>
- Econova, Institute of architecture and engineering. (2022). Gernot Minke. <https://econova-institute.com/gernot-minke/>
- Econova, Institute of architecture and engineering. (2022). La arquitectura vernácula: recurrir a los orígenes para una construcción más sostenible. <https://econova-institute.com/arquitectura-vernacula/>
- Estudio de Arquitectura y Planificación Kaiser. (2020, 10 de julio). Casa experimental de Tapial. Archdaily. <https://www.archdaily.co/co/943431/casa-experimental-de-tapial-estudio-de-arquitectura-y-planificacion-kaiser>
- Flórez, M. J. (2012). *Posibilidades de Gestión de Ciudad en Zonas de Ladera*. Editorial Académica Española.
- García, M., & Benedetti, S. (2021) *La madera como material para la construcción: mitos, realidades y oportunidades*. Instituto Forestal.

<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31358/31358.pdf?sequence=1&isAllowe>

Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra* [Tesis de maestría]. Universidad Politécnica de Catalunya.
<https://core.ac.uk/download/pdf/41807254.pdf>

Google Arts & Culture, (s.f.). La mezquita de Komoguel en Mopti.
<https://artsandculture.google.com/story/dgWxrqhDMt5JyA?hl=es>

Hernández, C. (2010). Un Vitruvio ecológico: principios y prácticas del proyecto arquitectónico (CSCAE, Ed.).

Huellas de Arquitectura (2014, 04 de agosto). La vivienda del japon del minka al sukiya. *Huellas de arquitectura*. <https://huellasdearquitectura.com/2014/08/04/la-vivienda-del-japon-del-minka-al-sukiya/>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER). (2017). *Identificación y priorización de escenarios de riesgo*.
<https://www.idiger.gov.co/documents/220605/221366/IDENTIFICACI%2B%C3%B4N+Y+PRIORIZACI%2B%C3%B4N+DE+ESCENARIOS+DE+RIESGO.pdf/78288b58-4bea-4484-b46e-eaf2cbbb9d7c>

JIMÉNEZ, W. G. (2013). Hábitat y vulnerabilidad, reflexiones desde lo conceptual. *Revista Luna Azul*, (37), 196-218. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000200013&lng=en&tlng=es.

Kaiser Arquitectos (2020, 19 de junio). Vivienda T, casa experimental de tapial. ARQA.
<https://arqa.com/arquitectura/vivienda-t-casa-experimental-de-tapial.html>

Laffarga-Osteret, J., & Olivares, S. (1997) Reseña histórica de los materiales de construcción. *Revista de Edificación*, 24(1), 81-99. <https://doi.org/10.15581/020.24.34902>

Ley 388/97, julio 18, 1997. Diario oficial. [D.O.]: 43.091 (Colombia). Obtenido el 17 de noviembre de

2024. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>

Ley 99/93, diciembre 22, 1993. Diario oficial. [D.O.]: 41146 (Colombia). Obtenido el 17 de noviembre de

2024. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Middle East Monitor (2021, febrero 7). *Discover the great mosque of djenné, Mali [Video]*. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=v0FSyZRGR7I>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (s.f.). Formulario único nacional.

https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/consultasp/Formulario%20%C3%BAnico%20nacional_8.pdf

Minke, G. (2001). *Manual de construcción en tierra*. Gustavo Gili.

Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra*. Editorial fin del siglo.

Molina, D., & Becerra, J. (2020). *La tierra como material de construcción, propiedades y estabilizantes*

[Tesis de especialización]. Universidad Santo Tomás.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30482/2020dayanamolina.pdf>

Nica, A. (2023). *Climatología y arquitectura vernácula africana* [Tesis de fin de grado]. Universidad

Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/75999/1/TFG_Jul23_Nica_Nica_Andrei.pdf

Paisajismo Digital. (2018, julio). Gernot Minke, el padre de la arquitectura sustentable.

<https://paisajismodigital.com/blog/gernot-minke-y-la-arquitectura-sustentable/>

Panamerican Health Organization - PAHO, (2022). *Directrices de la OMS sobre vivienda y salud*.

<https://doi.org/10.37774/9789275325674>.

Resolución 1078/15, junio 4, 2015. Unidad administrativa Especial de Catastro Distrital. (Colombia).

Obtenido el 17 de noviembre de 2024.

<https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/normas/INFORME%20TECNICO%20AGUAS%20CLARAS.pdf>

Resolución 1567/15, diciembre 18, 2015. Unidad administrativa Especial de Catastro Distrital.

(Colombia). Obtenido el 17 de noviembre de 2024.

<https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/normas/INFORME%20TECNICO%20AGUAS%20CLARAS.pdf>

Rivera, Y., (2018, 1 de mayo). Bahareque, una técnica constructiva sismoresistente en Colombia.

ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/892994/bahareque-una-tecnica-constructiva-sismoresistente-en-colombia/>

Rotondaro, R. (2006) *Construcción con tierra* /2. Centro de Investigación Hábitat y Energía & Instituto de

Arte Americano. <https://centrocidart.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/10/construccic3b3n-con-tierra-2-fadu-uba-2006.pdf>

Santamaría-Macho, C., (mayo de 2019). El bello desorden. De la armonía vitruviana al descubrimiento de

lo caótico como fuente de la estética arquitectónica. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/333280903_El_bello_desorden_De_la_armonia_vitruviana_al_descubrimiento_de_lo_caotico_como_fuente_de_la_estetica_arquitectonica

Verouden, A. (2023, 17 de marzo). Junta de mortaja y espiga: una técnica esencial para trabajar la

madera. Design59. https://www.design59furniture.com/es/blogs/joinery-terms/mortise-and-tenon-joint?srsId=AfmBOoo7K2sb8cLibPYR-8fS74Rv9VPuH-7STzw-zCdy_ruy_KvbiG26