

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>08-07-2021</b>	<b>B</b>
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>1(1)</b>		

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Angie Lorena Gaona Acuña Sirley Daniela Gaona Flórez		
<b>FACULTAD</b>	Ingenierías		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Ingeniería civil		
<b>DIRECTOR</b>	PhD. Jaime Alexis García Guzmán		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Creación de una guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para las construcciones en tapia pisada en el centro histórico del municipio de Ocaña de Norte de Santander.		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Creation of a maintenance guide, both preventive and corrective, for rammed earth constructions in the historic center of the municipality of Ocaña from Norte of Santander.		
<b>RESUMEN</b>			
<p>Este proyecto consiste en la elaboración de una guía de mantenimiento de edificaciones de tapial mediante un estudio estadístico del centro histórico del municipio de Ocaña y análisis de datos con la ayuda del sistema de georreferenciación: ArcGIS, para identificar las patologías más comunes y así finalmente, desarrollar un manual básico de mantenimiento preventivo y correctivo para las patologías identificadas en el área evaluada.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>This project consists of the elaboration of a maintenance guide for rammed earth buildings through a statistical study of the historic center of the municipality of Ocaña and data analysis with the help of the georeferencing system: ArcGIS, to identify the most common pathologies and thus finally, develop a basic preventive and corrective maintenance manual for the pathologies identified in the evaluated area.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Tapia Pisada; Patologías; Mantenimiento Preventivo; Mantenimiento Correctivo; Patrimonio Histórico.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Rammed earth; Pathologies; Preventive Maintenance; Corrective maintenance; historical heritage.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 117	PLANOS:0	FIGURAS: 48	CD-ROM:0



**Creación de una guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para las construcciones en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña de Norte de Santander.**

**Angie Lorena Gaona Acuña y Sirley Daniela Gaona Flórez**

**Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander**

**Ingeniería Civil**

**Director**

**PhD. Jaime Alexis García Guzmán**

**2022**

## Tabla de contenido

<b>Creación de una guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para las construcciones en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña de Norte de Santander.....</b>	<b>10</b>
Capítulo 1. Planteamiento del problema.....	10
1.2.    Formulación del problema.....	14
1.3.    Objetivos.....	14
1.3.1.    Objetivo general.....	14
1.3.2.    Objetivos específicos.....	15
1.4.    Justificación.....	15
1.5.    Delimitaciones.....	17
1.5.1.    Delimitación operativa.....	17
1.5.2.    Delimitación conceptual.....	17
1.5.3.    Delimitación geográfica.....	18
1.5.4.    Delimitación temporal.....	18
<b>Capítulo 2. Marco referencial.....</b>	<b>19</b>
2.1.    Marco histórico.....	19
2.1.1.    A nivel mundial.....	19
2.1.2.    A nivel nacional.....	22
2.1.3.    A nivel regional.....	24
2.2.    Marco contextual.....	25
2.3.    Marco conceptual.....	28
2.3.1.    Patrimonio cultural.....	28
2.3.2.    Mantenimiento de viviendas.....	28
2.3.3.    Construcciones arquitectónicas en tierra cruda.....	30
<b>2.3.3.1.    Clasificación de los sistemas constructivos en tierra cruda.....</b>	<b>30</b>
2.3.4.    Tapia pisada.....	33
<b>2.3.4.1.    Proceso constructivo de la tapia pisada.....</b>	<b>33</b>
2.3.5.    Patologías comunes en la tapia pisada.....	42

2.3.5.1. <i>Humedad</i> .....	44
2.3.5.2. <i>Agentes bióticos</i> .....	45
2.3.5.3. <i>Asentamientos y deformaciones</i> .....	49
2.3.5.4. <i>Fisuras o grietas</i> .....	51
2.3.5.5. <i>Desvinculación de piezas</i> .....	62
2.4. Marco teórico.....	64
2.5. Marco legal .....	66
<b>Capítulo 3. Diseño metodológico</b> .....	69
3.1. Tipo de investigación .....	69
3.2. Población y muestra.....	69
3.2.1. Población.....	69
3.2.2. Muestra.....	70
3.3. Diseño de instrumentos de recolección de información y técnicas de análisis de datos.....	75
3.4. Análisis de la información.....	77
<b>Capítulo 4. Resultados</b> .....	80
4.1. Caracterización de los daños identificados en las construcciones de tapia pisada del Centro Histórico del Municipio de Ocaña.....	80
4.2. Geo-referenciación de las patologías identificadas en el Centro Histórico del Municipio de Ocaña.	83
<b>Capítulo 5. Guía de mantenimiento preventivo y correctivo para las construcciones de tapia pisada del Centro Histórico del Municipio de Ocaña.</b> .....	101
<b>Capítulo 6. Conclusiones</b> .....	104
<b>Referencias</b> .....	107
<b>Apéndices</b> .....	113
A. Formato de encuestas.....	113
B. Permiso del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre del municipio de Ocaña ..	114
C. Base de datos en ArcGIS .....	115
D. Guía básica de mantenimiento preventivo y correctivo de tapia pisada. ....	116



## Lista de figuras

Figura 1. Esquema de localización y geo-referenciación del municipio de ocaña. ....	26
Figura 2. Mapa del municipio de ocaña y polígono donde se desarrollará esta investigación. ....	27
Figura 3. Proceso constructivo de la tapia, detalles de cimentación. ....	34
Figura 4. Proceso constructivo de la tapia, sobrecimiento. ....	35
Figura 5. Proceso constructivo de la tapia. ....	36
Figura 6. Proceso constructivo de la tapia. ....	37
Figura 7. Piso en una base de ladrillo. ....	38
Figura 8. Piso con estructura de madera. ....	38
Figura 9. Piso en base de roca. ....	39
Figura 10. Tipos de vanos para puerta. ....	40
Figura 11. Detalle constructivo de puertas. ....	40
Figura 12. Proceso constructivo de la tapia, detalles de cubierta. ....	41
Figura 13. Proceso constructivo de la tapia, detalles de entechado. ....	42
Figura 14. Daños por humedad. ....	45
Figura 15. Presencia de vegetación en la edificación de tapia pisada. ....	46
Figura 16. Presencia de hongos xilófagos en la madera de la cubierta. ....	47
Figura 17. Daño en la madera por la presencia de insectos xilófagos. ....	48
Figura 18. Tipos de asentamientos. ....	50
Figura 19. Ejemplo de grieta horizontal en la parte inferior del muro. ....	51
Figura 20. Grieta o fisura en la parte inferior de la ventana. ....	52
Figura 21. Agrietamiento masivo del revestimiento del muro. ....	53
Figura 22. Ejemplo de fisura o grieta en muro. ....	54
Figura 23. Fisura o grieta vertical en encuentro de muro. ....	55
Figura 24. Grieta o fisura en esquina de muros. ....	56
Figura 25. Grietas o fisuras en las esquinas de muros en forma de "x". ....	57
Figura 26. Fisura o grieta a partir del vano de puerta o ventana. ....	57
Figura 27. Agrietamiento de dintel. ....	58
Figura 28. Fisura o grieta horizontal en parte superior del muro. ....	59
Figura 29. Grieta en la parte superior del muro a partir de los anclajes de la cubierta. ....	60
Figura 30. Fisura o grieta horizontal en la base del antetecho o cornisa. ....	60
Figura 31. Grietas en el tímpano. ....	61
Figura 32. Desvinculación entre la estructura del marco de madera y el elemento abatible. ....	62
Figura 33. Desvinculación de piezas de la cubierta. ....	63
Figura 34. División en sectores para la selección de la muestra. ....	70
Figura 35. Fisura en sentido vertical en esquina del muro. ....	84
Figura 36. Fisura en revoque o estuco. ....	85
Figura 37. Hongos xilófagos. ....	86
Figura 38. Humedad en parte superior del muro. ....	87

Figura 39. Humedad en la parte inferior de muro.....	88
Figura 40. Patología insectos xilófagos .....	90
Figura 41. Fisura a partir de los anclajes de la cubierta.....	91
Figura 42. Fisura de agrietamiento de dintel. ....	92
Figura 43. Fisura muro o tabique en zonas intermedias. ....	93
Figura 44. Fisura en vano de puerta.....	94
Figura 45. Patología hundimiento de piso. ....	95
Figura 46. Desvinculación de piezas de la cubierta.....	96
Figura 47. Fisura en forma de x.....	97
Figura 48. Mapa de estado de conservación de las edificaciones.....	99

## Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de las técnicas de construcción en tierra.....	32
Tabla 2. Clasificación y división de las patologías en la tapia pisada. ....	43
Tabla 3. Tamaño de muestra por sectores.....	74
Tabla 4. Fases del proyecto de investigación.....	78
Tabla 5. Listado de patologías según su frecuencia.....	81
Tabla 6. Frecuencia de los tipos de patologías. ....	83
Tabla 7. Causas de las patologías de humedad. ....	89
Tabla 8. Valores ponderados según el nivel de daño.....	98
Tabla 9. Rangos del estado de conservación de las edificaciones analizadas. ....	99
Tabla 10. Estado general de conservación de las viviendas analizadas.....	100
Tabla 11. Técnicas de mantenimiento correctivo y preventivo .....	102

## Agradecimientos

*Le agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi mamá y mis hermanas quienes me han apoyado y ayudado todo el tiempo, a todos mis amigos que también estuvieron a mi lado en este largo proceso, gracias por el apoyo y confianza; también quiero agradecer a todas las personas que nos ayudaron con la realización de la encuesta para esta investigación, gracias por contarnos la historia de sus hogares y por toda la hospitalidad dada, fue una experiencia valiosa.*

*Angie Lorena Gaona Acuña.*

*El principal agradecimiento es a Dios, quien me dio la fortaleza para afrontar cada prueba y me guio en cada paso. A mi madre que luchó cada día para sacarme adelante y hacerme la mujer que ahora soy, por ser mi apoyo incondicional, mi motivación y mi pilar, por brindarme la oportunidad de tener una formación académica, por enseñarme a luchar y no dejarme vencer antes las adversidades y sobre todo por confiar siempre en mí; ¡A ti madre, mil y mil gracias, TE AMO!*

*A mi padre que desde el cielo cuida de mí y me ilumina siempre para seguir adelante.*

*Agradezco también a cada una de las personas que estuvieron conmigo en este proceso y que me brindaron su apoyo.*

*A mi compañera de clase y de proyecto por formar equipo conmigo y sacar esta idea adelante.*

*A “ÉL” por extender su mano en los momentos difíciles y apoyarme cuando más lo necesite, por el amor brindado, gracias. Finalmente quiero agradecer a mi alma mater y cada uno de los docentes que compartieron conmigo su experiencia y conocimiento.*

*A todos infinitas gracias.*

*Sirley Daniela Gaona Flores.*

*Ambas agradecemos a la ingeniera MsC. Haideé Yulady Jaramillo, la primera persona en apoyarnos con este proyecto, gracias por su apoyo, también al PhD. Jaime Alexis García Guzmán quien sin conocernos acepto dirigir nuestra investigación, sin su orientación y dedicación nada sería igual, muchas gracias de todo corazón.*

**Creación de una guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para las construcciones en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña de Norte de Santander.**

**Capítulo 1. Planteamiento del problema.**

Ocaña fue fundada el 14 de diciembre de 1570 por Francisco Fernández de Contreras, sus primeros asentamientos fueron alrededor de la plaza 29 de mayo, las calles que en ese entonces fueron denominadas como *Calle de la Amargura* y la *Calle Real* que hoy se conocen como la *Calle 10* y la *Calle 11* respectivamente, poco a poco se expandieron formando los barrios que hoy se denominan como *El Carretero*, *la Costa*, *el Llano* y *Villanueva*, barrios que actualmente conforman lo que se conoce como el *Centro Histórico de Ocaña* (García, 2014).

Muchos de los primeros barrios de Ocaña aún conservan su estilo colonial por lo que son considerados como *Bienes de Interés Cultural (BICs)* de Carácter Nacional por haberse construido antes del 31 de diciembre de 1920, esto de acuerdo a la Resolución Número 0395 del 22 de marzo 2006; además se contemplan como BIC de carácter nacional el *Templo y Claustro de San Francisco* por medio de la Ley 75 de 1937, (artículo 5), *el Santuario de la Virgen de Torcoroma* mediante el decreto 2861 de 1984, emanado de la Presidencia de la República, (García, 2014) y todas las edificaciones contempladas en el decreto 1144 de 2003 (Gobernación de Norte de Santander) “*Por el cual se declaran como bien de interés cultural de carácter departamental algunos bienes materiales e inmateriales propios del Departamento Norte*

*de Santander y se dictan otras disposiciones”* entre las que destacan la *Catedral de Santa Ana*, *Casa de Antón García de Bonilla*, *Templo de Santa Rita*, *Templo de San Antonio de Padua*, *Templo de Jesús Cautivo*, etc. (Gobernación de Norte de Santander, 2003).

De acuerdo a lo establecido en el *Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT)*, las construcciones aledañas a un patrimonio cultural deben tener un permiso especial del ministerio de cultura o la entidad cultural competente para ser intervenidas (García, 2014), sin embargo y según se ha mencionado en el diario el Tiempo, el gobierno no ha brindado una protección ni asistencia completa a las propiedades que no figuran públicas y que por falta de recursos o herramientas se ven deterioradas, llegando en algunos casos, al punto de ser demolidas y reemplazadas por construcciones más contemporáneas (Ramírez, 2014).

Según la *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS)* la falta de mantenimiento a las construcciones de tapia pisada las hace vulnerables ante un evento sísmico (AIS, 2004) cómo sucedió en Popayán ante el terremoto de 1983 cuya intensidad fue de 5.5 en la escala de Richter y que afectó a más del 70% de las construcciones que para la época eran edificaciones en tierra cruda (Gros, 1987), entre ellas se encontraba *el Teatro Municipal Guillermo Valencia* el cual debió ser reconstruido con un costo de 3500 millones de pesos (Olano, 2013). Por otra parte, la falta de conciencia sobre su importancia y mantenimiento, permiten el deterioro de los bienes inmuebles que son considerados patrimonio histórico, un ejemplo de esto es el caso de *la Casona del Colegio Guanentá*, en el municipio de San Gil-Santander, que en el año 2006 sufrió un colapso parcial causado por el abandono a la que estuvo sometida durante décadas, dejando

como resultado la pérdida de esta estructura que era considerada como un patrimonio de la nación desde 1984 (Bolaños, 2007).

Algunos casos de cómo la conservación del patrimonio arquitectónico puede ser explotado para el turismo y favorecer la economía local es el municipio de Barichara en el departamento de Santander, en donde hoy en día casi la totalidad de sus construcciones se encuentran levantadas en tapia pisada, aspecto que se convierte en su principal atractivo turístico a nivel nacional e internacional; debe anotarse que el centro histórico de este municipio, fue declarado Monumento Nacional mediante el Decreto número 1654 del 3 de agosto de 1978 "*por el cual se declara monumento nacional al sector antiguo del municipio de Barichara (Santander)*" (Presidencia de la Republica de Colombia, 1978) .Otro caso de éxito es el municipio de La Playa de Belén en Norte de Santander, el cual fue declarado como BIC de carácter nacional por medio de la resolución 928 de 2005 "*Por la cual se declara el Centro Histórico del Municipio de La Playa de Belén, localizado en el Departamento de Norte de Santander, como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional y se delimita su área de influencia.*" (Ministerio de Cultura, 2005), *La Playa de Belén* tiene un gran atractivo turístico por su arquitectura y por la reserva natural de los Estoraques (Fontur Colombia, 2020).

En Colombia no existe una profunda normativa y reglamentación que se refiera al mantenimiento preventivo y correctivo de las edificaciones en tapia pisada y especialmente de manuales de seguimiento para intervenir las patologías que se presentan en estas edificaciones; sin embargo, a partir del 25 de noviembre de 2019, se estableció el decreto 2113 por el cual se

modificó la Norma Sismo-Resistente (Presidencia de la Republica de Colombia, 2019), la cual contempla la evaluación e intervención, para efectos sísmicos, de edificaciones en tapia pisada de uno y dos pisos.

En particular y como se mencionó anteriormente, el municipio de Ocaña cuenta con un centro histórico que se ha convertido en un foco de atracción turística para visitantes de cualquier nacionalidad, no obstante en el municipio dichas estructuras presentan problemas asociados a mantenimientos tanto preventivos como correctivos, además de no contar con mano de obra calificada capaz de realizar estas actividades; como consecuencia de esto se ha hecho notable el deterioro de las construcciones en tapia pisada, llegando al punto de convertirse en un riesgo físico para la comunidad, en algunos casos se ha llegado a condiciones tan extremas que ha sido necesario la demolición de la estructura arquitectónica.

Otras consecuencias asociadas a la situación de estas estructuras, están relacionadas a la disminución del atractivo turístico e incluso a la ralentización del desarrollo económico de la región (Diario la Opinión, 2017).

Por lo anterior, se hace necesario elaborar una guía básica sobre el proceso metodológico que permita el mantenimiento preventivo y correctivo de las construcciones en tapia pisada, para este caso se toma como referencia las patologías identificadas a través de inspección visual de las edificaciones del Centro Histórico de Ocaña, aportando de esta manera a la preservación del

legado histórico y cultural del municipio y que además sirva como base para futuras metodologías o investigaciones enfocadas al mantenimiento de estas estructuras.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son las patologías más comunes que se presentan en las construcciones de tapia pisada del centro histórico de Ocaña y cuáles son las técnicas para el mantenimiento preventivo y correctivo que se pueden aplicar a dichas patologías?

## **1.3. Objetivos**

### **3.1.1. Objetivo general**

Elaborar una guía de mantenimiento para las patologías identificadas en las construcciones en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña de Norte de Santander.

### **3.1.2. Objetivos específicos**

Describir los tipos de daños que se pueden presentar en una construcción de tapia pisada por medio de investigación bibliográfica.

Describir los tipos de daños que se pueden presentar en una construcción de tapia pisada por medio de investigación bibliográfica.

Caracterizar los daños identificados en las construcciones de tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña y geo-referenciarlos con la ayuda de un sistema de información geográfico

Proponer técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo a los daños encontrados en las construcciones analizadas.

## **1.4. Justificación**

En Colombia, actualmente existen construcciones en tapia pisada como legado de la época colonial que se han convertido en un patrimonio cultural e histórico de cada pueblo. El municipio de Ocaña cuenta con construcciones de este tipo que relatan la historia de una

población que fue estratégica para Simón Bolívar; pero desafortunadamente estas construcciones que se han convertido en el patrimonio cultural e histórico del municipio poco a poco han sido demolidas para darle paso a edificaciones modernas y de usos múltiples (RINCÓN, 2014).

Con el paso de los años se ha visto como en las calles céntricas del municipio se han extinguido reconocidas construcciones en tapia pisada y tejares, vulnerando un patrimonio de siglos (RINCÓN, 2014); aunque se puede atribuir gran parte de esta destrucción a el nuevo desarrollo cultural, también influyen factores como el desconocimiento de técnicas de mantenimiento para este tipo de construcciones por parte de sus propietarios.

Dado el tipo de construcciones edificadas en el municipio, éste se declara como área de interés cultural, patrimonial, histórica y arquitectónica, especialmente el centro histórico de Ocaña que se encuentra delimitado por los barrios *El Llanito, La Luz Polar, Jesús Cautivo, Tacaloa, San Agustín, La Popa, La Costa, La Favorita, El Tejarito, El Carretero, Villanueva* entre otros, los cuales aún conservan gran parte de la arquitectura tradicional y aunque muchas de las construcciones existentes en estas zonas no se encuentran en muy buenas condiciones, es importante generar conciencia de la riqueza cultural, patrimonial, histórica y arquitectónica que aportan estas construcciones en tapia pisada al municipio y por ello la importancia de su cuidado y mantenimiento (García, 2014).

Finalmente, y teniendo en cuenta el impacto turístico y económico que generan estas construcciones a la región, se hace necesario el desarrollo de una guía enfocada al mantenimiento preventivo y correctivo de las construcciones en tapia pisada ubicadas en el centro histórico del municipio de Ocaña, y que será de divulgación y fácil acceso para los profesionales de áreas afines.

## **1.5. Delimitaciones**

### **3.1.3. Delimitación operativa**

El desarrollo de este trabajo de investigación se basa en la información obtenida, tabulada y analizada de expedientes existentes y trabajos de campo sobre patologías, sus intervenciones preventivas y correctivas en construcciones de tapial y la elaboración de una guía que contribuya al mantenimiento tanto preventivo como correctivo de construcciones de este tipo, para el centro histórico de Ocaña en el norte de Santander.

### **3.1.4. Delimitación conceptual**

En la realización de este trabajo de investigación se tendrán en cuenta conceptos usados en campo de la ingeniería civil como: mantenimiento, edificaciones de tierra, tapia pisada, procesos constructivos, patologías, patrimonio histórico, entre otros.

### **3.1.5. Delimitación geográfica**

Para el estudio de este proyecto se tomará una muestra de las edificaciones de tapia pisada existentes en el centro histórico del Municipio de Ocaña de Norte de Santander seleccionadas de forma aleatoria de acuerdo al método estadístico más apropiado.

### **3.1.6. Delimitación temporal**

Se contará con un lapso de tiempo de 9 meses para el desarrollo de esta investigación.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1.Marco histórico

#### 3.1.7. A nivel mundial.

*“La técnica de la construcción de muros con grandes bloques de tierra pisada es una de las más antiguas que se conocen. Su origen se remonta a la época de las civilizaciones caldeas y asirias, de donde pasó a los pueblos de la cuenca del mediterráneo. El tapial es tecnológicamente autónomo, ecológicamente estable y, por tanto, duradero”* (Paricio, 1988). Las construcciones de tierra se han convertido en una parte importante del legado de nuestros antepasados, por lo tanto, constituyen el patrimonio de nuestros pueblos, los cuales deben ser valorados y preservados.

La conservación de este tipo de edificaciones conlleva un gran problema técnico y económico, que requiere de conocimientos, tiempo y dinero (Fundacion Antiplano Monseñor Salas Valdés , 2012); es por ello que dicha conservación plantea un gran esfuerzo, pero que alcanzara merecidas satisfacciones para la sociedad.

La necesidad de la conservación surge como respuesta ante el abandono y deterioro de estructuras antiguas de gran valor patrimonial, que con el tiempo se han visto afectadas por

diferentes agentes, es por ello que a nivel mundial ingenieros, arquitectos y constructores han despertado un interés ante el cuidado y mejora de este tipo de técnica constructiva en tierra cruda (Vallejo Choez & Mena Mora, 2019).

En muchas regiones del mundo, desde hace tiempo se ha venido estudiando esta técnica de la construcción en tierra (Tapia) debido a su gran importancia como material tradicional en la edificación de diversas estructuras y es por ello que en países como Australia, USA, Colombia, México, Chile, España, Perú, entre otros, se han investigado, legislado y reglamentado las edificaciones a base de tierra, con el fin de desarrollar tecnologías que permitan una adecuada y consiente intervención y así contribuir a la conservación del patrimonio dañado (CDT, 2012). Se considera indispensable la recopilación y difusión de conocimientos científicos y experimentales sobre las diferentes técnicas de conservación y mantenimiento, para así conseguir un sistema constructivo que no ponga en riesgo al usuario y prolongue su vida útil.

A lo largo del tiempo se ha demostrado que este tipo de edificaciones son vulnerables a los sismos, además de otros agentes (agua, clima, organismos biológicos, etc.) que les causan daños considerables; adicionalmente, aunque son estructuras de bajo costo y fácil consecución, a comienzos del siglo XX y con el inicio de la modernidad, sus desventajas hicieron que fueran desplazadas por estructuras en otros materiales como el cemento y el acero (Díaz Mangones & Rios Castro, 2005).

Luego de realizar investigaciones como es el caso de *La Tola en Ecuador* (Vallejo Choez & Mena Mora, 2019) y las investigaciones en Arica y Parinacota en Chile (Fundacion Antiplano Monseñor Salas Valdés , 2012) sobre las afectaciones, tanto por los sismos como por otros agentes, se evidenció la aplicación de técnicas inadecuadas y falta de control para la conservación de los sistemas constructivos, encendiendo una alarma que generó un gran interés hacia la conservación y protección de estas estructuras, se consideraron nuevos desarrollos tecnológicos y se aprovecharon sistemas constructivos actuales que aportaron a la conservación de las edificaciones en tierra, un ejemplo de esto es el caso de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) quien desarrollo el manual “*Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda*” en donde se recopilan diversas técnicas de mantenimiento enfocadas en prolongar la vida útil de estas edificaciones y recuperar los sistemas constructivos que se han convertido en patrimonio nacional (CDT, 2012).

Un ejemplo de lo anterior es lo ocurrido en Chile, quienes en pro de recuperar estructuras históricas que se han mantenido en pie y que son parte de su patrimonio arquitectónico, desarrollaron proyectos como el de la *Norma Chilena de Intervención Estructural en Construcciones Patrimoniales de Tierra*, en donde se reconoce la necesidad de intervenir y recuperar estructuralmente obras históricas (Gilles, 2013).

Otro caso, es el desarrollado en la Carta de Cracovia (Carta de Cracovia , 2000), la cual tiene como objetivo la conservación del patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico

mediante diferentes tipos de intervenciones como lo son el mantenimiento, la reparación, la restauración, la renovación y la rehabilitación.

### **3.1.8. A nivel nacional.**

La construcción en tierra en el territorio colombiano da su inicio con la llegada de los españoles durante el periodo de la Colonia, donde las técnicas indígenas se adecuaban a las innovaciones tecnológicas introducidas (Gama, 2007).

(Fontur Colombia, 2020)

En los siglos XVII y XVIII se consolida la tapia pisada como un material popular en la construcción de casas, templos y haciendas dejando así, una herencia de edificaciones civiles y religiosas de gran valor histórico (Gama, 2007).

La arquitectura de tierra en Colombia es de gran importancia por su significado y por el lugar que ocupan dentro del país los centros históricos construidos con estas técnicas, es por ello que, varias regiones se han apropiado de este legado arquitectónico y han desarrollado metodologías de conservación que mantienen viva la *arquitectura de tierra autóctona* de la región (Gama, 2007).

Por tanto, en Colombia se presenta la necesidad de conservar y mantener este tipo de edificaciones ya sean aquellas que han sido nombradas de interés patrimonial o las de carácter público que merecen un cuidado especial. Al paso del tiempo, el país ha tomado conciencia de la importancia de este tipo de edificaciones y poco a poco se ha legislado la construcción en tierra con el fin de conocer y aprender buenas prácticas de conservación y mantenimiento (Presidencia de la Republica de Colombia, 1978) . Un ejemplo de conservación se da en el municipio de Barichara- Santander, donde tanto construcciones antiguas como nuevas, están levantadas en su totalidad en tapia pisada; lo anterior le ha generado al municipio un atractivo turístico digno de admirar (Fontur Colombia, 2020) . Además de Barichara, otras regiones del país como Aguadas-Caldas, Jericó en Antioquia, entre otros, han tomado conciencia de la importancia de estas estructuras y han optado por el mantenimiento y conservación de las mismas (Revista Diners, 2020).

En la actualidad, en Colombia se cuenta con una cantidad considerable de investigaciones sobre la arquitectura y los sistemas constructivos en tierra, generando así los conocimientos y las herramientas para la intervención adecuada en el cuidado, mantenimiento y conservación de las edificaciones en tierra como por ejemplo el estudio realizado en 2017 en la universidad Santo Tomas por Carrillo Luz et al titulado: *“Recuperación casa de la cultura Francisco de Paula Santander, Villa del Rosario-Norte de Santander”* (CARRILLO CASTRO, HURTADO HINESTROZA, & MESA TARAZONA, 2017) o también el estudio realizado en la universidad distrital Francisco José de Caldas titulado *“Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C.”* (PICO RODRÍGUEZ & RUIZ TULANDE, 2018); y se destaca el caso de la Asociación Colombiana de Ingeniería

Sísmica la cual creó un “*Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*” (AIS, 2004), con la finalidad de contrarrestar la vulnerabilidad de las edificaciones construidas con técnicas tradicionales y proponer medidas de rehabilitación y reforzamiento.

Además de esto se cuenta con el Decreto 2113 del 25 de Noviembre del 2019, por el cual se incorpora al reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el documento AIS-610-EP-2017 donde se contempla la evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada, ya que se evidenció la necesidad de estudiar las condiciones estructurales de los sistemas constructivos tradicionales, con el fin de generar para los bienes de interés cultural, opciones de reforzamiento estructural efectivas, coherentes y compatibles con sus condiciones constructivas (Congreso de Colombia, 1959).

### **3.1.9. A nivel regional.**

Ocaña fue el lugar de establecimiento de un conglomerado de españoles durante la Colonia, que tuvieron la necesidad de construir viviendas y junto con los nativos urbanizar el lugar. Las primeras construcciones se realizaron en tierra, dentro de las más sobresalientes se encuentran las iglesias de *San Francisco*, *San Agustín* y *Santa Rita*, que en la actualidad aún se encuentran en pie, también resaltan instituciones, templos y viviendas (Garcia, 2009).

A finales del siglo XIX el crecimiento demográfico y el crecimiento del comercio, obligó a la comunidad a expandirse a otros sectores, generando nuevas edificaciones en los sistemas constructivos tradicionales (García, 2009), esto dio paso a la creación de nuevos barrios que aun en la actualidad se encuentran vigentes y que conforman el centro histórico del municipio, tal es el caso de los barrios *el Tamaco, Villanueva, El Llano Echavez*, entre otros.

El centro histórico del municipio es de gran importancia cultural para la región, debido a que está relacionado con el proceso fundacional, el valor arquitectónico y el desarrollo de la población (Plan de Desarrollo de Ocaña, 2007), de allí nace la importancia del cuidado, mantenimiento y conservación de las edificaciones que hacen parte de él.

Lo anterior, ha conducido a que desde hace algunos años se haya venido trabajando e investigando el patrimonio del municipio, con el objetivo de salvaguardar el patrimonio cultural arquitectónico de Ocaña y su proyección como factor de atractivo turístico; para ello se proyectó el *Plan Especial de Manejo y Protección del Centro Histórico de Ocaña*. (Academia de Historia de Ocaña, 2010)

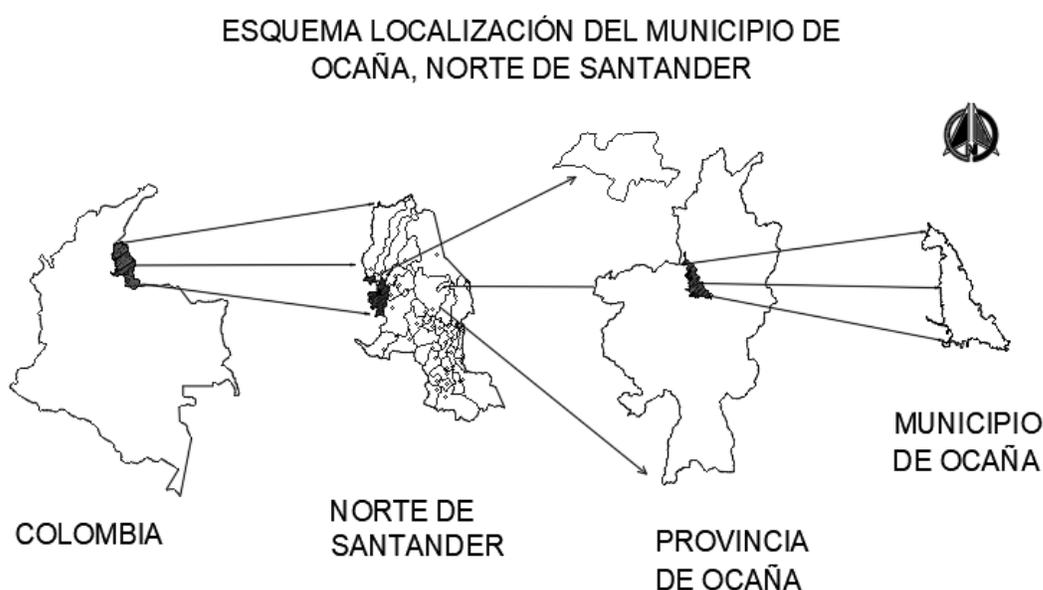
## **2.2.Marco contextual**

El proyecto de investigación se desarrollará en el municipio de Ocaña, ubicado en la zona occidental del departamento de Norte de Santander. Situada a 8° 14' 15" Latitud Norte y 73° 2'

26" Longitud Oeste, a una altura de 1.202 metros sobre el nivel del mar y con una extensión total de 460Km<sup>2</sup> (Alcaldía Municipal de Ocaña en Norte de Santander, 2018). La figura 1 (Grupo Técnico P.B.O.T. , 2002) muestra el esquema de localización y geo-referenciación del municipio de Ocaña.

**Figura 1.**

*Esquema de localización y geo-referenciación del municipio de Ocaña.*

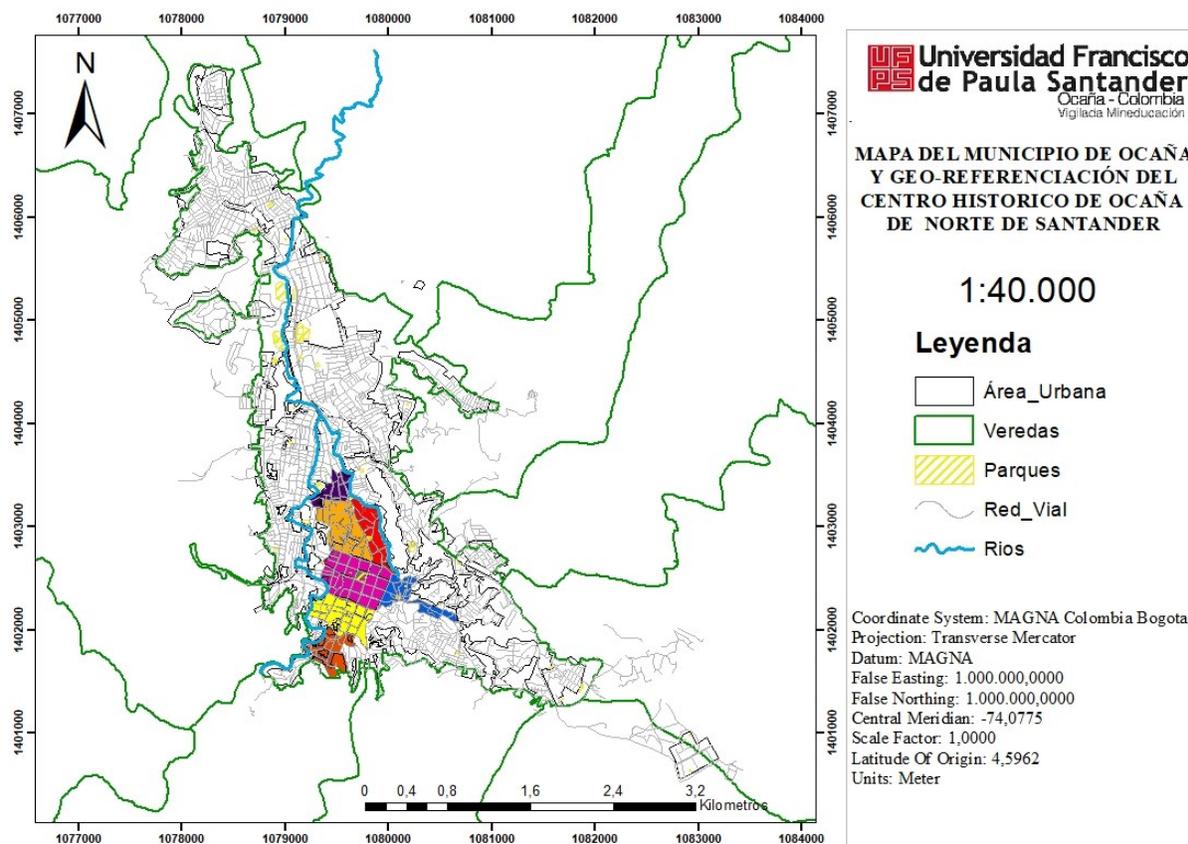


*Nota: Tomado de (Grupo Técnico P.B.O.T. , 2002)*

Según el censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE en el año 2018, el municipio de Ocaña tenía 111.463 habitantes, siendo el segundo municipio con mayor población después de Cúcuta, la capital del departamento (DANE, 2018), donde sus habitantes se han distribuido a lo largo y ancho del territorio, ocupando cuanto espacio habitacional es posible usar.

**Figura 2.**

*Mapa del municipio de Ocaña y polígono donde se desarrollará esta investigación.*



*Nota: mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.*

Para esta investigación se tomará como espacio de estudio parte del centro histórico de Ocaña, que está conformado por la zona central del municipio, especialmente los barrios *La Costa, El Martinete, Las Llanadas, El Llano Echavez, La Popa, El Carretero, Villanueva, Tacaloa, La Piñuela, San Antonio, Camino Viejo, San Francisco, San Agustín y Jesús Cautivo*, los cuales se encuentran dentro del polígono donde se desarrollara esta investigación, la figura 2

muestra dicho polígono y algunos de los barrios mencionados anteriormente (Grupo Técnico P.B.O.T. , 2002).

### **2.3.Marco conceptual**

Para el desarrollo del proyecto se requiere definir los siguientes conceptos:

#### **3.1.10. Patrimonio cultural.**

Según la UNESCO en 1977 *“Patrimonio Cultural es el conjunto de bienes muebles e inmuebles, materiales e inmateriales, de propiedad de particulares o de instituciones u organismos públicos o semipúblicos que tengan valor excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte, de la ciencia y de la cultura y por lo tanto sean dignos de ser considerados y conservados para la nación”* (Garré, 2001).

#### **3.1.11. Mantenimiento de viviendas.**

Hace referencia al conjunto de actividades que se realizan a un inmueble con la finalidad de prolongar su vida útil; una definición más amplia es la proporcionada por Manuel Babe (1986) en donde dice: *“el mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de*

*forma cíclica para la atención de los equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias, y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro” (Arencibia, 2008).*

El mantenimiento de viviendas se puede clasificar de acuerdo al momento en el que se realiza la intervención en dos tipos: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo o puntual (Arencibia, 2008).

***Mantenimiento preventivo:*** es una intervención que se realiza para edificaciones que presentan patologías con un nivel de daño leve a moderado, este sistema consiste en realizar un proceso de inspecciones rutinarias y sistemáticas, así como realizar algunas pequeñas correcciones que evitarán el deterioro acelerado del inmueble, el principio básico del mantenimiento preventivo consiste en ayudar a las edificaciones a alcanzar y prolongar su vida útil (Camacho, 2009) .

***Mantenimiento Correctivo o puntual:*** incluye medidas de diagnóstico, pronóstico, reparación, refuerzo y prevención en edificios que han concluido su vida útil y presentan patologías puntuales con un nivel de daño entre grave y emergencia; el mantenimiento correctivo es el proceso de solucionar patologías tan pronto como se conocen o comprenden sus consecuencias. Esta labor no es planificada, sino que responde a la necesidad surgida del propio

uso del edificio y su relación con el entorno (Fundación Antiplano Monseñor Salas Valdés , 2012).

### **3.1.12. Construcciones arquitectónicas en tierra cruda.**

Las construcciones en tierra se basan en la utilización de tierra cruda, las especificaciones para utilizar este material no son muy complejas, antiguamente solo se requería de un suelo con la cantidad suficiente de arcillas que se dejara moldear para utilizarlo, hoy en día se realizan estudios de los posibles materiales a usar (generalmente el suelo de la zona a construir para aprovechar los residuos de las excavaciones de nivelación) con el fin de determinar su plasticidad, cohesión y compactibilidad. En la mayoría de los países donde es habitual el uso de tierra se tiene una norma o reglamento que especifica los ensayos necesarios que se deben hacer al suelo para ser empleados, generalmente son ensayos para conocer la textura y la plasticidad (J. Cid, 2011).

#### ***2.3.1.1. Clasificación de los sistemas constructivos en tierra cruda***

Existen diversas técnicas para la construcción en tierra, todas varían de acuerdo a la forma en que se trabaja el material y el proceso constructivo, el arquitecto Fabio Gatti en su trabajo *“Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra”* (Gatti, 2012) clasificó las técnicas existentes de acuerdo a la

plasticidad y la forma en que se trabaja la tierra, en la tabla 1 se muestra la clasificación de las técnicas con su respectivo sistema constructivo y plasticidad:

Muchas de las técnicas que se presentan en esta tabla 1 son relativamente modernas, se crearon como variantes tecnificadas de los sistemas constructivos tradicionales como lo es el caso del Bloque de Tierra Comprimida (BTC) que se creó durante la década de los años 60 con el objetivo de combinar las propiedades del ladrillo y del adobe, con el BTC se logra el acabado pulido que poseen los ladrillos y las características térmicas del adobe, además el BTC se caracteriza por ser un material más económico que el adobe convencional (Barrera & Buitrago, 2014).

La técnica de “*excavar*” consiste en la construcción de casas subterráneas denominada también *arquitectura troglodítica*, la cual es muy usada en países como Turquía y Australia en donde aprovechan la inercia térmica de la tierra para regular la temperatura y refugiarse de las tormentas de tierra ocasionales, un ejemplo muy claro es el pueblo subterráneo Coober Pedy, Australia (Gatti, 2012).

Algunas de estas técnicas se basan en aplicar la tierra cruda para proteger zonas específicas de las estructuras o mejorarlas estéticamente, un claro ejemplo es la técnica “*Cubrir*”, la cual consiste en cubrir con tierra otra estructura; esta técnica es muy habitual en la India en donde tapan las cubiertas con tierra para ayudar a regular la temperatura en el interior de las

viviendas; igualmente, en la técnica “*aplicar*”, se cubren los muros para mejorar su aspecto y aprovechar las cualidades de la tierra (Gatti, 2012).

**Tabla 1.**

*Clasificación de las técnicas de construcción en tierra.*

N°	Técnica	Sistema constructivo	Plasticidad
1	Excavar	Excavar	
2	Cubrir	Proteger	
3	Llenar	Llenar	Solido o seco
4	Cortar	Terrón Cortar bloque	
BTC			
5	Compactar	Tampón Tapia	Húmedo
6	Moldear	Moldear	
7	Amontonar	Amontonar	
8	Modular	Moldear bloque Adobe manual Adobe maquina	Plástico
9	Extrudir	Extrudir maquina	
COB			
10	Dar forma	Rellenar	
11	Verter	Verter	Líquido
12	Aplicar	Embadurnar	

**Nota:** Tomado de: (Gatti, 2012)

### **3.1.13. Tapia pisada**

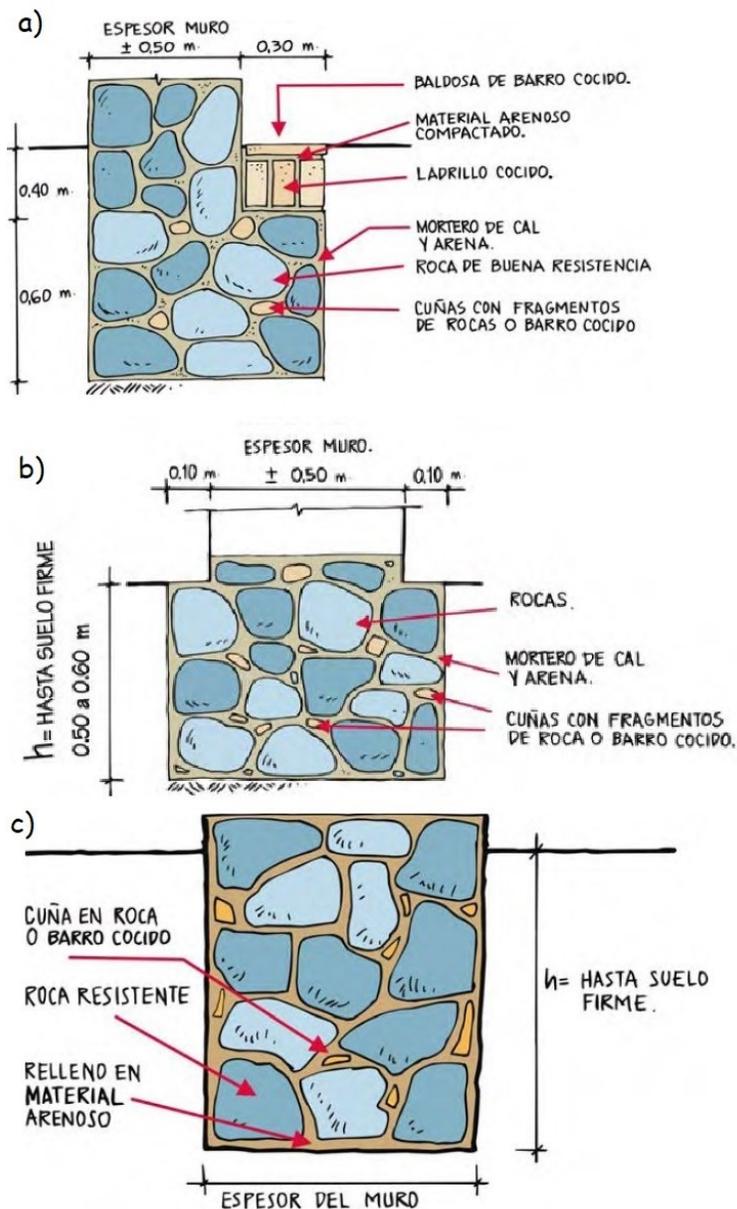
La tapia pisada es una técnica constructiva de tierra cruda, que consiste en apisonar tierra por capas con ayuda de un cajón de madera, también denominado “*tapial*”, y que al retirarlo se obtienen muros macizos de tierra prensada (AIS, 2004). Esta técnica es una de las más antiguas en el mundo, utilizada para la construcción no solo de viviendas sino también de fortalezas y obras religiosas (Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés, 2012).

#### ***2.3.1.2. Proceso constructivo de la tapia pisada***

Se inicia por la cimentación de la edificación, cuyo material principal son las rocas ya sean de forma angular o redonda, y el material de relleno que puede ser un material de tamaño arenoso o en algunas ocasiones cal y canto como cementante; se construye conformando un entramado de vigas bajo los muros principales y su profundidad alcanza hasta encontrar el suelo de fundación (AIS, 2004). La cimentación frecuentemente se encuentra construida en forma de “L” (ver figura 3.a), de “T” (ver figura 3.b) invertida o del mismo ancho del muro (ver figura 3.c); la figura 3 muestra los detalles de un proceso básico de cimentación (AIS, 2004).

**Figura 3.**

Proceso constructivo de la tapia, detalles de cimentación.



**Nota 1:** a) cimentación en “L”, b) Cimentación en “T” y c) cimentación del ancho del muro.

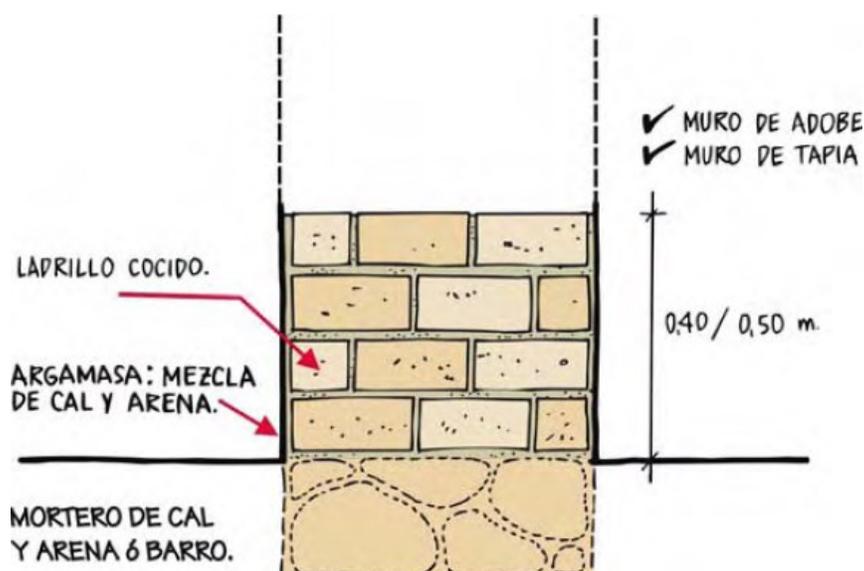
**Nota 2:** Tomado de: (AIS, 2004)

Se continua con el sobrecimiento, el cual está construido con ladrillo cocido y tiene como propósito proteger el muro de la humedad, del agua superficial, el goteo y de otros procesos

presentes al nivel del suelo. Generalmente los sobrecimientos tienen alturas de 50 cm, pero en ocasiones pueden ascender hasta alturas mayores (AIS, 2004). En la figura 4 se muestran los detalles constructivos del sobrecimiento.

**Figura 4.**

*Proceso constructivo de la Tapia, sobrecimiento.*

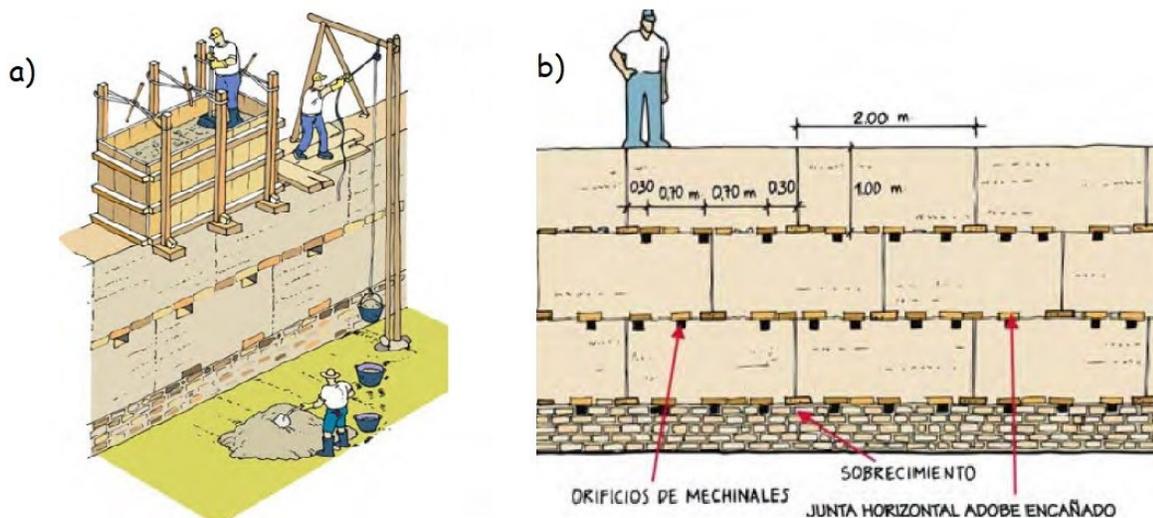


*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004)

Posteriormente, se realiza el aparejo de la tapia, que consiste en la compactación de la tierra por medio de un pisón, para ello, se usan dos tableros de madera de 2m de largo por 1m de ancho y dos compuertas que determinan el espesor del muro, además de puntales a los lados que ajustan los tableros para que no se abran; una vez apisonada esa sección se desmontan los tableros y se desplazan horizontalmente para continuar con la siguiente sección (AIS, 2004). En la figura 5 se muestra los detalles del "Tapial" y las características de un muro de Tapia.

**Figura 5.**

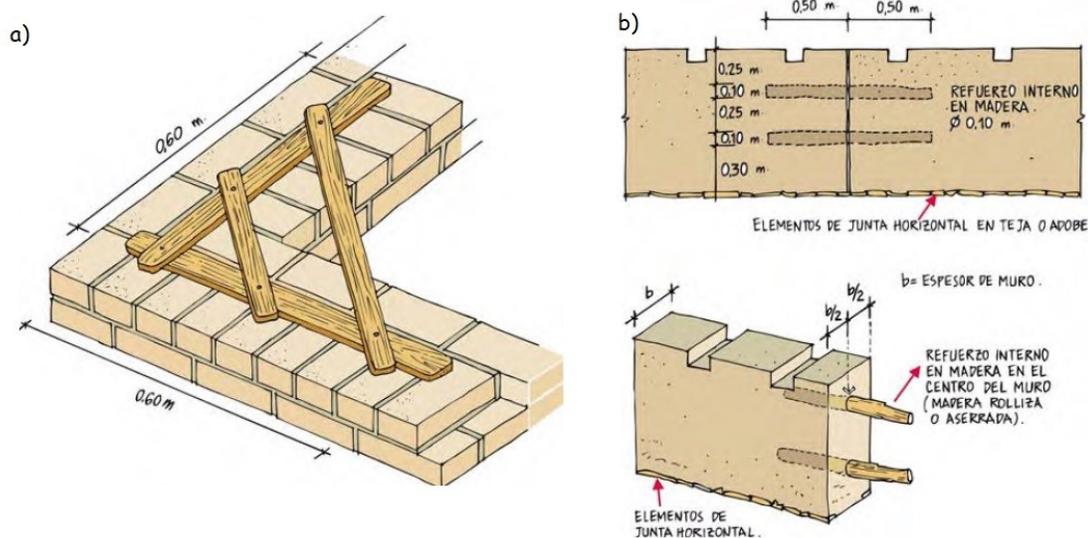
*Proceso constructivo de la tapia.*



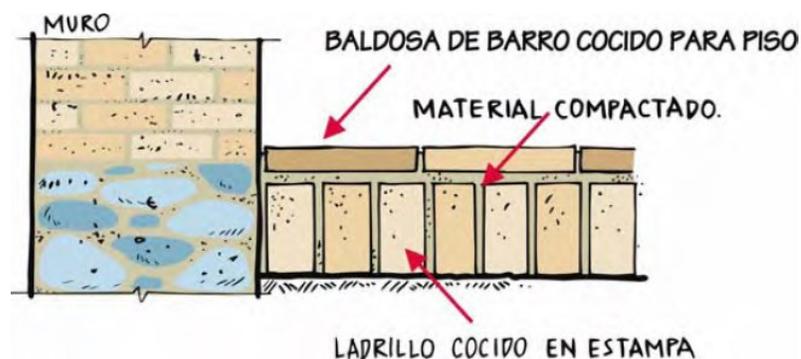
**Nota 1:** 5.a) Proceso constructivo del tapial, 5.b) muro en tapia terminado.

**Nota 2:** Tomado de: (AIS, 2004)

Para la construcción de las esquinas, que son los encuentros generalmente entre dos muros principales, se instalan escuadras en madera o caña brava y para los refuerzos internos, que, aunque en la mayoría de los casos no son utilizados, se manejan bastones horizontales en madera, caña o guadua atravesando las juntas verticales (AIS, 2004). En la figura 6 se muestran los detalles constructivos de los muros de esquinas.

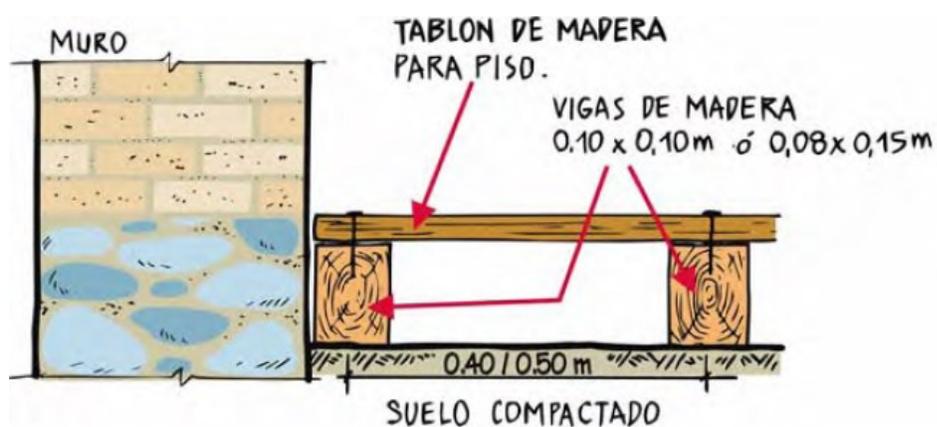
**Figura 6.***Proceso constructivo de la tapia.***Nota 1:** 6.a) construcción de las esquinas. 6.b) detalles de los refuerzos entre muros.**Nota 2:** Tomado de: (AIS, 2004)

La conformación de los pisos se realiza sobre una base de ladrillo, en una estructura de madera o en una base de roca, suelo compactado y baldosa; en la figura 7 se muestran los detalles de un piso sobre una base de ladrillo, en donde el suelo es nivelado, compactado y encima se colocan ladrillos cocidos, aunque generalmente no se maneja ningún tipo de ligante, en ocasiones, se utiliza una capa fina de cal y canto, o arena como sellante y llenante (AIS, 2004).

**Figura 7.***Piso en una base de ladrillo.*

*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004)

Para la estructura de madera se compacta el suelo y luego son ubicadas unas vigas de madera de sección variable, que en general son de 0,10 m x 0,10 m separadas aproximadamente cada 0,50 m; sobre ellas se coloca un tablón de madera que conformaría el piso de la edificación como se muestra en la figura 8 (AIS, 2004).

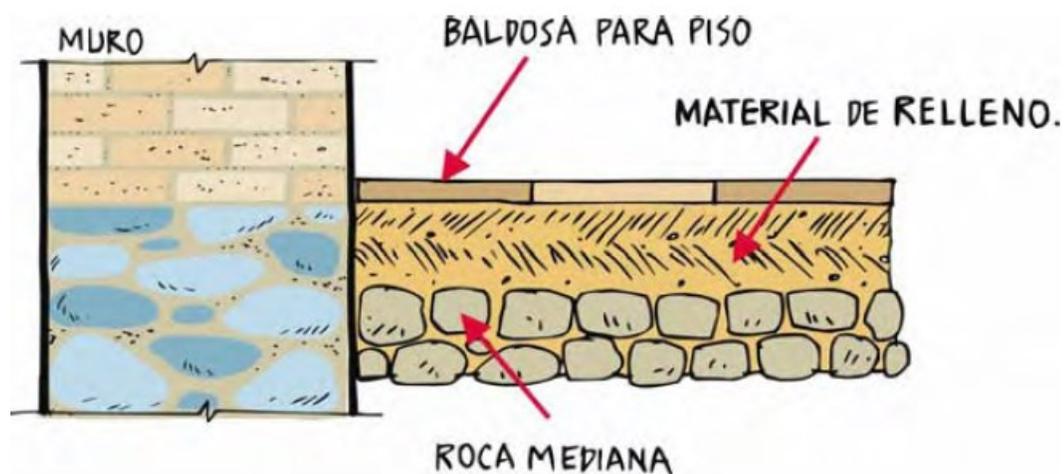
**Figura 8.***Piso con estructura de madera.*

*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004)

Por último, para el piso de base en roca, suelo compactado y baldosa, se realiza una capa de roca triturada y compactada sobre la cual irá una capa de material arenoso y sobre esta carpeta se instalan las baldosas; en la figura 9 se muestran los detalles del piso en base de roca (AIS, 2004).

**Figura 9.**

*Piso en base de roca.*



**Nota:** Tomado de: (AIS, 2004)

La construcción de puertas y ventanas se realiza mediante vanos, que pueden ser vanos con dintel y vanos con arco como se muestra en la figura 10; los vanos con dintel están constituidos por dos o más vigas de madera las cuales son empotradas en los muros de apoyo, y los vanos con arco se desarrollan mediante ladrillos cocidos (AIS, 2004). En la figura 11 se muestra los detalles constructivos de las puertas.

**Figura 10.**

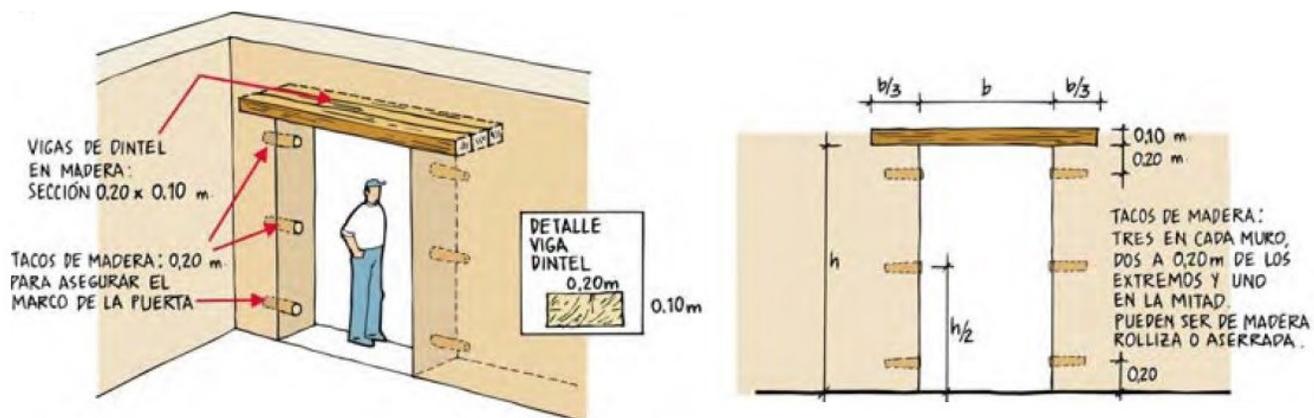
*Tipos de vanos para puerta.*



*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004).

**Figura 11.**

*Detalle constructivo de puertas.*



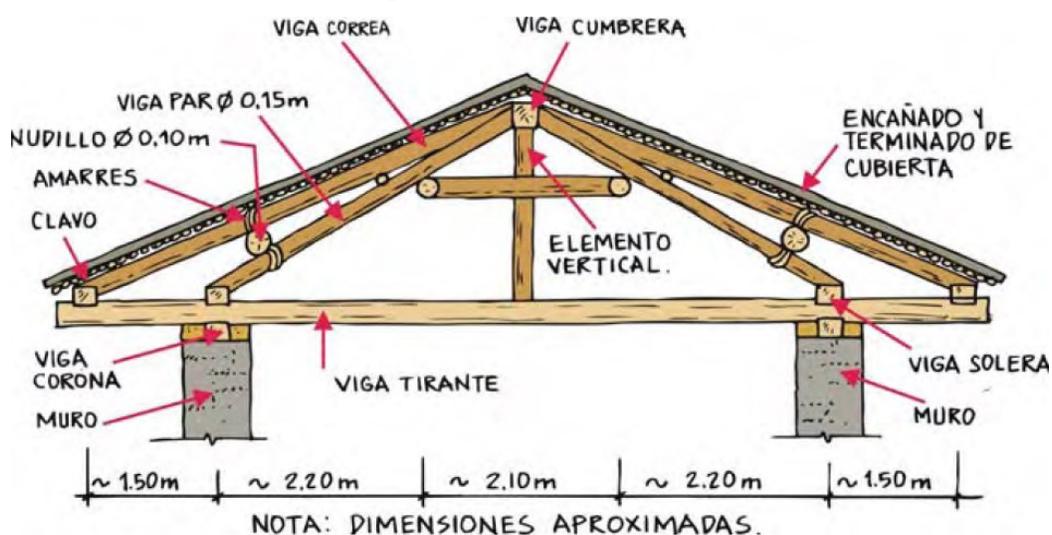
*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004).

Aunque en general las viviendas en tapia pisada presentan múltiples tipos de estructuras de cubiertas, ordinariamente predominan algunos elementos como *la madera rolliza* y dominan estructuras como la de *par y nudillo* que incluyen elementos principales como vigas cumbreiras (las cuales son las vigas principales de la estructura), vigas correas (que sostienen los encañados del techo), los paraleles, los tirantes, las soleras y los nudillos (AIS, 2004); en la figura 12 se muestran los detalles constructivos de la cubierta.

Para el entechado se tiene un encañado con fibra natural apoyado sobre las vigas correas, luego se realiza un tendido de caña y sobre éste se extiende una capa de tierra, donde posteriormente se colocarán las tejas en barro cocido (AIS, 2004) como se muestra en la figura 13.

**Figura 12.**

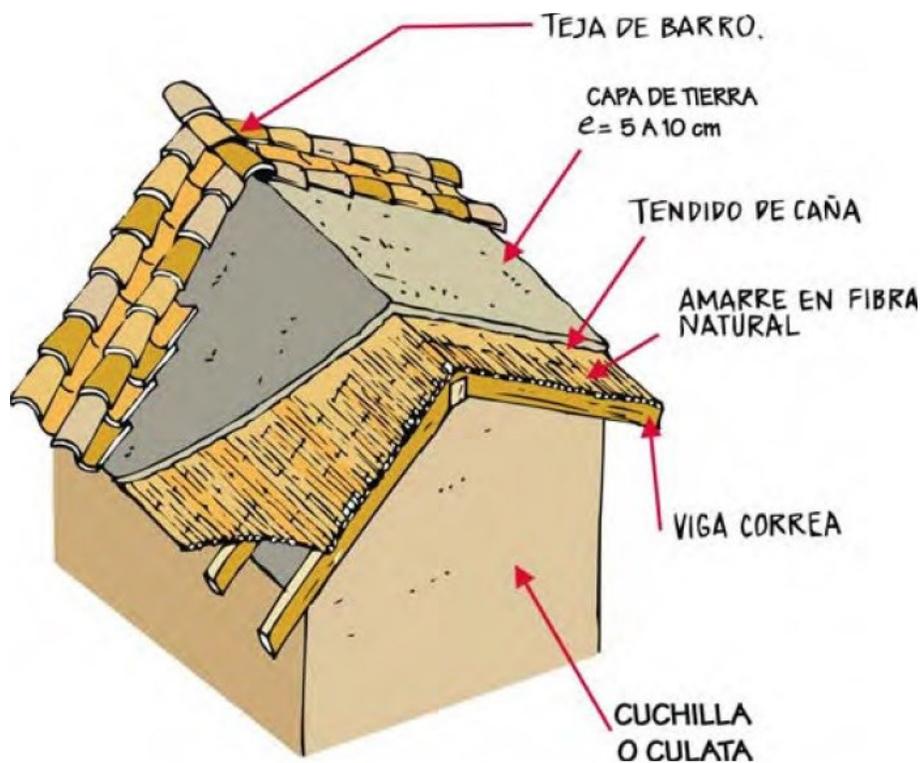
*Proceso constructivo de la tapia, detalles de cubierta.*



**Nota:** Tomado de: (AIS, 2004)

**Figura 13.**

*Proceso constructivo de la tapia, detalles de entechado.*



*Nota:* Tomado de: (AIS, 2004)

### 3.1.14. Patologías comunes en la tapia pisada.

En las edificaciones de tapia pisada se pueden presentar diferentes patologías de acuerdo a sus características constructivas, según la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2012) éstas se pueden clasificar en cinco grupos que son: humedad, agentes bióticos, asentamientos o deformaciones, fisuras o grietas y desvinculación de piezas; cada una de éstas se subdivide en diferentes tipos de acuerdo a su ubicación y causa; en la tabla 2 se puede observar la subdivisión de las patologías de acuerdo a su clase.

**Tabla 2.***Clasificación y división de las patologías en la tapia pisada.*

<b>Clase</b>	<b>Tipo de patología</b>
<b>Humedad</b>	Parte superior del muro Parte inferior del muro Piso Zona puntual del muro
<b>Agentes bióticos</b>	Hongos xilófagos Insectos xilófagos Vegetación, musgo y líquenes Animales (ratones, aves, etc.)
<b>Asentamientos o deformaciones</b>	Hundimiento de piso Deformación de la parte del muro Asentamiento de piso Asentamiento de muro Desnivel de cubierta por asentamiento Asentamiento de cimiento o sobrecimiento
<b>Fisuras o grietas</b>	Sentido vertical en esquina de muro En revoque o estuco En los anclajes de cubierta Agrietamiento de dintel En muro o tabique en zonas intermedias En vano de puerta En forma de "x" Sentido vertical en encuentro de muro o tabique En vano de ventana Sentido horizontal en la parte inferior de ventana Sentido horizontal en parte superior de muro o tabique Tímpano Sentido horizontal en la parte inferior del muro Sentido horizontal en base del antetecho o cornisa
<b>Desvinculación de piezas</b>	Cubierta Puertas Muro Ventanas

Una breve descripción de las clases de patología se realiza a continuación:

### ***2.3.1.3. Humedad.***

La humedad suele ser una patología común en las construcciones de tierra, se ocasiona por la presencia de líquidos en los elementos estructurales lo que con el paso del tiempo modifica sus características y reduce su resistencia ante las cargas de la edificación (CDT, 2012), entre sus causas están:

- Problemas en la cubierta (goteras) y exposición a las lluvias.
- Ascensión por capilaridad.
- Filtraciones de agua de las instalaciones sanitarias.
- Revestimientos de muro como la cerámica que inhiben la higroscopicidad del material.
- Condensación en espacios cerrados y húmedos como baños y cocinas.

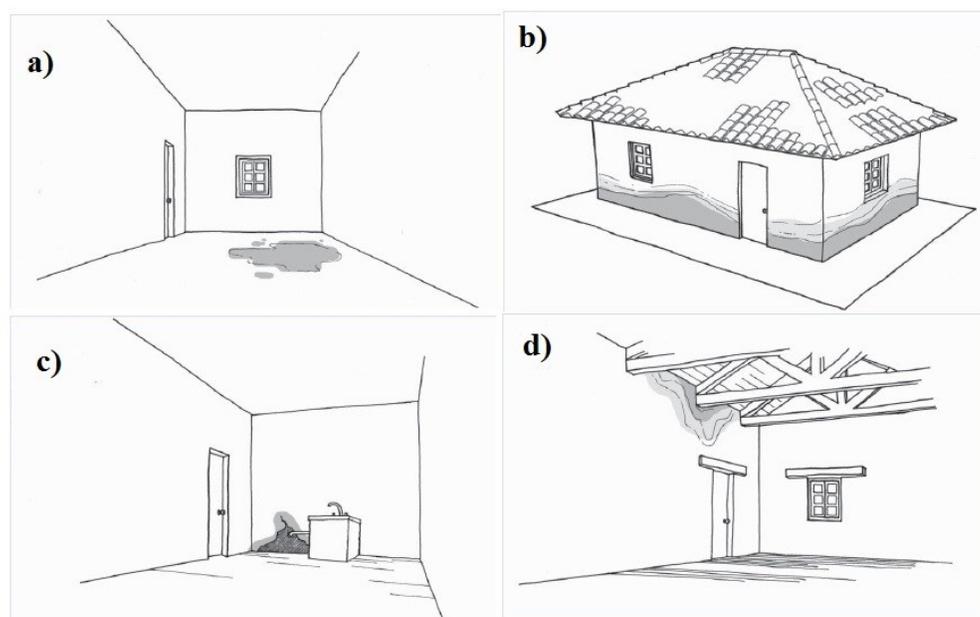
Las características de los daños por humedad varían de acuerdo a la zona donde se presenta, la cantidad de líquido que lo causa y el tiempo que se ha mantenido el problema; en una etapa temprana se identifican manchas de humedad de un sector específico ya sea del muro o piso de la vivienda, en ocasiones la humedad se produce en el interior del muro y debido a su gran espesor la humedad tarda en manifestarse en zonas visibles, lo mismo sucede en los casos donde el muro está revestido con un material que inhibe la evaporación del agua, en esos casos se producen sopladuras en el revestimiento que pueden ser detectadas con el tacto (CDT, 2012). Cuando la humedad se ha mantenido por un periodo considerable se puede presentar

reblandecimiento del material, desprendimientos y en casos severos, hasta colapso del elemento estructural (CDT, 2012). En la figura 15 se muestran algunos ejemplos de cómo se presenta la humedad en las viviendas construidas con tapia pisada.

#### 2.3.1.4. Agentes bióticos.

**Figura 14.**

*Daños por humedad*



**Nota 1:** 15.a) Humedad en piso. 15. b) Humedad en muros por ascensión capilar o afectaciones climáticas. 15.c) Humedad en zonas puntuales por filtraciones de instalaciones sanitarias. 15.d) Humedad en la parte superior de muros por filtraciones.

**Nota 2:** Tomado de: (CDT, 2012)

Se refiere al daño causado por un organismo que se aloja en algún elemento estructural de madera y lo afecta a corto, mediano o largo plazo; se producen daños graves relacionados con el funcionamiento de una construcción cuando los agentes biológicos dominan el mismo durante mucho tiempo y se producen en todas las áreas de la edificación; como lo explica la CDT y como se muestra a continuación, los daños por agentes bióticos se clasifican de acuerdo al tipo de organismo biológico que lo causa (CDT, 2012):

***Figura 15.***

*Presencia de vegetación en la edificación de tapia pisada.*



***Nota 1:*** la Iglesia de San Francisco de Asis de Socoroma, Chile.

***Nota 2:*** Tomado de: (Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés, 2012)

• **Daños por vegetación, musgos y líquenes:** se refiere a la presencia de vegetación ya sea en los muros o la cubierta de la edificación, está directamente relacionado con la humedad en el elemento estructural en donde se presenta y no suele ser un problema grave en etapas tempranas, pero su prolongada acción puede afectar la composición del elemento estructural, provocando fisuras o desmoronamiento del elemento (CDT, 2012). La figura 15 muestra un ejemplo del tipo de daño generado por la presencia de vegetación.

• **Hongos Xilófagos:** corresponde a la presencia de organismos eucariontes de carácter parasitario que se alojan en la madera, se produce en zonas oscuras, húmedas y con poca ventilación; se caracteriza por la aparición de manchas oscuras, blanquecinas o pardas en la zona afectada, mal olor, y en estados avanzados podredumbre del elemento afectado (CDT, 2012). En la figura 16, se puede observar la aparición de manchas blanquecinas producidas por un hongo xilófago.

**Figura 16.**

*Presencia de Hongos Xilófagos en la madera de la cubierta.*



**Nota:** Tomado de: (Patologías propias de la madera, 2019)

• **Insectos Xilófagos:** se debe a la presencia de insectos que se alojan en la madera presente en elementos como vigas, techos y pisos, los cuales se alimentan de la misma deteriorándola paulatinamente, los insectos más comunes son las termitas; este tipo de daños se pueden identificar al detectar cambios visuales en la madera como: la aparición de agujeros, aserrín en las zonas cercanas al elemento e identificación de larvas e insectos, tal como se muestra en la figura 17 (CDT, 2012).

**Figura 17.**

*Daño en la madera por la presencia de insectos Xilófagos.*



**Nota:** Tomado de: (Anobium punctatum, carcoma común de los muebles, 2020)

• **Animales en muros o cubiertas:** se refiere a la presencia de aves o roedores en las viviendas, estos suelen ser un problema sanitario pero la presencia prologada de estos animales puede afectar la vivienda a nivel estructural; en el caso de los roedores, los cuales suelen construir pasadizos dentro de los muros, estos pueden llegar a debilitar el muro y los excrementos de los animales pueden provocar reacciones químicas con los materiales que componen el muro deteriorando la estructura (CDT, 2012).

### ***2.3.1.5. Asentamientos y deformaciones.***

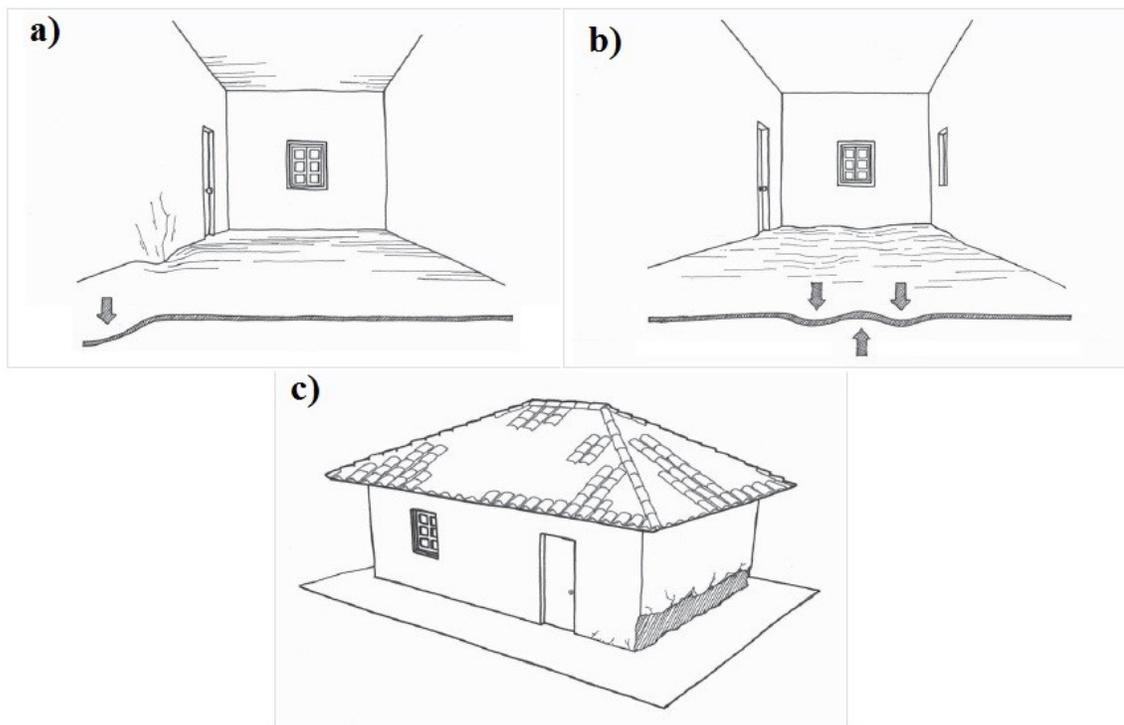
Son todas aquellas deformaciones de la estructura que se ocasionan por asentamientos diferenciales, sus principales causas son:

- La edificación se encuentra mal emplazada habiéndose construido sobre suelos blandos, cerca de una diferencia considerable de nivel (talud sin una adecuada contención) o con excesiva presencia de materia orgánica (relleno con material inadecuado); adicionalmente, en algunas ocasiones no se cuenta con las fundaciones y estructura adecuada que se requieren en estos suelos (CDT, 2012).
- Existe presencia de humedad en la zona afectada, lo que debilita progresivamente la calidad estructural y las propiedades constructivas de la tierra cruda, haciendo ceder o desmoronarse el material (CDT, 2012).
- Porque el material constituyente (ya sea por falta de mantenimiento, uso intensivo o paso del tiempo) se degrada y pierde sus propiedades iniciales mostrando alteraciones (CDT, 2012).
- Por cambios en las propiedades del suelo sobre el cual se ha edificado, como por ejemplo, debido a una licuefacción del subsuelo (CDT, 2012).

Los asentamientos se presentan en los pisos (losas) y bases de los muros, en el caso de los pisos se detectan por deformaciones como hundimientos, grietas y sopladuras; por su parte en los muros, se pueden encontrar desniveles, desprendimientos de material, sopladuras y en algunos casos cuando el asentamiento es por causa del agua, se presenta humedad (CDT, 2012). En la figura 18, se muestran tres ejemplos de asentamientos de acuerdo a su ubicación y causas.

**Figura 18.**

*Tipos de asentamientos.*



**Nota 1:** 19.a) Asentamiento de cimiento y/o sobrecimiento. 19.b) Asentamiento de piso. 19.c) Asentamiento de la parte inferior de muro.

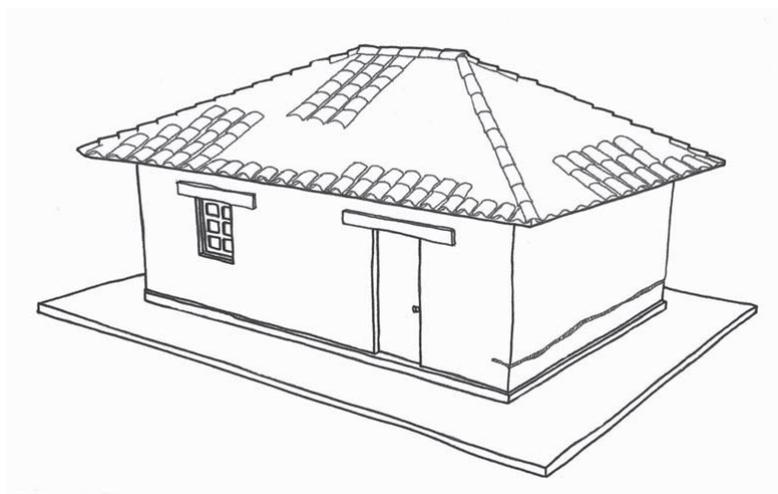
**Nota 2:** Tomado de: (CDT, 2012)

### 2.3.1.6. Fisuras o grietas.

Son aberturas alargadas que aparecen en los elementos estructurales dividiéndolos, si la abertura es pequeña y poco profunda, se denomina "*fisura*", mientras que, si es una abertura profunda y de dimensiones considerables, se denomina "*grieta*" (CDT, 2012). Las causas de las grietas y las fisuras suelen estar relacionadas con otras patologías como la humedad, asentamientos, plagas, etc.; dependiendo de la ubicación del daño y su magnitud, varía su gravedad y afectación a la estructura de la edificación (CDT, 2012). Según el CDT las fisuras o grietas se clasifican de la siguiente manera:

#### **Figura 19.**

*Ejemplo de grieta horizontal en la parte inferior del muro.*



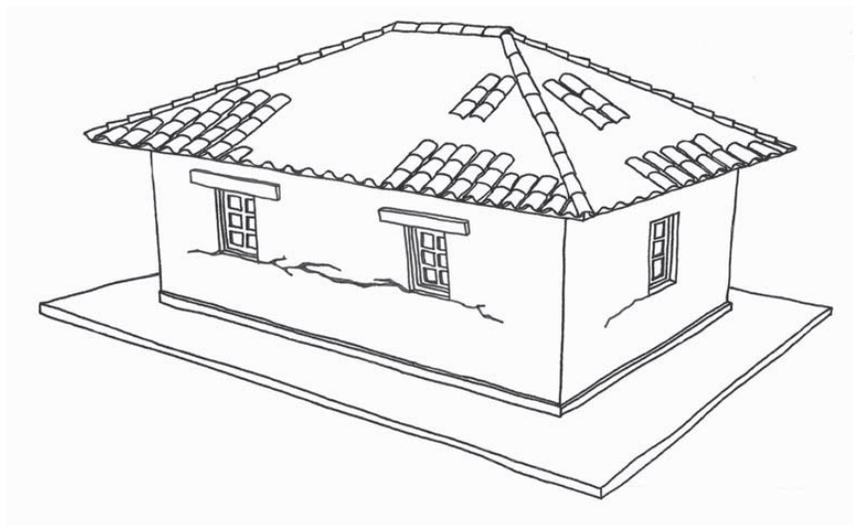
**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

- **Fisura o grieta horizontal en la parte inferior de muro:** este fenómeno se presenta en muros con problemas de humedad, inicialmente el muro absorbe agua, se expande perdiendo

compacidad hasta saturarse y finalmente se agrieta; en la tapia pisada primero se presenta una sopladura en el revestimiento que al ser retirada revela la grieta; el caso más grave es cuando el muro se separa de su base, mostrando una grieta de extremo a extremo del mismo elemento como se muestra en la figura 19 (CDT, 2012).

**Figura 20.**

*Grieta o fisura en la parte inferior de la ventana.*



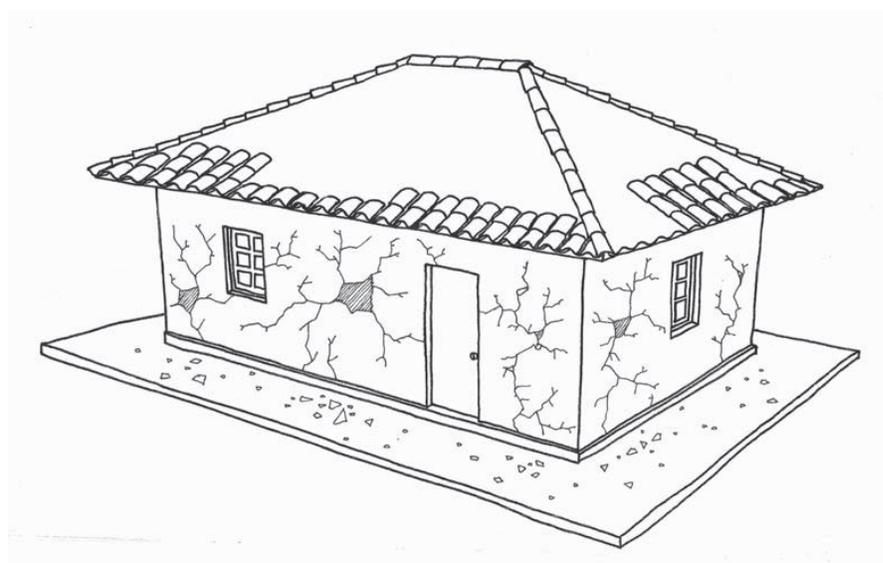
*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

• **Fisura o grieta horizontal en la parte inferior de ventana:** Se pueden producir por asentamientos o por humedad, esta patología se manifiesta como una grieta o fisura desde el borde de la ventana, generalmente la parte inferior, que como su nombre lo indica, se extiende horizontalmente por el muro tal como se muestra en la figura 20 (CDT, 2012).

- **Agrietamiento masivo de revoque o estuco:** se puede dar por desgaste del revestimiento del muro debido al tiempo, por humedad o también a causa de las fuerzas externas de la edificación; se identifica por la presencia de múltiples fisuras y sopladuras en el revestimiento del muro tal como se muestra en la figura 21; por lo general, es solo un problema estético que no compromete la capacidad estructural de la edificación, sin embargo, es necesario identificar las causas para descartar patologías que afecten en mayor grado la edificación (CDT, 2012).

**Figura 21.**

*Agrietamiento masivo del revestimiento del muro.*



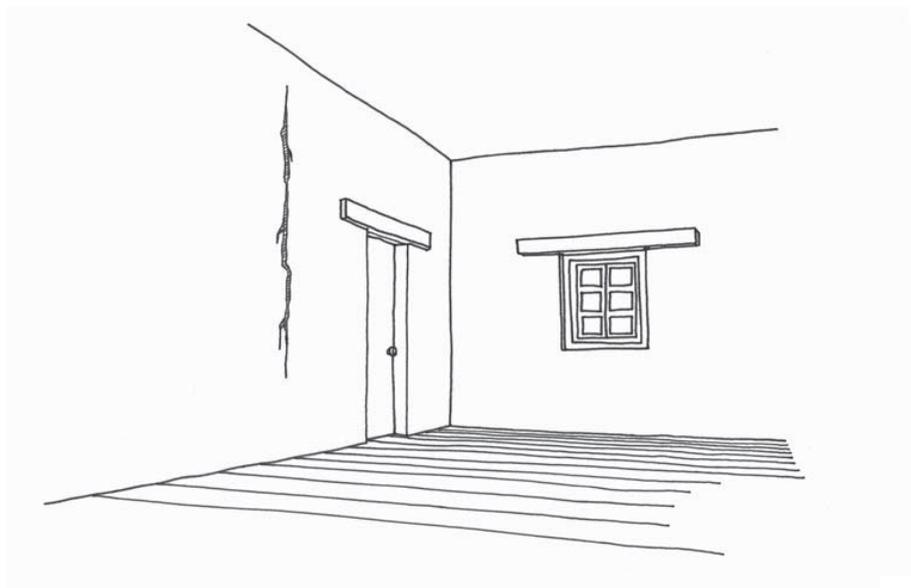
**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

- **Fisura o grieta en muro o tabique:** se puede originar por deformaciones a causa de sollicitaciones mecánicas es decir fuerzas externas que soporta el elemento estructural, por quiebres del material de tierra que compone el muro o por diferencias de rigidez en sistemas

constructivos de tierra-madera (CDT, 2012). En la figura 22 se muestra un ejemplo de esta patología.

**Figura 22.**

*Ejemplo de fisura o grieta en muro.*

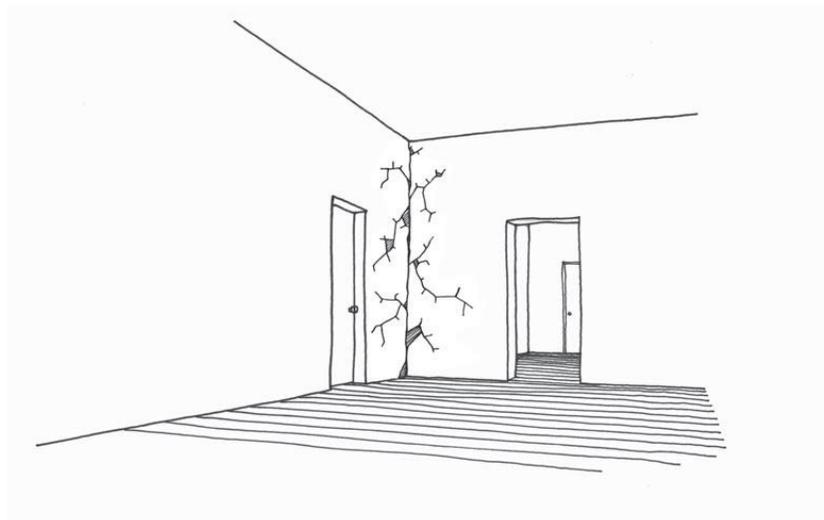


**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

• **Fisura o grieta vertical en encuentro de muro o tabique:** esta falla se produce en las zonas donde se encuentran dos muros, puede estar asociado a la deficiencia de la estructura ante las fuerzas actuantes a las que está sometido el elemento o a diferencias entre la rigidez de ambos muros (CDT, 2012). En la figura 23 se muestra un ejemplo de las características visuales de esta patología.

**Figura 23.**

*Fisura o grieta vertical en encuentro de muro.*



*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

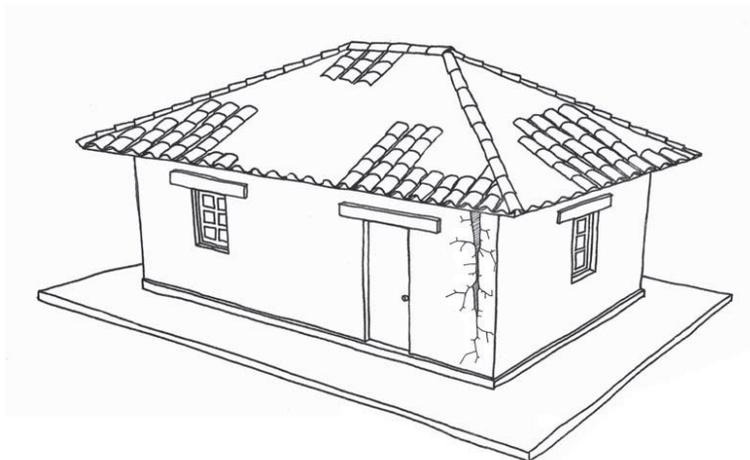
• **Fisura o grieta vertical en esquina de muros:** a diferencia de las anteriores patologías éstas solo se presentan en las esquinas de la edificación, se producen por la falta de amarre estructural entre los muros, ocasionando que se forme un corte en la parte superior tal como se muestra en la figura 24. Esta patología provoca la separación entre el muro y la viga de coronación (CDT, 2012).

• **Grietas ocasionadas desde las esquinas de muros o en forma de “X”:** se producen ante las deformaciones del muro a causa de la acción de esfuerzos a lo largo del mismo; se identifica como una grieta que se origina en las esquinas y se extiende diagonalmente tal como se

muestra en la figura 25. Este tipo de grietas pueden estar asociadas a problemas de asentamientos o humedad (CDT, 2012).

**Figura 24.**

*Grieta o fisura en esquina de muros.*

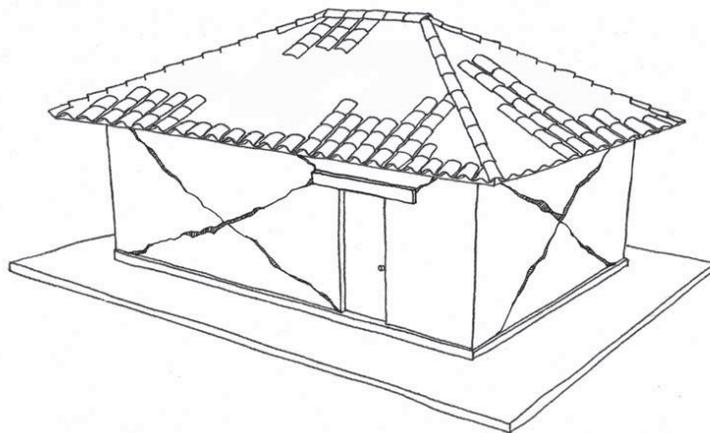


*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

• **Fisura o grieta a partir del vano de puerta o ventana:** pueden ser causadas por un mal diseño del vano de la puerta o ventana, lo que reduce la resistencia estructural del muro y se generan grietas o fisuras por efecto de corte; estas grietas se originan en las esquinas del vano y se extienden diagonalmente a  $45^\circ$  tal como se observa en la figura 26 (CDT, 2012).

**Figura 25.**

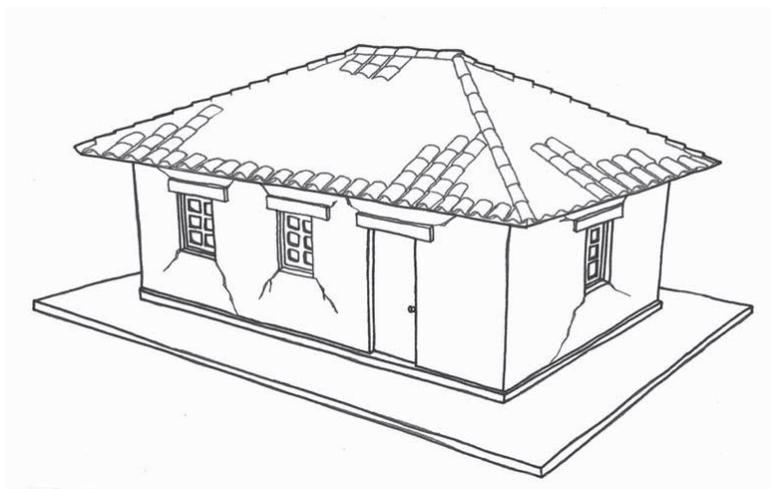
*Grietas o fisuras en las esquinas de muros en forma de "X".*



*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

**Figura 26.**

*Fisura o grieta a partir del vano de puerta o ventana.*

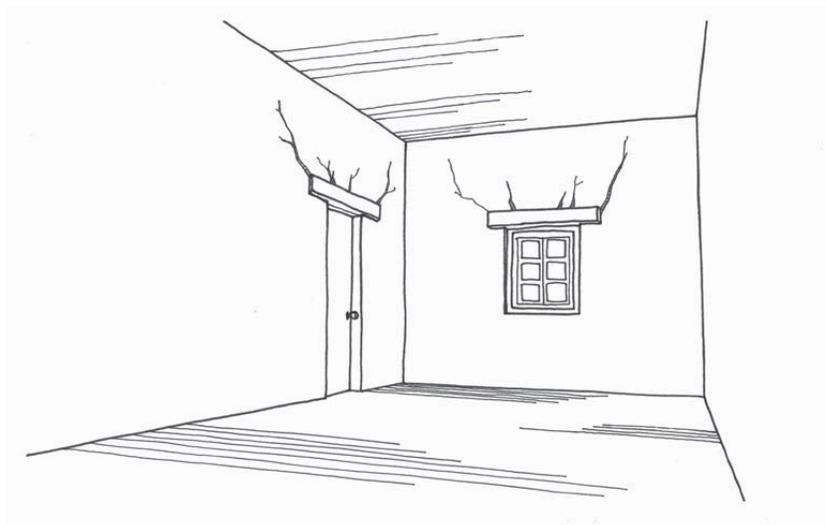


*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

• **Agrietamiento de dintel:** se puede producir por un dintel débil, con sobrecarga o poco empotrado en el muro, por vanos muy anchos o muy cercanos entre sí; se caracteriza por una grieta que se origina en la parte superior del vano y que se desarrolla diagonalmente hacia el techo, la figura 27 presenta esta situación (CDT, 2012).

**Figura 27.**

*Agrietamiento de dintel.*



*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

• **Grieta o fisura horizontal en la parte superior de muro o tabique:** son un conjunto de grietas o fisuras originadas en la parte alta del muro que, tal como se muestra en la figura 28, se extienden horizontalmente; se producen por la combinación de fuerzas horizontales y esfuerzos de compresión vertical en la parte superior del muro (CDT, 2012).

• **Grieta en la parte superior del muro a partir de los anclajes:** generalmente se presenta cuando no hay una cadena perimetral que reciba las cargas de la cubierta, por lo que se producen aberturas en el muro, a partir de los anclajes, que se extienden verticalmente por el mismo (CDT, 2012), en la figura 29 se muestra un ejemplo de esta patología.

**Figura 28.**

*Fisura o grieta horizontal en parte superior del muro.*

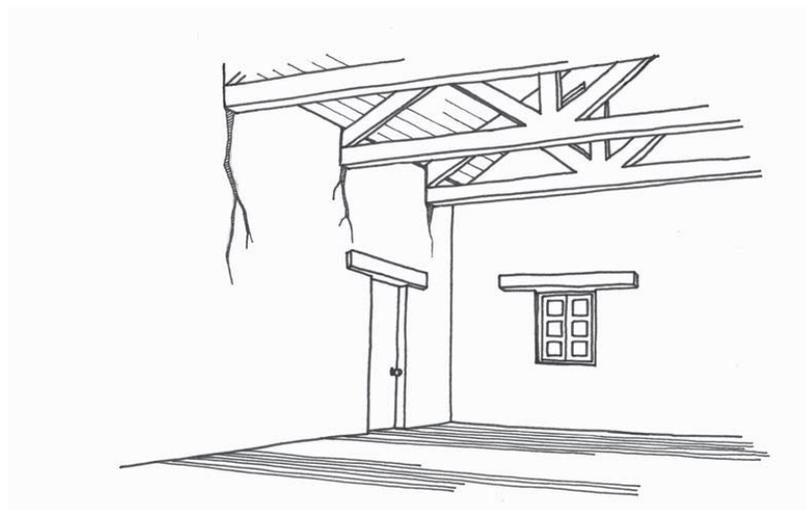


*Nota:* Tomado de: (CDT, 2012)

• **Fisura o grieta horizontal en la base del antetecho o cornisa:** se produce por la falta de unión del antetecho con la cubierta y la cadena perimetral de amarre; puede llegar a ser un daño grave, si se permite que la grieta crezca, debido al riesgo de colapso del elemento (CDT, 2012). En la figura 30 se muestra un ejemplo típico de este tipo de falla.

**Figura 29.**

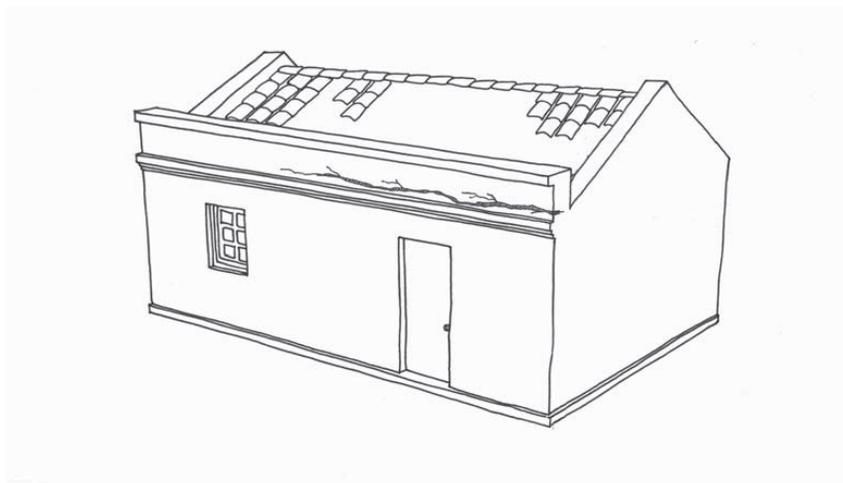
*Grieta en la parte superior del muro a partir de los anclajes de la cubierta.*



**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

**Figura 30.**

*Fisura o grieta horizontal en la base del antetecho o cornisa.*

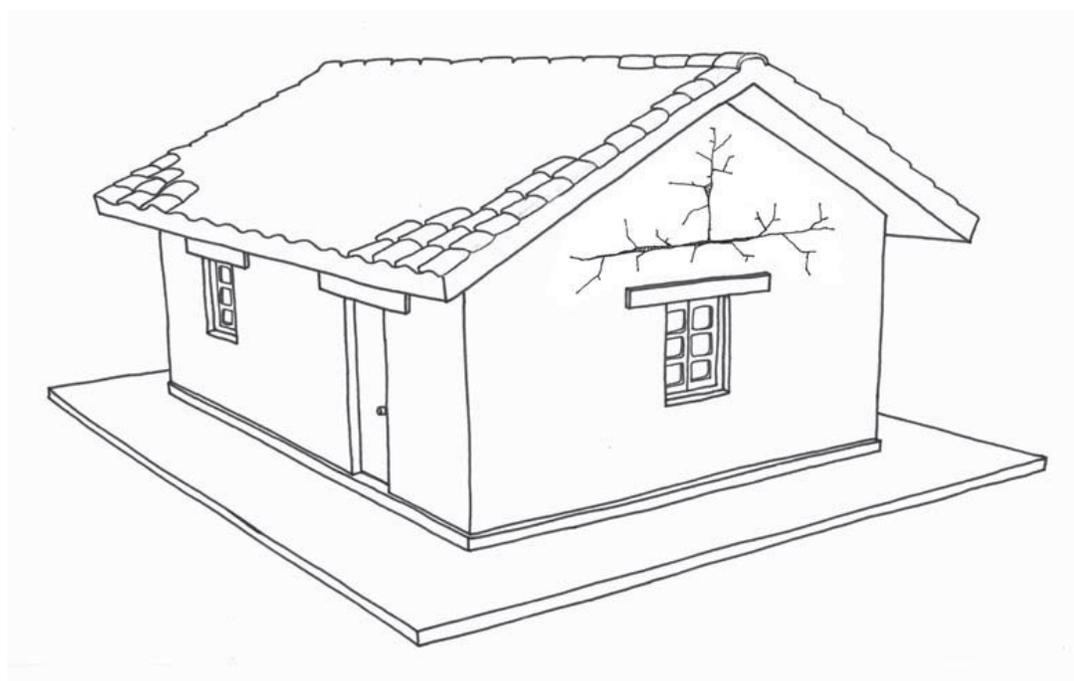


**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

• **Grietas en el tímpano:** se presenta en edificaciones con techos a dos aguas, en donde sumado a una sobrecarga estructural existe un deficiente amarre lateral en la parte superior del muro y el tímpano, generándose así una ruptura entre ambos; además se presenta como fisuras horizontales entre el muro y el tímpano, marcando la separación entre éstos; en ocasiones se desarrollan grietas verticales en el centro del elemento (CDT, 2012), tal como se muestra en la figura 31.

**Figura 31.**

*Grietas en el tímpano.*



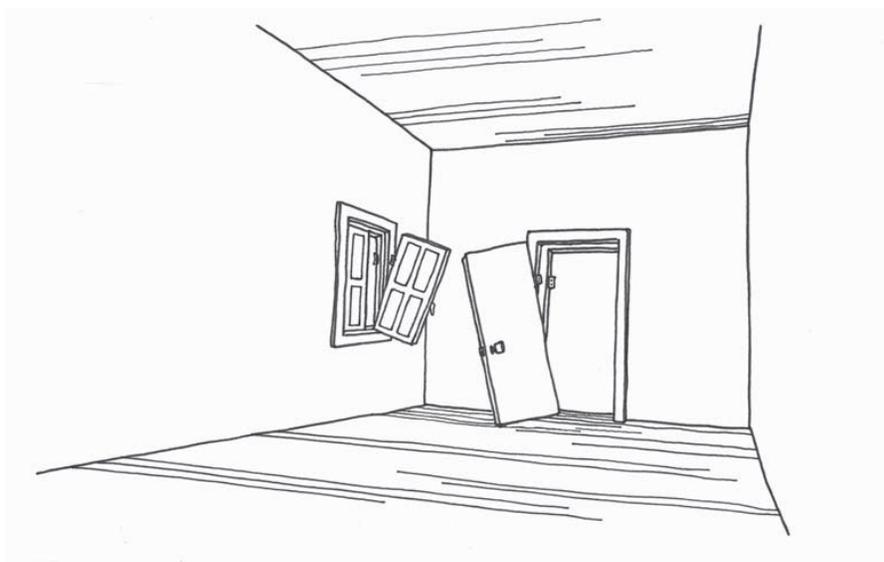
**Nota:** Tomado de: (CDT, 2012)

### ***2.3.1.7. Desvinculación de piezas***

Es el desplazamiento o giro de uno de los elementos de la edificación como lo son las ventanas, puertas o la cubierta, llegando en algunos casos al desplome del elemento; esta falla se ocasiona por desgaste del material o por la acción conjunta del tiempo y otras patologías como asentamientos, la humedad o la presencia de insectos y hongos xilófagos (CDT, 2012).

#### ***Figura 32.***

*Desvinculación entre la estructura del marco de madera y el elemento abatible.*



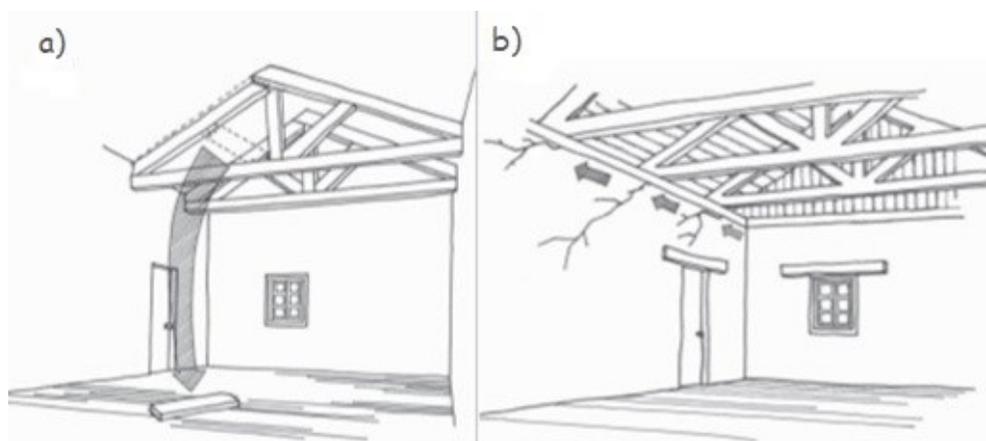
***Nota:*** Tomado de: (CDT, 2012)

Para piezas como puertas y ventanas esta patología se reconoce por la aparición de grietas alrededor del elemento afectado y posibles deformaciones geométricas que generan desniveles,

de modo que en etapas avanzadas se produce el desprendimiento del elemento, tal como se muestra en la figura 32 (CDT, 2012).

**Figura 33.**

*Desvinculación de piezas de la cubierta.*



**Nota 1:** 33.a) Desvinculación entre piezas de techumbre. 33.b) Desvinculación de la estructura de la cubierta y el muro.

**Nota 2:** Tomado de: (CDT, 2012)

Cuando el elemento afectado es la cubierta pueden presentarse fisuras o grietas en la unión del muro con la cubierta, lo que revela la pérdida de conexión entre ambos y que puede ser a causa de sobrecargas o un sistema de soporte deficiente (ver figura 33.a); también, a causa del desgaste natural de la cubierta, asociado a otras patologías, se presenta el desprendimiento de elementos de la misma, tal como se puede ver en la figura 33. b (CDT, 2012).

## 2.4. Marco teórico

La tierra como material de construcción se ha empleado en todo el mundo desde el inicio de la humanidad, siendo los sistemas con tierra cruda los más usados para todo tipo de obras de construcción, pero con la aparición del cemento “*Portland*” y la invención del “*concreto armado*” en 1867 (Facultad de Ingeniería, 2017), los sistemas constructivos de tierra cruda fueron desplazados y pasaron a considerarse como obsoletos.

A finales del siglo XX, surgió la necesidad de desarrollar estrategias de mantenimiento, rehabilitación y reforzamiento de las estructuras en tierra cruda en pro de la conservación del patrimonio cultural; en Europa, inició con el II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos de 1964, en donde se creó “*la carta de Venecia*” con la finalidad de frenar la reconstrucción de edificaciones patrimoniales, principalmente los afectados en la segunda guerra mundial (Carta de Venecia, 1964) y continuó en el año 2000 con “*la carta de Cracovia*” en donde se definieron los principios para la conservación y restauración del patrimonio construido (Carta de Cracovia , 2000) .

En América, para la década de los 90 el *Getty Conservation Institute (GCI)* inició el *Getty Seismic Adobe Project (GSAP)*, enfocado en el desarrollo de metodologías para la rehabilitación e intervención de estructuras en tierra ( *Getty Seismic Adobe Project (GSAP)*, 2016). También, están los diversos trabajos realizados en Chile que han permitido el desarrollo de normas para la intervención, mantenimiento y rehabilitación de edificaciones patrimoniales como el manual

“*Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda*” de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT, 2012), en donde se dan lineamientos sobre la evaluación de los daños que se pueden presentar en las estructuras de tierra cruda y se sugieren soluciones; también está el estudio titulado “*Técnicas de intervención para la conservación y recuperación del patrimonio Chileno en tierra*” de la arquitecta y docente Claudia Torres Gilles, en donde se comparan diferentes propuestas sobre intervención a edificaciones patrimoniales realizadas en este país después del terremoto de 2010 (Gilles, 2013).

En Colombia, la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS) ha publicado varios manuales referentes a la construcción de edificaciones en tierra cruda y a técnicas para aumentar su resistencia sísmica, como ejemplo se tiene el “*Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en Adobe y Tapia Pisada*” publicado en el año 2004 (AIS, 2004), también el documento “*AIS 610-EP-17: Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada*”, el cual fue incorporado a la Norma Sismo Resistente (NSR-10) mediante el decreto 2113 de 2019 (Congreso de Colombia, 1959).

En particular en el municipio de Ocaña Norte de Santander, en el año 2019 Arias y Quintero realizaron el trabajo de investigación titulado “*Revisión visual de las patologías presentes en las edificaciones construidas en tapia pisada que se encuentran ubicadas en el centro histórico del municipio de Ocaña Norte de Santander*”, en donde se evaluaron las patologías presentes en las edificaciones de tapia pisada ubicadas entre los barrios *Villanueva* y *San Agustín* de este municipio (Arias & Quintero, 2019), donde llegaron a la conclusión de que

las viviendas presentan, por lo general, un buen estado de conservación, requiriendo reparaciones locativas y en casos aislados intervenciones significativas a la edificación.

## 2.5. Marco legal

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se cuenta con el permiso del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre del municipio de Ocaña, para acceder a las viviendas y realizar las encuestas para la toma de datos del proyecto (ver apéndice 2).

El conjunto de estatutos legales referentes a la conservación del patrimonio vernáculo, vigentes en Colombia se listan a continuación:

- **Ley 163 de 1959:** "Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del Patrimonio Histórico, Artístico y Monumentos Públicos de la Nación" (Congreso de Colombia, 1959)

- **Ley 397 de 1997:** (Ley General de Cultura). "Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias". (Congreso de Colombia, 1997)

- **Ley 1185 de 2008:** “por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 -Ley General de Cultura- y se dictan otras disposiciones” (Congreso de Colombia, 2008).

- **Decreto 763 de 2009:** “Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material” (Presidente de la Republica de Colombia , 2009) .

- **Decreto 2358 de 2019:** “Por el cual se modifica y adiciona el decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura, en lo relacionado con el Patrimonio Cultural Material e Inmaterial” (Presidencia de la República de Colombia, 2019).

- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente (NSR-10):** Es el reglamento encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural sea favorable ( Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

- **Decreto 2113 de 2019:** “por el cual se incorpora al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 el documento AIS-610-EP-2017 - Evaluación e

Intervención de Edificaciones Patrimoniales de uno y dos pisos de Adobe y Tapia Pisada, y se dictan otras Disposiciones” (Presidencia de la Republica de Colombia, 2019).

## Capítulo 3. Diseño metodológico

### 3.1. Tipo de investigación

Para el desarrollo del proyecto “*Creación de una guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para las construcciones en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña de norte de Santander*”, se empleará una metodología de investigación de tipo aplicada, donde se tendrá un nivel de profundización descriptivo en base al análisis de datos cuantitativos, debido a que por medio de recopilación de información teórica y en campo, se desarrollarán mecanismos que permitan lograr el objetivo general.

### 3.2. Población y muestra

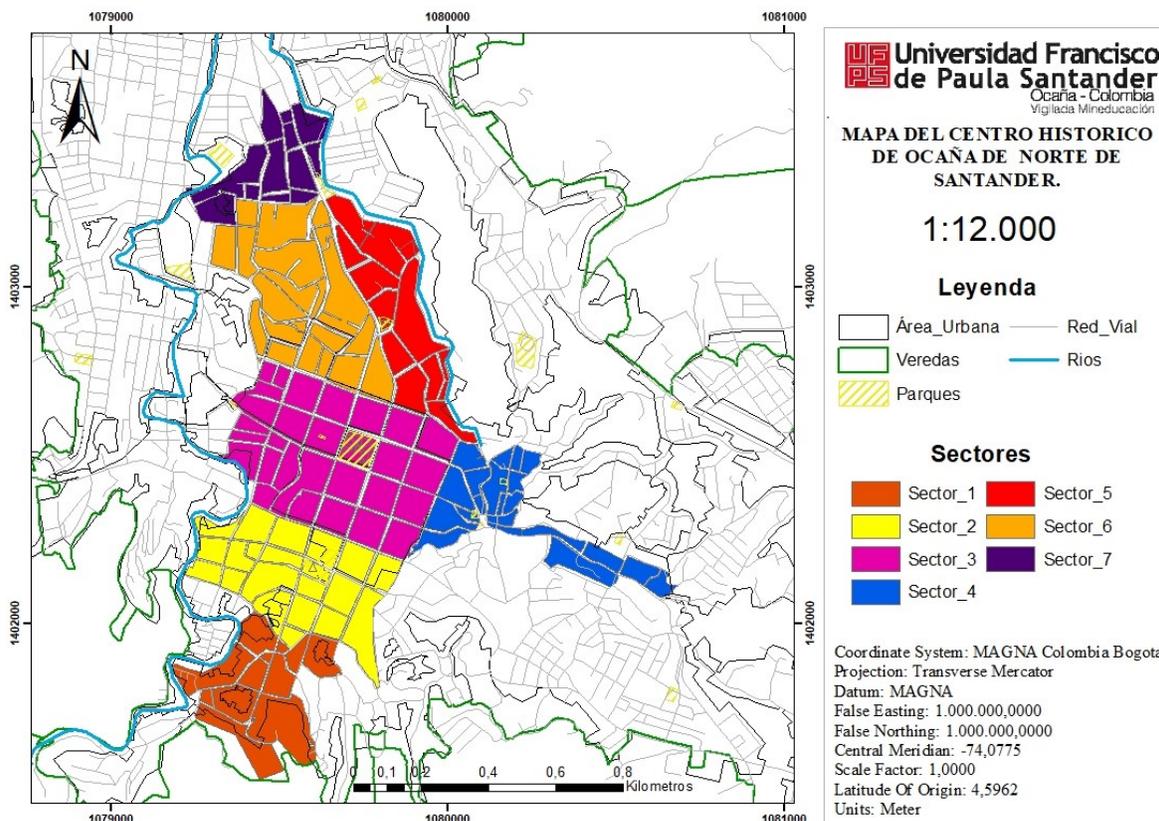
#### 3.2.1. Población.

La población a la cual está dirigido el proyecto, corresponde a las edificaciones en tapia pisada ubicadas en el centro histórico del municipio de Ocaña, Norte de Santander, el cual comprende barrios como *El Playón, El Llano Echavez, La Popa, La Costa, San Francisco, Villanueva, San Antonio, Las Llanadas*, entre otros; como se mencionó anteriormente la figura 2 presenta la zona de estudio.

### 3.2.2. Muestra.

**Figura 34.**

*División en sectores para la selección de la muestra.*



**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

Mediante un reconocimiento visual del centro histórico de Ocaña se identificaron 1173 edificaciones que aún conservan la arquitectura colonial característica de la tapia pisada, para la selección del número de edificaciones a las que se les realizará la encuesta, se dividió la zona de estudio en sectores según el uso del suelo, la topografía, el desarrollo turístico y las condiciones

culturales del lugar, tal como se muestra en la figura 34. Por medio de esta distribución de sectores se pretende encontrar algún tipo de relación entre el estado actual de las estructuras en tapia pisada y las variables mencionadas anteriormente, además permitirá utilizar un modelo estadístico probabilístico estratificado para seleccionar la muestra de edificaciones que se analizarán en cada sector.

Según lo anterior y como se ve en la figura 34 se pudieron separar 7 sectores, los cuales se caracterizan a continuación:

Sector 1: conformado por los barrios *Villanueva, el Llanito y Jesús Cautivo*, se caracteriza por ser un sector residencial, de alto interés cultural y turístico del municipio.

Sector 2: conformado por *La Costa, El Tejarito, El Milanés, San Francisco y el Carretero*, es un sector de uso residencial que cuenta con un punto histórico y cultural invaluable como lo son el *Complejo Histórico de San Francisco y el Colegio José Eusebio Caro*.

Sector 3: se caracteriza por ser la zona céntrica del municipio y por contar con los primeros asentamientos urbanos, actualmente es una zona comercial y turística, en donde se destaca *la Plaza del 29 de Mayo, la Catedral de Santa Ana y la Alcaldía Municipal*.

Sector 4: se compone de los barrios *La Piñuela, San Antonio, El Palomar y Tacaloa* entre los cuales está la *Quebrada del Tejar* y es una zona que ha sufrido problemas de inundaciones.

Sector 5: zona residencial de llanura, ubicada junto al *rio Chiquito*, conformada por los barrios *Betania, Hacaritama, San Agustín y la Popa*. En esta zona también se destacan los puntos históricos del *Museo Antón García de Bonilla y La Iglesia de San Agustín*.

Sector 6: zona principalmente comercial conformada por los barrios *La Rotina, Las Cajas, Calle Escobar, El Mercado y San Cayetano*.

Sector 7: zona residencial conformada por los *barrios El Martinete, El Llano Echavez, El Uvito y el Playón*, un sector de interés cultural por su antigüedad.

La muestra de edificaciones se determinó por medio de la fórmula para poblaciones finitas mostrada en la ecuación 1:

$$n = \frac{(N * Z^2 * p * q)}{(e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q)} \quad (1)$$

Dónde:

n= tamaño de la muestra

N = tamaño de la población, para este caso es 1173 edificaciones.

$Z$  = Valor obtenido mediante niveles de confianza, de acuerdo a varios autores (Rodríguez, 2006) (Mayor, 2011), se recomienda seleccionar un nivel de confianza del 95% que es el porcentaje mínimo para considerar una investigación confiable, según las tablas para curvas normales, para el porcentaje de 95% se tiene que el valor de  $Z$  es de 1.96.

$e$  = Límite aceptable de error maestral, varía de 1 al 10%, para esta investigación se toma del 10%.

$p$  = probabilidad de ocurrencia de la variable, para este caso es la probabilidad de que la edificación (que cumple con la característica de tener una arquitectura colonial) sea construida en tapia pisada.

$q$  = probabilidad de no ocurrencia de la variable, está directamente relacionada con la variable “ $p$ ” por la siguiente expresión:  $q = (1-p)$

Para el caso de este proyecto se tomará “ $p$ ” y “ $q$ ” con el valor de 50% puesto que solo se tiene la probabilidad de que una edificación con características coloniales sea de tapia pisada o no. Por tanto, al reemplazar las variables, se tiene:

$$n = \frac{(1173 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5)}{(0.1^2 * (1173 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5)} = 89$$

Por lo tanto, el número total de edificaciones analizadas será de 89, que se distribuirán por sectores con ayuda de la expresión estadística empleada en el muestreo probabilístico estratificado:

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right). \quad (2)$$

Dónde:

$n_i$ = tamaño de muestra por sector

$N_i$ = población por sector

$n$ = tamaño de la muestra total

$N$ = tamaño total de la población

Para esta investigación se ha dividido el área de estudio en 7 sectores descritos previamente al comienzo de esta sección, y que se detallaron en la figura 34. La tabla 3 muestra el tamaño de la muestra por sectores luego de todo el análisis estadístico.

**Tabla 3.**

*Tamaño de muestra por sectores*

SECTOR	$N_i$	$n_i$
--------	-------	-------

<b>1</b>	171	13
<b>2</b>	257	19
<b>3</b>	228	17
<b>4</b>	238	18
<b>5</b>	101	8
<b>6</b>	122	9
<b>7</b>	56	5
<b>TOTAL</b>	<b>1173</b>	<b>89</b>

### 3.3. Diseño de instrumentos de recolección de información y técnicas de análisis de datos

Para la recolección de datos se diseñó una encuesta con el objetivo de reunir toda la información necesaria, cuantificar el estado de las edificaciones en estudio (según muestra obtenida) y determinar las patologías más frecuentes para su posterior análisis.

La encuesta construida para esta investigación tiene en cuenta, además de otras particularidades, aspectos tan relevantes como: *tipo de patología, nivel de daño, antigüedad de la edificación, tipo de intervenciones y tipos de mantenimiento que se le ha realizado a la estructura*, entre otros. El apéndice 1 presenta el formulario empleado con todas las características evaluativas de las diferentes variables analizadas.

En términos generales, en la encuesta se emplea una escala de intervalos para determinar la antigüedad y la frecuencia con la que se interviene la edificación, también se emplea una

escala de lista para identificar los tipos de daños presentes en cada zona de la edificación junto a una escala de Likert para cualificar su el nivel de daño.

En particular y teniendo en cuenta la importancia de la variable “*nivel de daño de la estructura*”, se hace a continuación una pequeña descripción de dicha variable para la cual se establecieron cuatro niveles de valoración visual, así, *leve, moderado, grave y emergencia*; esta valoración depende de la visibilidad de la falla y la forma en que afecta la estabilidad y uso de la edificación, de esta manera, la caracterización del *nivel de daño* en cada categoría es:

Nivel de daño leve: comprende un nivel de afectación mínimo que no compromete el uso o estabilidad del elemento evaluado, son fallas que pueden pasar desapercibidas y que se manifiesta en zonas puntuales sin repeticiones.

Nivel de daño moderado: se tiene un deterioro de fácil percepción y que afecta la estética del elemento sin comprometer su estabilidad y uso, corresponde a fallas que pueden corregirse con técnicas de mantenimiento preventivo. También se considera un daño moderado al conjunto de fallas leves que son reiteradas en la edificación.

Nivel de daño grave: hace referencia a un nivel avanzado de deterioro que afecta la funcionalidad del elemento y por ende la estabilidad general de la estructura sin convertirse en un riesgo inminente.

Nivel de daño de Emergencia: corresponde a un conjunto de daños graves que conducen un riesgo de colapso general del elemento o la edificación.

### **3.4. Análisis de la información.**

Una vez obtenida la información, ésta fue tabulada y analizada a partir de estadística descriptiva. Posteriormente y para una mayor visualización de los resultados, se elaboró una base de datos en un sistema de información geográfica (SIG) (ArcGis), el cual también permitió establecer correlaciones entre las patologías encontradas, el nivel de daño de dichas patologías y la sectorización de la zona de estudio.

Finalmente, con la información recopilada, la identificación del estado actual de las estructuras, el análisis de los datos y la geo-referenciación de la información se logró crear una guía básica de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de edificaciones en tapia pisada para el centro histórico del municipio de Ocaña Norte de Santander, la cual incluso podría ser replicada para otras regiones del país o algunos lugares en el mundo.

La tabla 4 presenta en términos generales, el proceso metodológico seguido para desarrollar esta investigación, cabe resaltar que se divide en cuatro fases donde la primera hace referencia a la recopilación de la información y diseño de la encuesta, la segunda a la aplicación

de la misma, la tercera fase, al análisis y geo-referenciación de los datos obtenidos y la última fase trata sobre la creación de la guía de mantenimiento.

**Tabla 4.**

*Fases del proyecto de investigación.*

<b>FASE</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>FASE I</b>	Recopilación de información y estado del arte	Se inicia con la recolección de información existente referente al mantenimiento de edificaciones en tapia pisada presente en trabajos de grado y libros alusivos al tema de estudio.
	Reconocimiento de campo y determinación de la población	Se realiza un reconocimiento de la zona en estudio con la finalidad de identificar la población objetivo.
	Estimación del tamaño de la muestra	Se determina la muestra mediante la utilización de metodologías estadísticas dando a conocer el número de edificaciones a analizar y cómo se distribuirán en la zona de estudio.
	Diseño de instrumento de recolección de información	Se formula un instrumento (tipo encuesta) de recolección de información con el objetivo de cuantificar y cualificar el estado de las edificaciones en tapia pisada.
<b>FASE II</b>	Aplicación de la encuesta	Para conocer el estado de las edificaciones en tapia pisada existentes en el centro histórico de Ocaña, se aplicarán encuestas en las viviendas con el fin de recolectar la información requerida para el estudio.
	Análisis de la información recolectada	Una vez realizada la encuesta, se consolida la información y se evalúan los resultados obtenidos analizando los diferentes factores importantes tales como las patologías encontradas, antigüedad de la edificación, intervenciones anteriores, etc.

<b>FASE</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>FASE III</b>	Geo-referenciación de la información recolectada en el Software ArcGIS	Luego de realizada la encuesta y analizada la información obtenida se recopila y organiza con ayuda del Software ArcGIS con el objetivo de crear y administrar una base de datos geográficos.
<b>FASE IV</b>	Diseño de la Guía	Con los resultados obtenidos en las fases anteriores se realiza la guía de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de las patologías identificadas en las construcciones en tapia pisada del centro histórico de Ocaña.

## Capítulo 4. Resultados

### 4.1. Caracterización de los daños identificados en las construcciones de tapia pisada del Centro Histórico del Municipio de Ocaña

De acuerdo a los instrumentos y métodos estadísticos definidos en el capítulo 3 de este documento, desde el mes de diciembre de 2021 hasta el mes de mayo de 2022 se realizaron las encuestas en el centro histórico de Ocaña.

En la tabla 5, se listan las patologías que se presentan en las edificaciones de tapia pisada de acuerdo al número de veces que se presentan en la zona estudiada, donde se observa su clasificación, el tipo de patología, la cantidad de veces que se repite cada tipo de falla en la encuesta y el porcentaje de acuerdo al total de patologías identificadas, ordenadas de mayor a menor.

Según lo observado en campo, cabe resaltar que, aunque las fisuras y grietas corresponden a la misma clase de patología, las fisuras son fallas de carácter superficial y las grietas corresponden a una abertura profunda que generalmente se extiende por el espesor del elemento afectado, lo que conlleva a tratar cada una de ellas como una clase de patología independiente.

**Tabla 5.***Listado de patologías según su frecuencia.*

<b>Clase</b>	<b>Tipo de patología</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Fisuras	Sentido vertical en esquina de muro	40	8,95%
Fisuras	En revoque o estuco	40	8,95%
Agentes bióticos	Hongos xilófagos	32	7,16%
Humedad	Parte superior del muro	31	6,94%
Humedad	Parte inferior del muro	27	6,04%
Agentes bióticos	Insectos xilófagos	27	6,04%
Fisuras	En los anclajes de cubierta	24	5,37%
Fisuras	Agrietamiento de dintel	22	4,92%
Fisuras	En muro o tabique en zonas intermedias	21	4,70%
Fisuras	En vano de puerta	19	4,25%
Desvinculación de piezas	Cubierta	17	3,80%
Asentamientos o deformaciones	Hundimiento de piso	17	3,80%
Fisuras	En forma de "X"	15	3,36%
Fisuras	Sentido Vertical en encuentro de muro o tabique	10	2,24%
Grietas	En revoque o estuco	9	2,01%
Fisuras	En vano de ventana	9	2,01%
Grietas	En los anclajes de cubierta	8	1,79%
Humedad	Piso	6	1,34%
Desvinculación de piezas	Puertas	6	1,34%
Grietas	Sentido Vertical en esquina de muro	6	1,34%
Asentamientos o deformaciones	Deformación de la parte del muro	6	1,34%
Humedad	Zona puntual del muro	5	1,12%
Grietas	Sentido Vertical en encuentro de muro o tabique	5	1,12%
Asentamientos o deformaciones	Asentamiento de piso	5	1,12%
Agentes bióticos	Vegetación, musgo y líquenes	4	0,89%
Desvinculación de piezas	Muro	4	0,89%
Grietas	En muro o tabique en zonas intermedias	3	0,67%
Grietas	En forma de "X"	3	0,67%

Clase	Tipo de patología	Frecuencia	%
Grietas	En vano de puerta	3	0,67%
Grietas	En vano de ventana	3	0,67%
Fisuras	Sentido Horizontal en la parte inferior de ventana	3	0,67%
Asentamientos o deformaciones	Asentamiento de muro	3	0,67%
Grietas	Sentido Horizontal en parte superior de muro o tabique	2	0,45%
Grietas	Agrietamiento de dintel	2	0,45%
Fisuras	Sentido Horizontal en parte superior de muro o tabique	2	0,45%
Fisuras	Tímpano	2	0,45%
Desvinculación de piezas	Ventanas	1	0,22%
Grietas	Sentido Horizontal en la parte inferior del muro	1	0,22%
Grietas	Tímpano	1	0,22%
Fisuras	Sentido Horizontal en la parte inferior del muro	1	0,22%
Fisuras	Sentido Horizontal en base del antetecho o cornisa	1	0,22%
Asentamientos o deformaciones	Desnivel de cubierta por asentamiento	1	0,22%
Agentes bióticos	Animales (Ratones, aves, etc.)	0	0,00%
Grietas	Sentido Horizontal en la parte inferior de ventana	0	0,00%
Grietas	Sentido Horizontal en base del antetecho o cornisa	0	0,00%
Asentamientos o deformaciones	Asentamiento de cimiento o sobrecimiento	0	0,00%
TOTAL		447	100%

En la tabla 6, se observan las clases de patologías ordenadas de acuerdo a su porcentaje de frecuencia en la muestra de edificaciones evaluadas; se evidencia que la clase de patología más común son *las fisuras*, identificado en un 89% de la muestra seleccionada del polígono representativo del centro histórico del municipio de Ocaña; seguido se encuentra *la humedad* donde 58 casas presentaron al menos una falla de esta tipo de clase, configurando un 65% de la muestra analizada; y llama la atención que *los agentes bióticos* se presentan en un 51% de las viviendas evaluadas, lo que infiere la poca relevancia que se le da a ésta problemática.

Por otra parte, *las grietas, asentamientos o deformaciones y la desvinculación de piezas* se manifiestan de forma menos frecuente con menos del 40% de frecuencia en la muestra seleccionada. Cabe resaltar que todas las clases de patologías están correlacionadas unas con otras, ya que unas son causa y efecto de la aparición de las otras.

**Tabla 6.**

*Frecuencia de los tipos de patologías.*

<b>Clase</b>	<b># de edificaciones</b>	<b>% de la muestra</b>
Fisura	79	89%
Humedad	58	65%
Agentes bióticos	45	51%
Grieta	28	31%
Asentamiento o deformación	25	28%
Desvinculación de piezas	20	22%

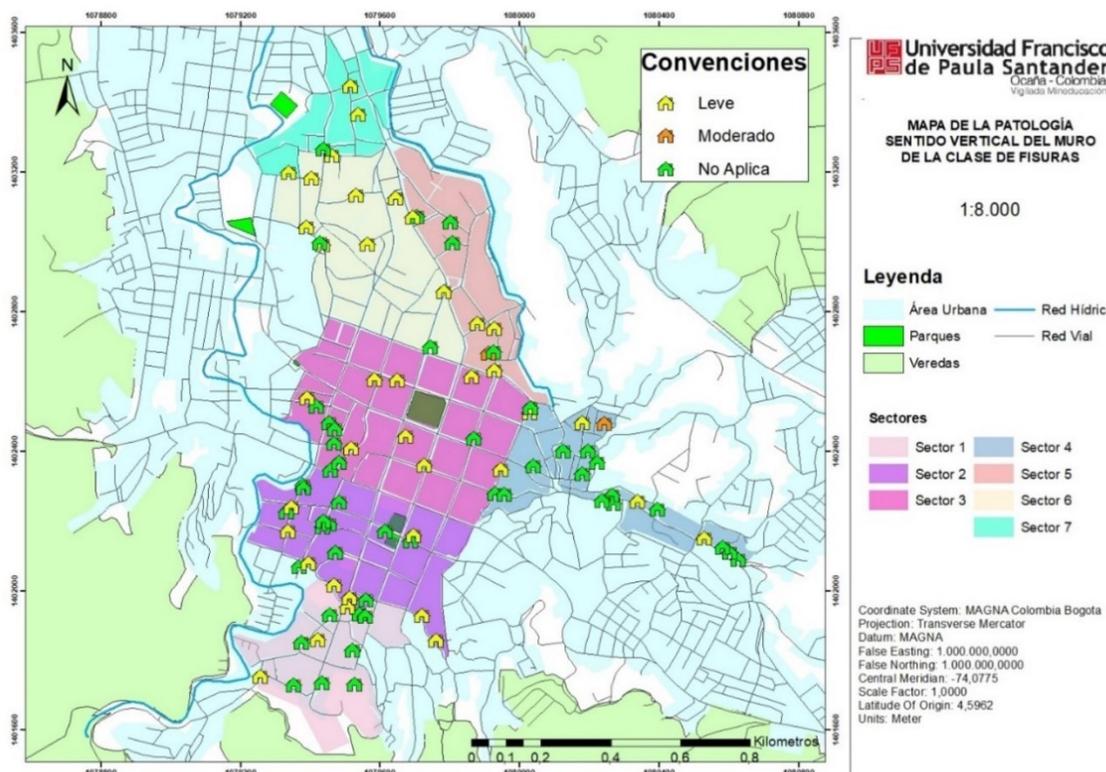
#### **4.2.Geo-referenciación de las patologías identificadas en el Centro Histórico del Municipio de Ocaña.**

Con la información obtenida mediante las encuestas realizadas a las viviendas del centro histórico de Ocaña, se ordenó una base de datos con ayuda del software de geo-referenciación ArcGIS y por medio de este se pudo establecer una relación entre las patologías más comunes con respecto a su ubicación y la división por zonas que se realizó, tal como se puede observar en los siguientes mapas.

Cabe anotar que solo se hace una pequeña descripción sobre las patologías que superan el 2% en la frecuencia de aparición según la tabla 5.

**Figura 35.**

*Fisura en sentido vertical en esquina del muro.*



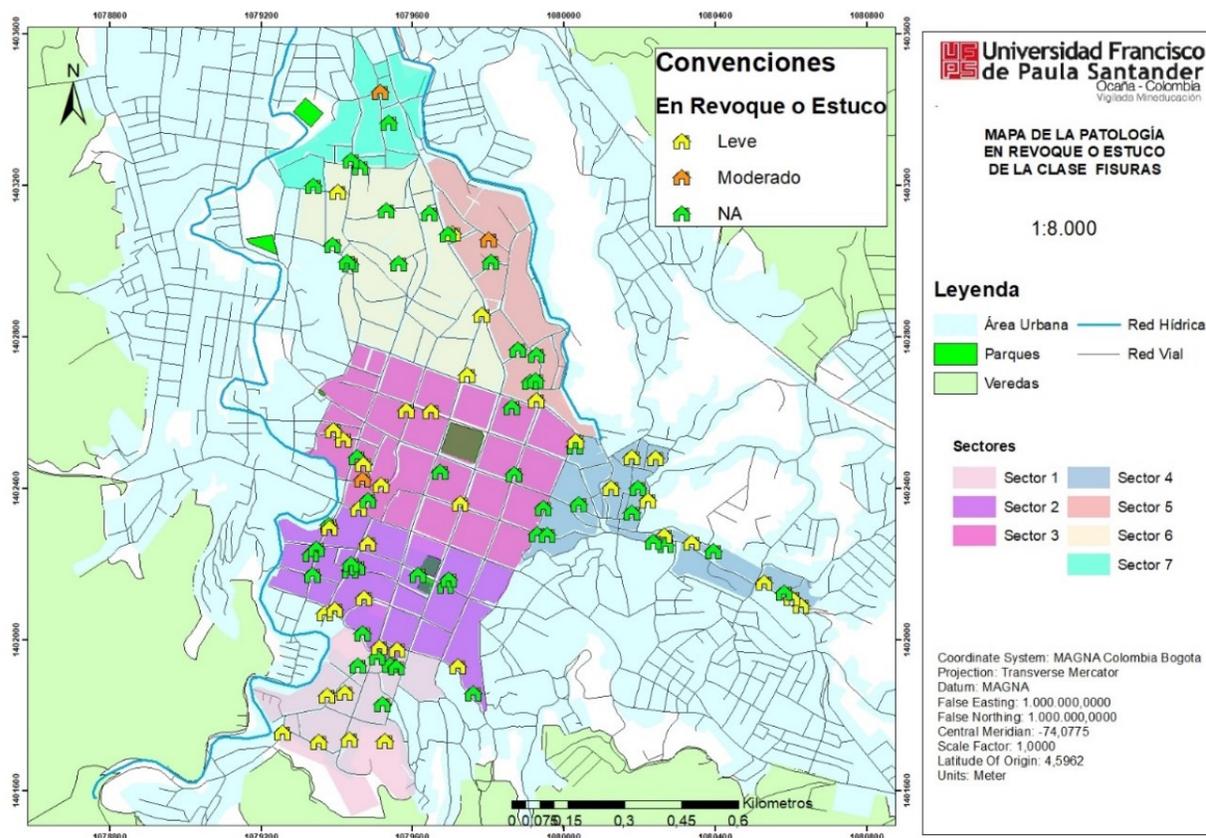
**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la figura 35, se observa la ubicación de las edificaciones analizadas diferenciando aquellas que presentan la patología del tipo fisura en sentido vertical en esquina de muro con respecto al nivel de daño; esta patología presenta una distribución irregular en toda el área de estudio con un nivel de daño leve y solo una edificación en el sector 4 presenta un nivel de daño

moderado. Esta falla se presenta con mayor frecuencia en el frente de las edificaciones y se atribuye a la influencia del tráfico vehicular e intervenciones viales.

**Figura 36.**

*Fisura en revoque o estuco.*

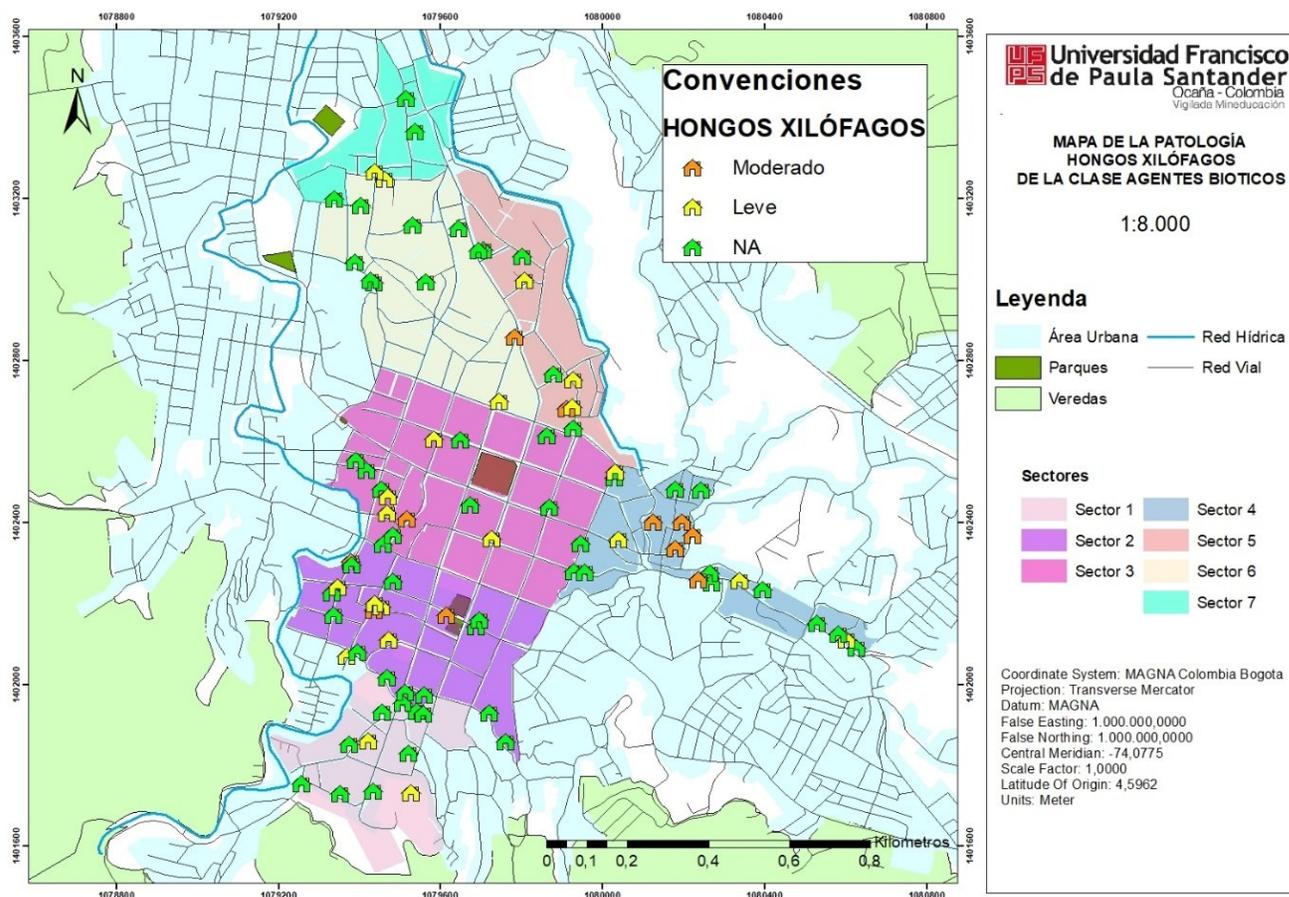


**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la figura 36, se observa la frecuencia con que se presenta la fisura de revoque o estuco, esta patología presenta una distribución dispersa, aunque ligeramente concentrada en los sectores 1,2,3, y 4 con un nivel de daño leve, entre sus causas se puede identificar la falta de

mantenimiento y la exposición a factores climáticos. Algunas de estas viviendas se ubican en los barrios *Villanueva, el palomar y Tacaloa*.

**Figura 37.**  
*Hongos Xilófagos.*



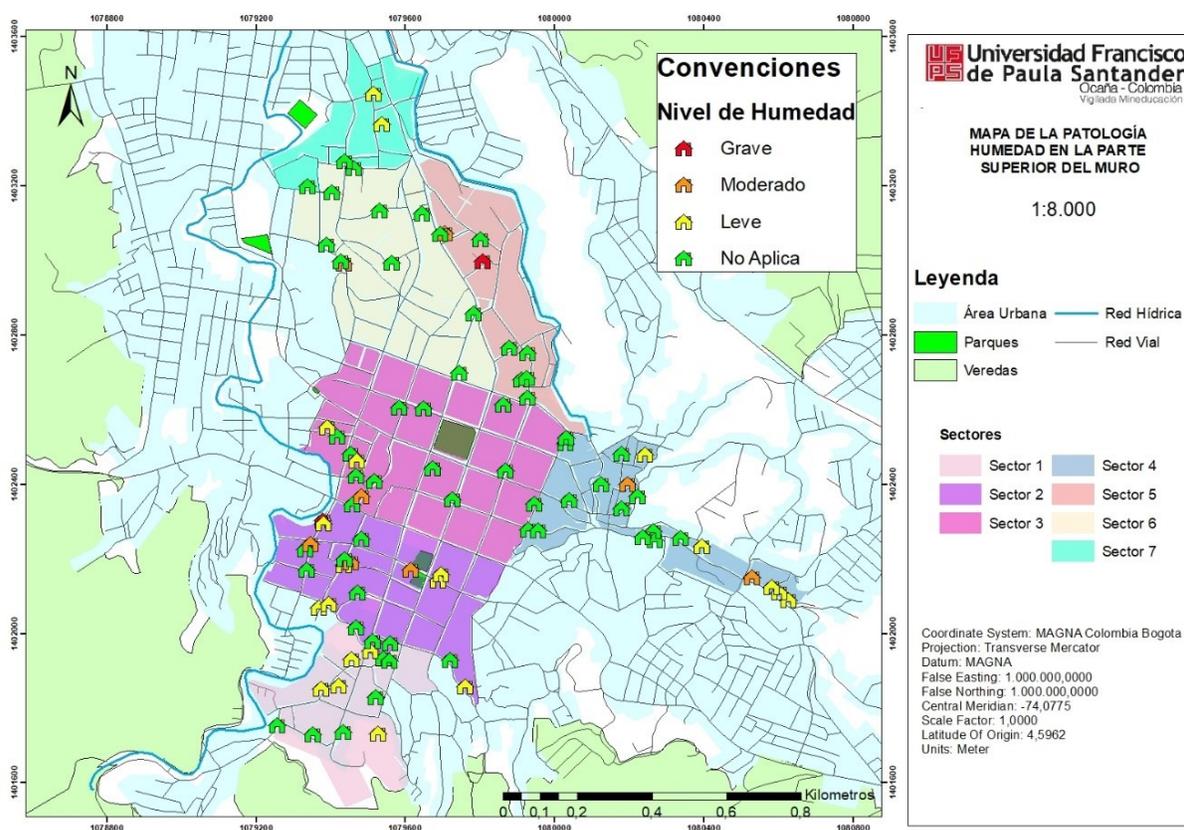
*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

La distribución geográfica de la patología de hongos xilófagos que se observa en la figura 37, muestra que es una patología que se presenta en toda la zona evaluada, sin embargo, las edificaciones con un nivel de daño más moderado se ubican cerca de los afluentes de agua como

ocurre en los sectores 3, 4 y 5, siendo más notorio en el sector 4, que corresponde a los barrios *Tacaloa*, *San Antonio* y *la Piñuela*. Igualmente se observa algunas edificaciones con nivel leve en el sector 2 y 3, los cuales están cercanos *al río Tejo*.

**Figura 38.**

*Humedad en parte superior del muro.*

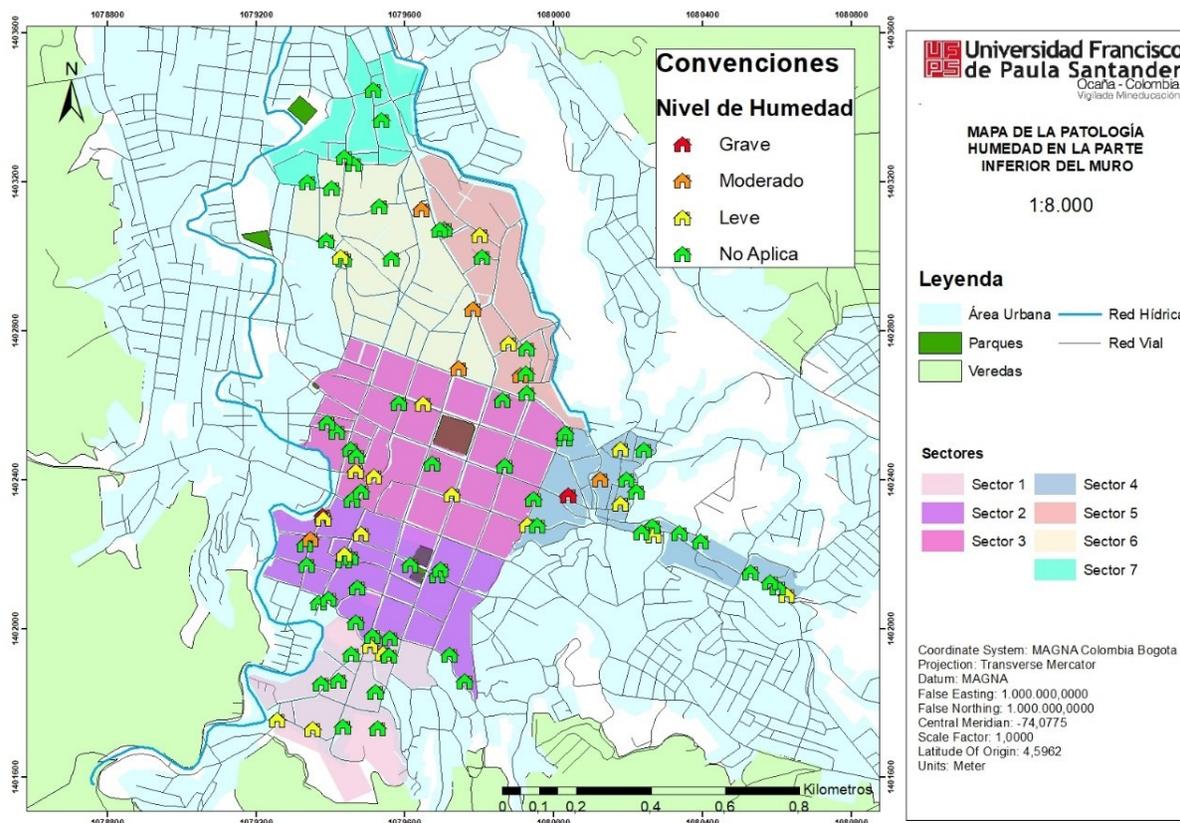


**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

Para las patologías más frecuentes dentro del clase de humedad, se tiene la humedad en la parte superior e inferior del muro (figuras 38 y 39, respectivamente), en estas se puede observar cómo se agrupan la mayoría de viviendas afectadas en las cercanías a las fuentes hídricas.

**Figura 39.**

*Humedad en la parte inferior de muro.*



*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

Se observa que la patología del tipo humedad en la parte superior del muro (ver figura 38) muestra una distribución concentrada en las cercanías del río tejo en los barrios *Villanueva*, *La Costa*, *Urbanización Marina* y *El Torito*, perteneciente a los sectores 1,2 y 3, además de una menor concentración en las viviendas cercanas a la *Quebrada del Tejar* ubicadas en el sector 4.

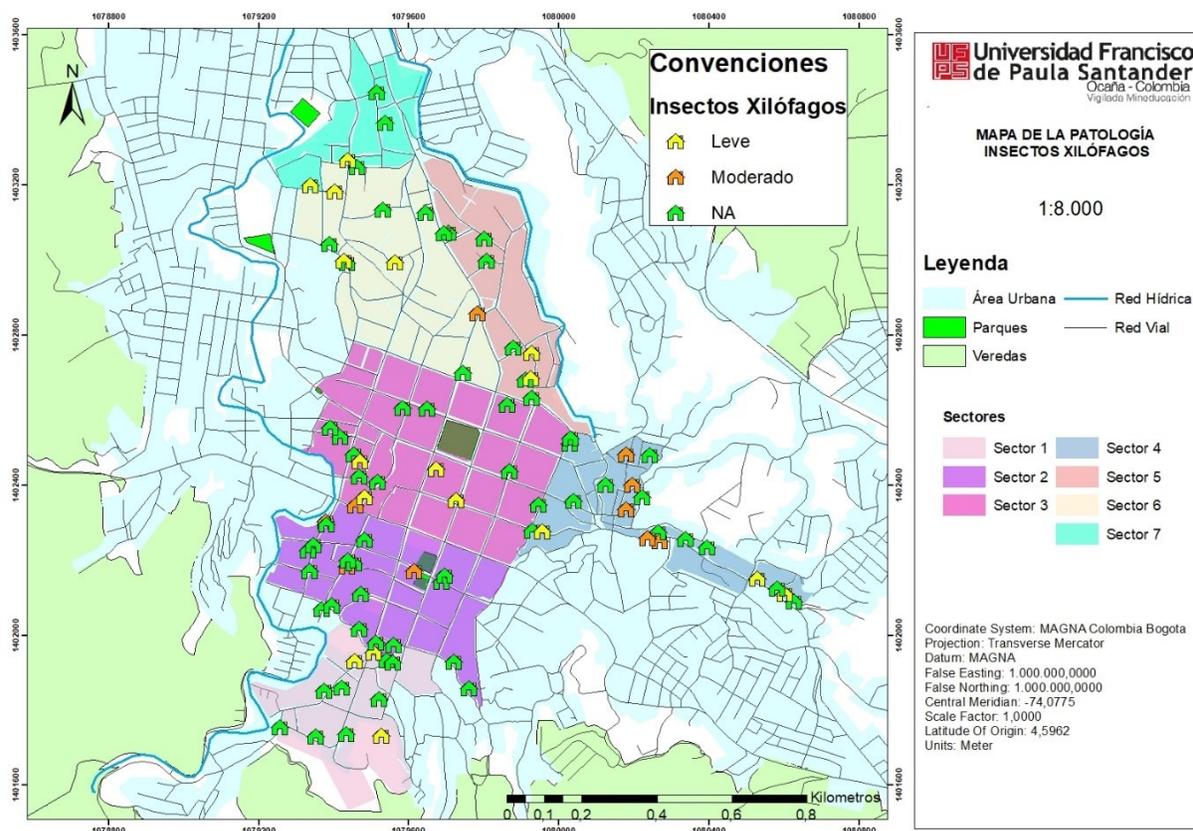
En la figura 39 se observa la patología de humedad en la parte inferior del muro, al igual que la humedad en la parte superior del muro, se presenta una concentración de edificaciones afectadas en las cercanías al *rio Tejo, la quebrada del tejar y el rio chiquito*; entre las causas de esta patología se destaca la condensación y la capilaridad del agua.

**Tabla 7.**

*Causas de las patologías de Humedad.*

<b>Humedad</b>		
<b>Causas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
Goteras	42	56,0%
Condensación de agua	14	18,7%
Ascensión capilar	12	16,0%
Filtraciones de agua	7	9,3%
Revestimiento de muros incompatibles	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100%</b>

Durante la realización de las encuestas, se llevó un registro de las causas que se identificaron para las patologías del tipo de humedad, las cuales se listan en la tabla 7 en donde se observa que las principales causas de la humedad se deben a goteras, en menor proporción se tiene la condensación y la ascensión capilar del agua, lo que se relaciona con la cercanía de las edificaciones a las fuentes hídricas, cabe aclarar que estas edificaciones no cumplen con lo estipulado en el decreto 1449 de 1997 en el que se prohíben las construcciones en una distancia de 30 metros de la rivera del río (Presidencia de la República de Colombia, 1997), debido a que estos asentamientos urbanos se establecieron mucho antes de la creación de este decreto.

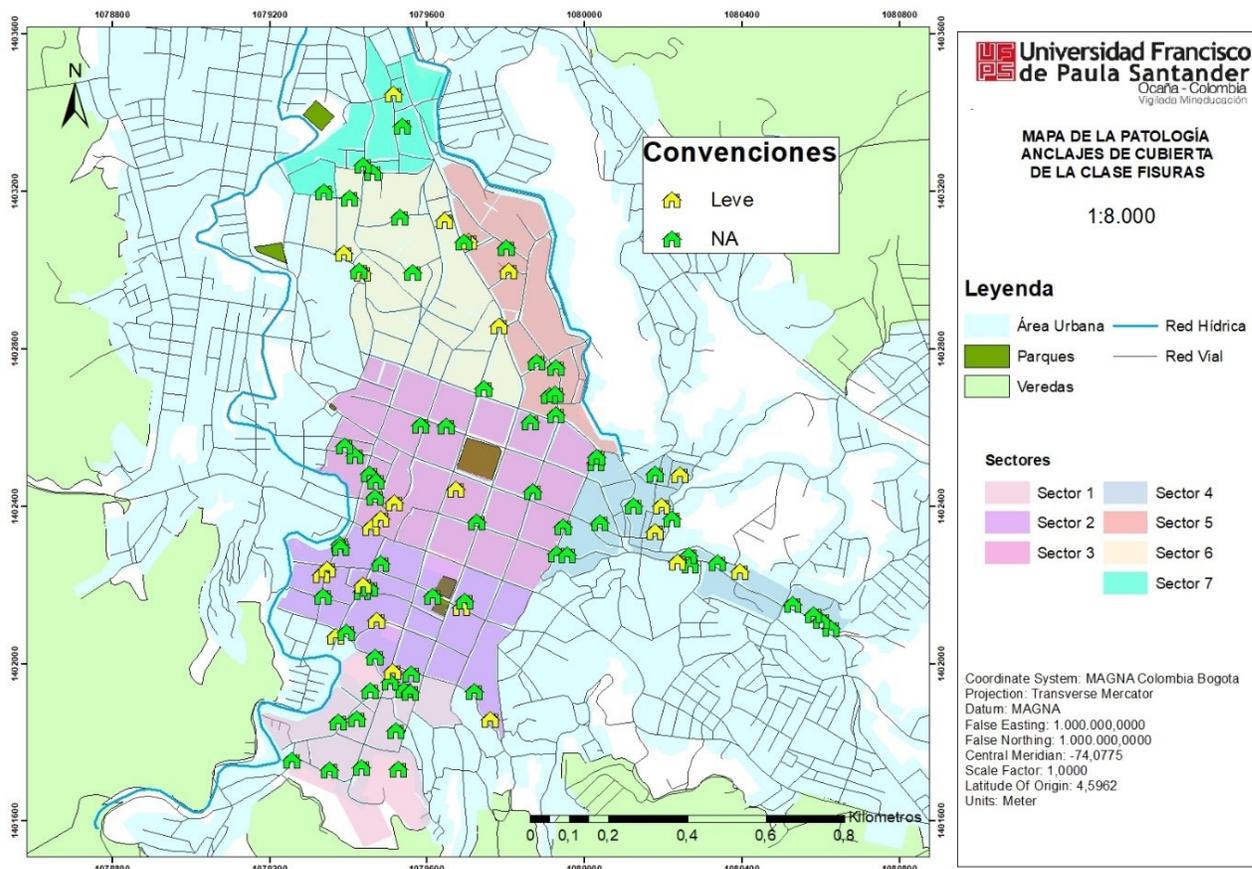
**Figura 40.****Patología insectos xilófagos**

*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la figura 40 se observa la ubicación de las edificaciones analizadas en las encuestas diferenciadas de acuerdo al grado de afectación por los insectos xilófagos, la mayoría de las edificaciones que presentan esta patología suelen tener nivel de daño que varía entre leve y moderado; se observa una concentración de viviendas con un nivel de daño moderado en los barrios *el Palomar* y *la Piñuela* correspondientes al sector 4, los barrios *La Costa* y *El Tejarito* en el sector 2 y *Urbanización Marina* en el sector 3, esta patología se relaciona con las patologías de humedad en la parte superior e inferior de muro, las cuales muestran una distribución de afectación similar en estos sectores.

**Figura 41.**

*Fisura a partir de los anclajes de la cubierta.*



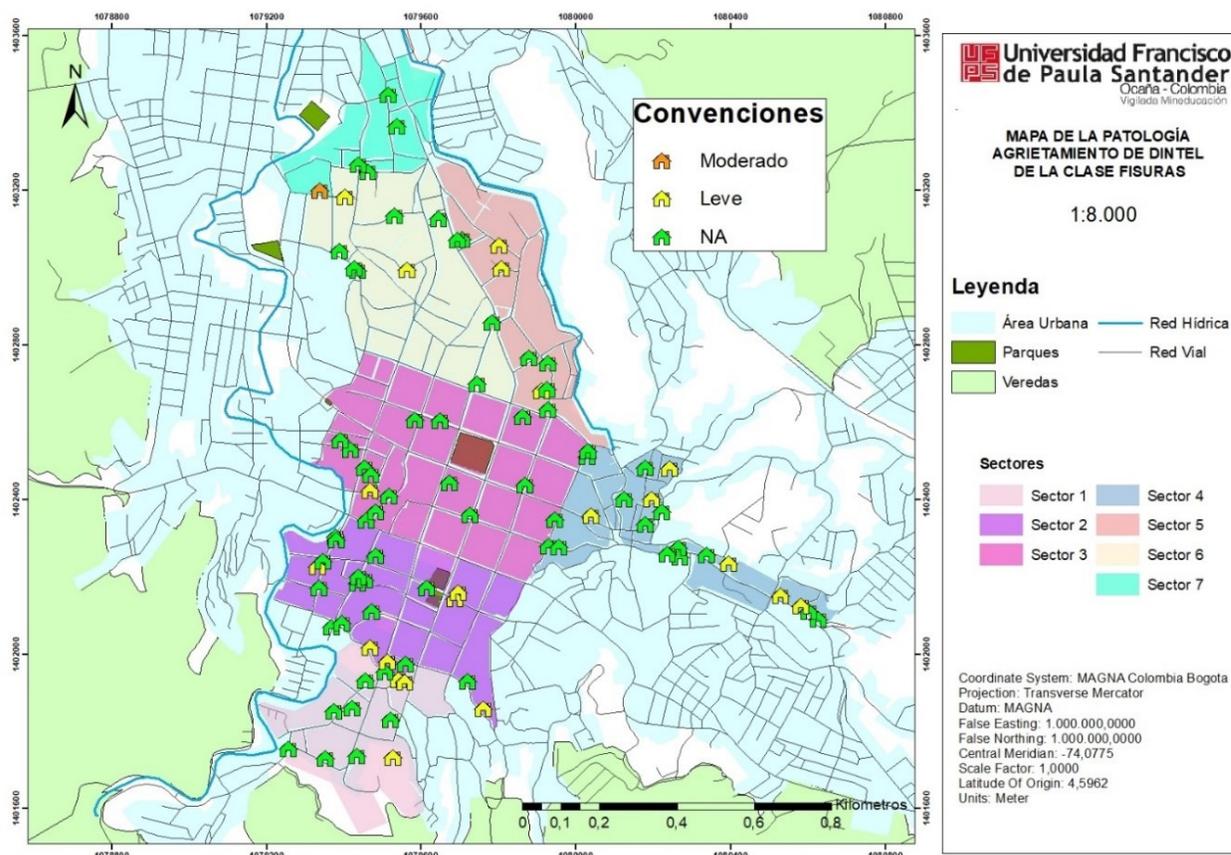
**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

Las fisuras del muro a partir de los anclajes de cubierta es una patología que se presenta en los muros de tapia (también puede presentarse en otros sistemas constructivos) debido a la ausencia o deficiencia de una cadena perimetral que reciba las cargas de la cubierta, en la figura 41 se puede notar que esta patología no suele ser un daño grave a pesar de estar ligado al

comportamiento estructural de las edificaciones en la mayoría de los casos el nivel de daño es leve y su máximo avance es de grado moderado. Esta patología está distribuida en toda la zona de estudio, sin embargo, muestra dos concentraciones ubicadas en el sector 2, 3 y 4 que contempla los barrios de *La Costa*, *Urbanización Marina*, *El Tejarito*, *El Torito*, *El Palomar* y la *Piñuela*.

**Figura 42.**

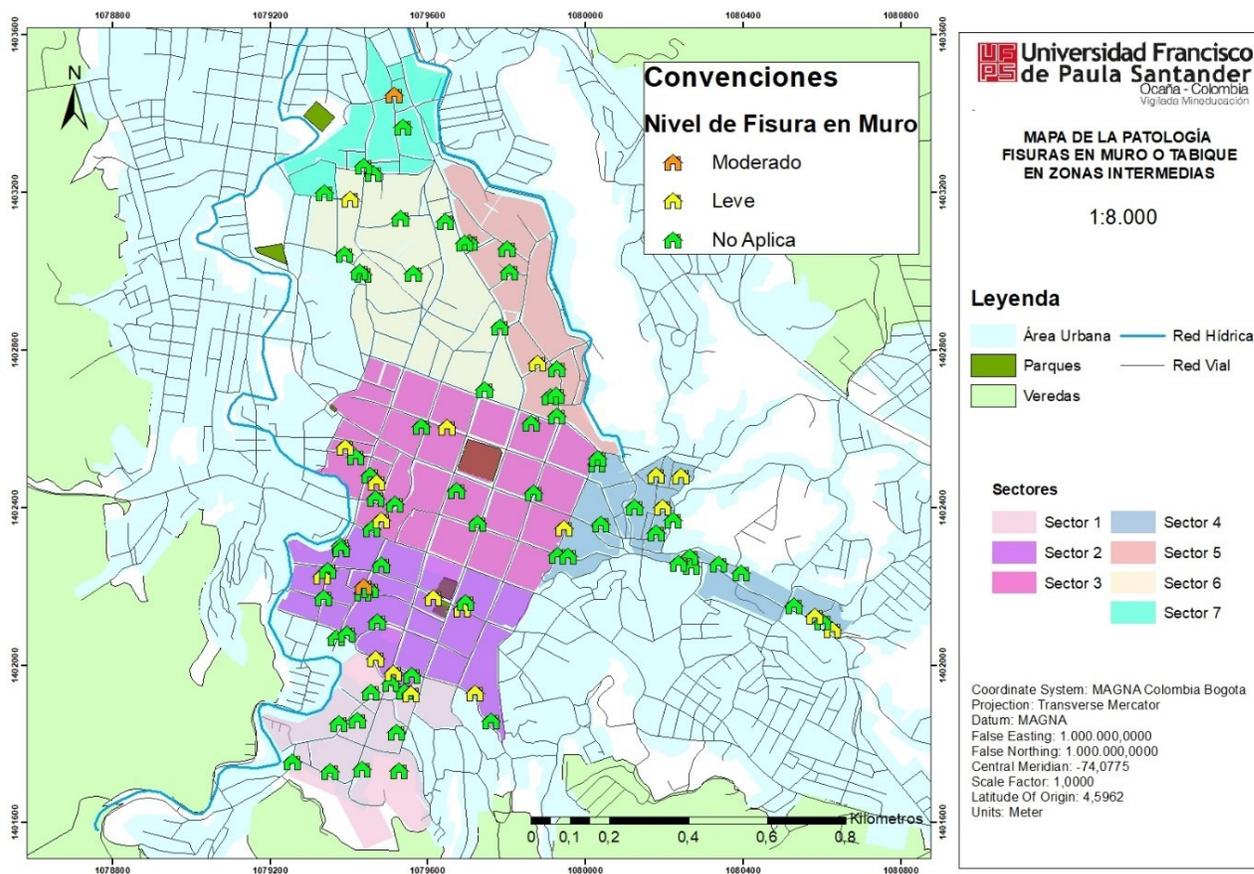
*Fisura de agrietamiento de dintel.*



*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

Como se observa en la figura 42, la patología fisura de dintel presenta una distribución irregular con una ligera concentración en los sectores 1, 2 y 4 en los barrios *San Antonio, El Palomar y La Luz Polar* con un nivel de daño leve y un caso aislado con un nivel de daño moderado ubicado en el sector 7, entre las causas de esta falla se tienen un mal diseño del dintel y sobrecargas en la estructura.

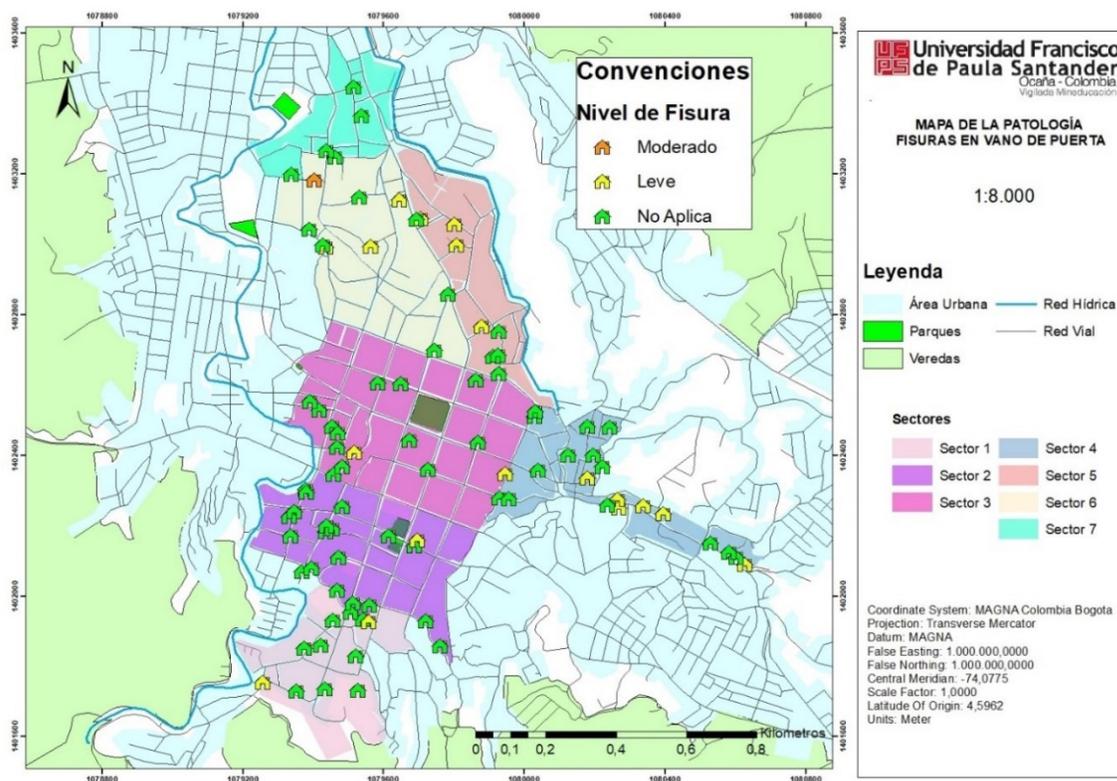
**Figura 43.**  
*fisura muro o tabique en zonas intermedias.*



*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

La patología de muro o tabique en zonas intermedias presenta una distribución concentrada en los sectores 2, 3 y 4 como se muestra en la figura 43 manifestando un nivel de daño generalmente leve, esto se da a que en dichos sectores las viviendas son poco intervenidas con fines de mantenimiento y que presenta remodelaciones con materiales propios de otros sistemas constructivos.

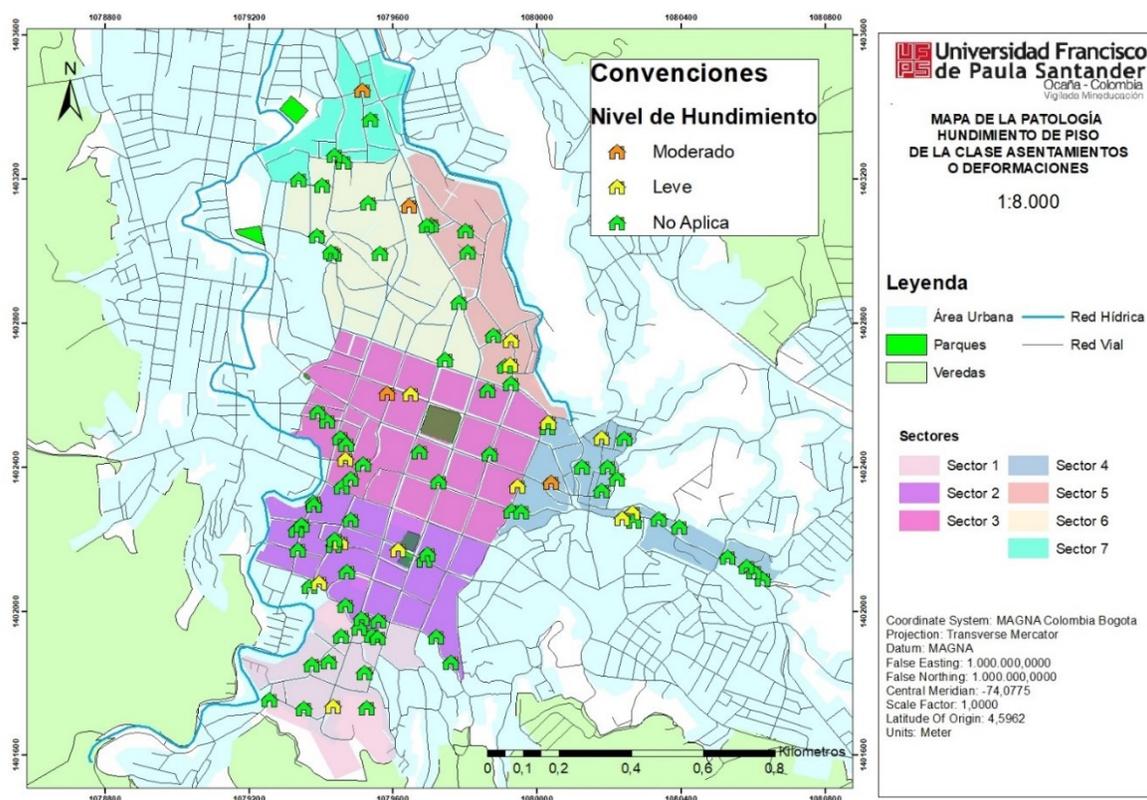
**Figura 44.**  
*fisura en vano de puerta.*



*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la figura 44 se observa que la patología fisura en vano de puerta se presenta a lo largo de la zona estudiada con una distribución principalmente concentrada en los sectores 4 y 5, predominando el nivel de daño leve, esto se asocia al poco mantenimiento que se da a las edificaciones de tapia pisada puesto que, analizando la base de datos obtenida gracias a la encuesta, estas edificaciones están en un rango de tiempo de intervención entre los 5 y 10 años y algunas no han tenido ningún tipo de mantenimiento lo que reduce la resistencia del elemento a las cargas que soporta.

**Figura 45.**  
*Patología hundimiento de piso.*

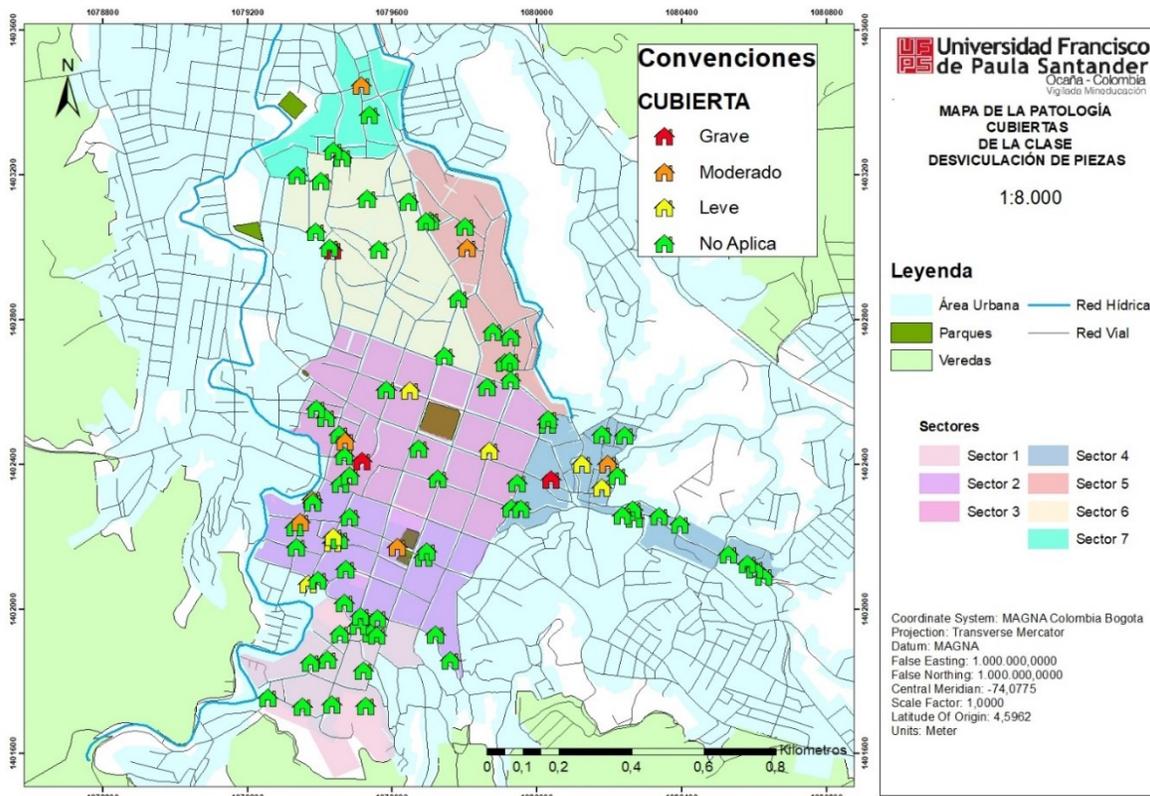


*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la patología de hundimiento de piso, cuya distribución geográfica se presenta en la figura 45, se observa una distribución irregular con mayor incidencia en los sectores 2,3 y 4, por el contrario, en los demás sectores, a pesar de tener un nivel de daño moderado como sucede en el barrio el palomar, esta patología no es frecuente; este daño se presenta por el desgaste propio debido a un tránsito común por la zona afectada.

**Figura 46.**

*Desvinculación de piezas de la cubierta.*

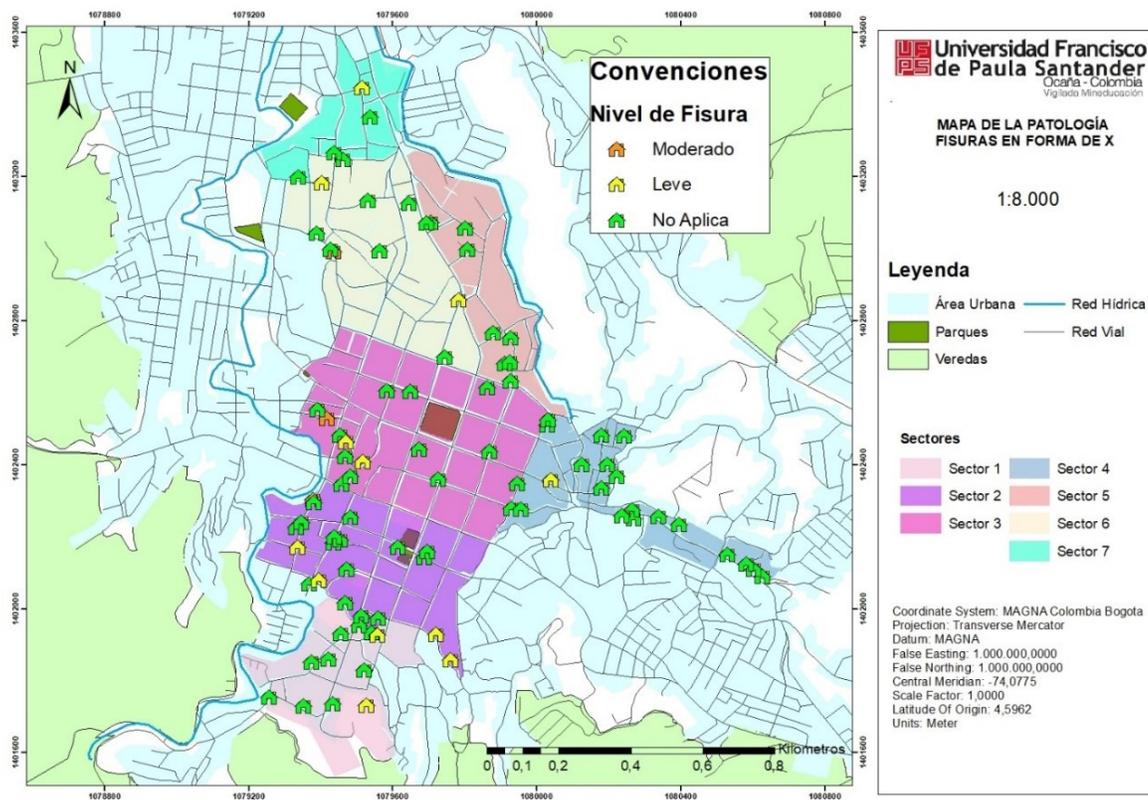


*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

La desvinculación de piezas de la cubierta se encuentra distribuida de forma irregular en los sectores 2, 3 y 4, como se ve en la figura 46; allí también se observa que un pequeño número de las edificaciones presentan un daño grave en la estructura, esto se da porque dichas edificaciones no han tenido ninguna clase de intervención generando un deterioro de la misma, además, como se mencionó anteriormente, estas zonas son igualmente afectadas por agentes bióticos conduciéndolas al deterioro de la cubierta.

**Figura 47.**

*Fisura en forma de X*



**Nota:** mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En la figura 47 se observa que la patología fisura en forma de X presenta una distribución irregular como en el sector 1 y claramente concentrado en los sectores 2 y 3, con un nivel de daño generalmente leve, este tipo de afectación se relaciona directamente con la humedad del elemento afectado.

Finalmente, y luego de analizar toda la información obtenida a través del SIG, se pudo determinar un mapa global que da cuenta del estado de conservación de todas las edificaciones seleccionadas como muestra en la zona de estudio. Para ello, a cada *nivel de daño* de las patologías evaluadas se le asignó una puntuación con el fin de calificar el estado de conservación de las viviendas analizadas durante la encuesta como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.**

*Valores ponderados según el nivel de daño.*

<b>Nivel de daño</b>	<b>Valor ponderado</b>
Leve	1
Moderado	2
Grave	3
Emergencia	4

Luego se realizó una sumatoria de los puntajes obtenidos en cada vivienda según la cantidad de patologías que presentan, determinando el estado de conservación de la edificación de acuerdo a los rangos que se muestran en la tabla 9, por medio de ella, se determinó el estado de conservación de cada edificación y con ayuda del software ArcGIS se obtuvo el mapa que se muestra en la figura 48.

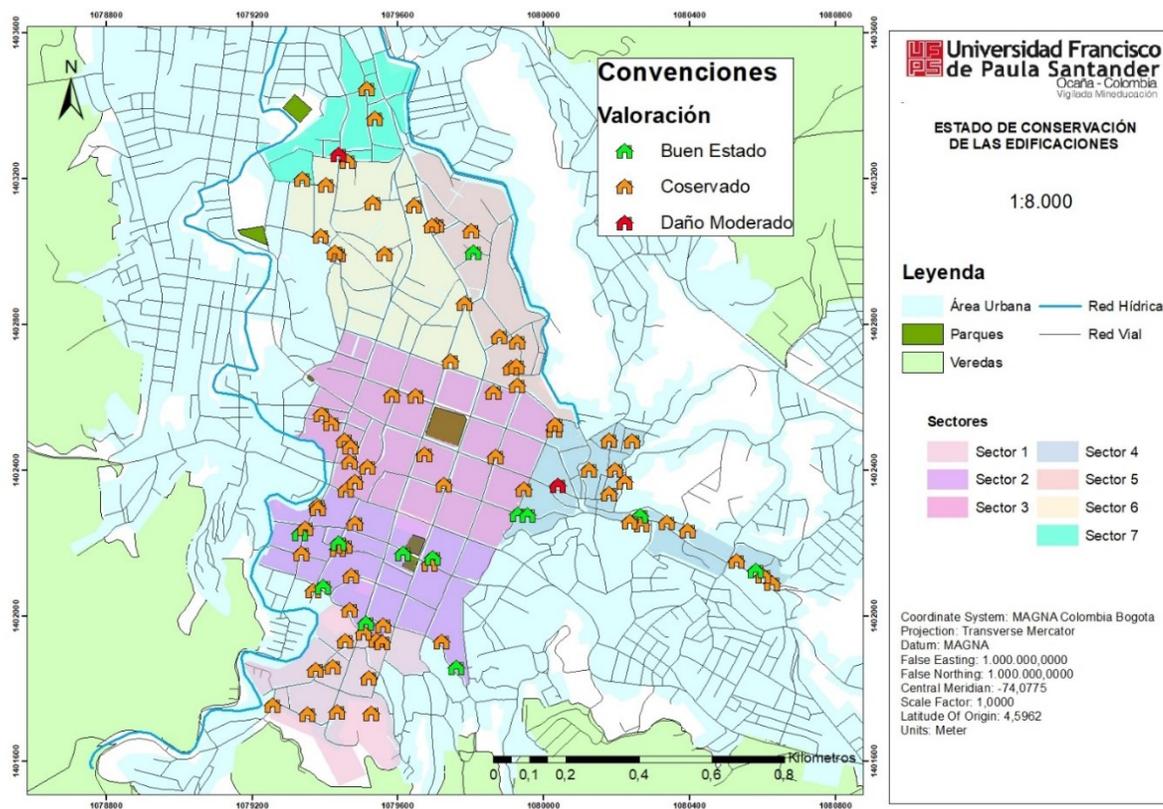
**Tabla 9.**

*Rangos del estado de conservación de las edificaciones analizadas.*

Estado de la edificación	Rango
Conservado	0-10
Buen estado	11-25
Daño moderado	26-55
Daño grave	56-80
Estado emergencia	81-100

**Figura 48.**

*Mapa de estado de conservación de las edificaciones.*



*Nota:* mapa obtenido del software ArcGIS. Autores.

En el mapa de la figura 48 se muestra que las edificaciones analizadas cuentan con valoraciones favorables, gracias a que, por lo general, no presentan daños que involucren un riesgo para la estabilidad o funcionalidad de las estructuras y las patologías identificadas son en su mayoría de carácter leve que solo afectan la estética de la edificación como se evidencia en la tabla 10.

**Tabla 10.**

*Estado general de conservación de las viviendas analizadas.*

<b>Estado de conservación</b>	<b># de viviendas</b>	<b>%</b>
Conservado	75	84,3%
Buen estado	12	13,5%
Daño moderado	2	2,2%
Daño grave	0	0,0%
Estado emergencia	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>100,0%</b>

## **Capítulo 5. Guía de mantenimiento preventivo y correctivo para las construcciones de tapia pisada del Centro Histórico del Municipio de Ocaña.**

Los resultados obtenidos y el desarrollo del marco metodológico presentado hasta este capítulo, se convierten en la base y materia prima para cumplir con el objetivo principal de esta investigación, el cual es la creación de una guía de mantenimiento preventivo y correctivo para las construcciones de tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña, Norte de Santander. Para la elaboración de la guía, se han tenido en cuenta las patologías más frecuentes, es decir, aquellas con un porcentaje de frecuencia superior al 2% (ver tabla 5), las cuales en conjunto representan el 80.54% del total de la frecuencia de las patologías identificadas durante la realización de la encuesta a las viviendas seleccionadas en la muestra, dichas patologías son:

- Fisura en sentido vertical en esquina de muro.
- Fisura en revoque o estuco.
- Hongos xilófagos.
- Humedad en parte superior del muro.
- Humedad en parte inferior del muro.
- Insectos xilófagos.
- Fisura en los anclajes de cubierta.
- Fisura de agrietamiento de dintel.
- Fisura en muro o tabique en zonas intermedias.
- Fisura en vano de puerta.

- Desvinculación de piezas de cubierta.
- Hundimiento de piso.
- Fisura en forma de "X".
- Fisura en sentido vertical en encuentro de muro o tabique.
- Grieta de revoque o estuco.
- Grieta en vano de ventana.

**Tabla 11.***Técnicas de mantenimiento correctivo y preventivo*

<b>Técnicas de mantenimiento correctivo</b>	<b>Técnicas de mantenimiento preventivo</b>
Refuerzo en esquina de maya	Pintura impermeabilizante ecológica.
Reparación de estuco con fisura superficial	Recubrimiento de muros con pañete a base de nopal
Inyección de líquidos insecticidas y fungicidas	Limpieza de estructura de madera
Instalación de sello hídrico	Pintura e inmunización estructura madera
Reposición de la base del muro con hormigón	Drenaje periférico exterior
Relleno de fisuras con inyección de mortero	
Reparación del dintel con daño	
Relleno masivo de fisuras con malla	
Reparación de vano	
Corrección de la cubierta	
Relleno y compactación de terreno	
Refuerzo de muro con fibra de basalto	

A cada una de las fallas se le ha realizado una ficha de caracterización, que cuenta con imágenes que facilitan su identificación, además se ha detallado un método de mantenimiento

correctivo para cada una de las fallas descritas y varios métodos de mantenimiento preventivo que aplican para todas las patologías, los cuales se listan en la tabla 11.

La guía de mantenimiento correctivo y preventivo se anexa en el apéndice D de este documento.

## Capítulo 6. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que contrario a lo planteado inicialmente, las edificaciones en tapia pisada del centro histórico de Ocaña no se encuentran en un estado de “deterioro” que se considere un peligro para la conservación del patrimonio vernáculo del municipio, los pocos y aislados casos donde la estabilidad de la edificación se ve comprometida por su avanzado estado de deterioro se debe al abandono del inmueble, en general las patologías identificadas son en su mayoría de grado leve.

Las fisuras son la clase de patología más frecuente en las edificaciones de tapia pisada, un 89% de los elementos analizados durante la encuesta presentaron fallas de este tipo y un 44.9% del total de las edificaciones presentaron fisuras en sentido vertical en esquina de muro, esta patología se presentó generalmente en el frente de las viviendas, siendo el tráfico vehicular e intervenciones viales los principales factores de influencia en la aparición de este tipo de patología.

La segunda patología más frecuente es la fisura de revoque o estuco, presentándose en un 44.9% de las edificaciones analizadas, entre las causas de esta patología se identificó la humedad, que es la segunda clase de patología más común (ver tabla 6), la falta de mantenimiento general de la vivienda y la presencia de fisuras.

Los agentes bióticos son la tercera clase de patologías más frecuente en las edificaciones de tapia pisada; entre los diferentes tipos están los agentes xilófagos como las principales patologías, en particular los hongos xilófagos se presentan como el tercer tipo de patología más frecuente identificado en 32 edificaciones y, los insectos xilófagos están en el sexto lugar evidenciándose en 27 de las 89 estructuras encuestadas.

Es evidente que las viviendas ubicadas en los sectores uno y dos, especialmente las cercanas a la cuenca del *rio Tejo* presentan diversos tipos de patologías en las estructuras analizadas, igual concepto podría darse para algunas edificaciones cercanas a la cuenca del *Rio Chiquito*.

La guía elaborada permite establecer procesos de mantenimiento preventivo y correctivo a través de pequeñas inversiones económicas en materia prima y especialmente en mano de obra, toda vez que está escrita en un lenguaje técnico pero sencillo y fácil de comprender.

Dado que las estructuras en tapia pisada son un sistema constructivo desarrollado en todo el territorio colombiano e incluso en otras regiones andinas u otras partes del mundo, esta guía puede ser parte de la literatura consultada por profesionales de otras latitudes.

La tapia pisada es un sistema constructivo ecológico y económico, por tanto, los métodos de mantenimiento propuestos son con materiales ecológicos que no inhiben las características de este sistema constructivo, que además, son de fácil adquisición y económicos.

Para un conjunto de patologías con un nivel de daño entre leve y moderado, como sucede en la totalidad de las edificaciones evaluadas en la encuesta, se recomienda la aplicación de métodos de mantenimiento preventivo, debido a que engloba la solución de todas las fallas e implica una reducción de costos y mano de obra significativa.

Se recomienda que para obtener resultados más detallados y precisos sobre el estado de conservación de las estructuras en tapia pisada del centro histórico del municipio de Ocaña se emplee una muestra de mayor tamaño. (Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés, 2012)  
(Fundacion Antiplano Monseñor Salas Valdés , 2012).

## Referencias

- Academia de Historia de Ocaña. (25 de febrero de 2010). Academia de Historia de Ocaña. Recuperado el 2021, de centro histórico de Ocaña:  
<http://academiaocana.blogspot.com/2010/02/centro-historico-de-ocana.html>
- AIS. (2004). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Colombia.
- Alcaldía Municipal de Ocaña en Norte de Santander. (2018). Recuperado el 2021, de <http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Anobium punctatum, carcoma común de los muebles. (8 de abril de 2020). Recuperado el 2021, de pasión por las termitas: <https://pasiontermitas.com/anobium-punctatum-carcoma-comun-de-los-muebles/>
- Arencibia, J. (2008). Conceptos fundamentales sobre el mantenimiento de edificios. . Revista de Arquitectura e Ingeniería. , 2.
- Arias , Y., & Quintero, K. (mayo de 2019). Revisión visual de las patologías presentes en las edificaciones construidas en tapia pisada que se encuentran ubicadas en el Centro Histórico del municipio de Ocaña Norte de Santander.
- Barrera, L., & Buitrago, F. (2014). fabricación y reforzamiento de bloques de tierra compactada (BTC) en Bogotá bajo la reutilización de las fibras de la poli sombra. Bogotá D.C.
- Bolaños, S. R. (2007). El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia.
- Camacho, P. (enero de 2009). Diseño de un plan modelo de mantenimiento para edificios del ICE. Costa Rica.

Carrillo Castro, L. M., Hurtado Hinestroza, N. E., & Mesa Tarazona, S. M. (2017). Recuperación casa de la cultura Francisco de Paula Santander, Villa del Rosario-Norte de Santander. San José de Cúcuta , Colombia: Universidad Santo Tomás .

Carta de Cracovia . (2000). Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido , (págs. 1-6).

Carta de Venecia. (1964). II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos. Venecia.

CDT. (2012). Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda. Santiago de Chile.

Congreso de Colombia. (12 de marzo de 2008). Ley 1185. "por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones.". Colombia.

Congreso de Colombia. (30 de diciembre de 1959). Ley 163 . "Por la cual de dictan medidas sobre la defensa o conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la nación". Colombia.

Congreso de Colombia. (7 de agosto de 1997). Ley 397. Por la cual se desarrollan los Artículos 70, 71 y 72 y demás Artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Min. de Cultura y se trasladan algunas dependencias. Colombia.

DANE. (2018). Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE . Censo DANE 2018. Colombia. Recuperado el diciembre de 2020, de Censo DANE 2018.

Diario la Opinión. (22 de febrero de 2017). Se cae la casa del molino en Ocaña. La Opinión .

Díaz Mangones , K. A., & Ríos Castro, L. J. (2005). En Alternativas de Rehabilitación de Adobe y Tapia Pisada.

Facultad de Ingeniería. (1 de julio de 2017). Recuperado el 2021, de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia:

[http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar\\_gutierrez/En\\_Concreto/materia2.html](http://www.uptc.edu.co/docentes/oscar_gutierrez/En_Concreto/materia2.html)

Fontur Colombia. (2020). Red turística de Pueblos patrimonio. Recuperado el 2021, de <https://redturisticadepueblospatrimonio.com.co/es/pueblos/la-playa-de-belen>

Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés. (2012). Manual Básico de restauración y conservación de construcciones patrimoniales de tierra y piedra de Arica y Parinacota.

Gama, C. E. (2007). La Arquitectura de Tierra en Colombia, Procesos y Culturas Constructivas . APUNTES vol.20 , 242 - 255.

García, L. E. (2009). Calameo.com.

García, L. E. (6 de marzo de 2014). Academia de historia de Ocaña. Recuperado el febrero de 2021, de <http://academiaocana.blogspot.com/2014/03/patrimonio-cultural-de-ocana.html>

Garré, F. (2001). Patrimonio arquitectónico urbano, preservación y rescate: bases conceptuales e instrumentos de salvaguarda. Conserva N0 5, 5.

Gatti, F. (2012). Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra. Barcelona.

Getty Seismic Adobe Project (GSAP). (marzo de 2016). Recuperado el 2021, de the Getty Conservation Institute :

[https://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/field\\_projects/seismic/overview.html](https://www.getty.edu/conservation/our_projects/field_projects/seismic/overview.html)

Gilles, C. T. (2013). Tercer Congreso Iberoamericano y XI Jornada. Técnicas de intervención para la conservación y recuperación del patrimonio chileno en tierra.

Gobernación de Norte de Santander. (31 de diciembre de 2003). Decreto 1144 . “Por el cual se declaran como bien de interés cultural de carácter departamental algunos bienes materiales e inmateriales propios del Departamento Norte de Santander y se dictan otras disposiciones". Norte de Santander, Colombia.

Gros, C. (1987). Popayán dos años después: autopsia de un desastre.

Grupo Técnico P.B.O.T. . (agosto de 2002). Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Ocaña. Plano Geológico y Morfodinámico. OCAÑA, Colombia .

J. Cid, F. R. (2011). Las normativas de construcción con tierra en. Madrid .

Mayor, J. (2011). Muestreo en Poblaciones Finitas.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (enero de 2010). NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente. Colombia.

Ministerio de Cultura. (25 de Julio de 2005). Resolución 928. "*Por la cual se declara el Centro Histórico del Municipio de La Playa de Belén, localizado en el Departamento de Norte de Santander, como Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional y se delimita su área de influencia.*". Colombia.

Olano, A. I. (2013). Tres décadas de la tragedia que semidestruido a Popayán . Periódico la Campana .

Paricio, I. (1988). En I. Paricio, La construcción de la Arquitectura - 1. Las técnicas .

Patologías propias de la madera. (9 de enero de 2019). Recuperado el 2021, de Aguirre & Baeza: <https://www.aguirrebaeza.com/blog-aguirrebaeza/patologias-propias-de-la-madera/>

Pico Rodríguez, C. M., & Ruiz Tulande, C. K. (2018). Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Plan de Desarrollo de Ocaña. (2007). Acuerdo 06 . Modificatorio del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, que delimita y crea el Centro Histórico de Ocaña.

Presidencia de la República de Colombia. (25 de noviembre de 2019). Decreto 2113. "*Por el cual se incorpora al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 el documento AIS-610-EP-2017 - Evaluación e Intervención de Edificaciones Patrimoniales de uno y dos pisos de Adobe y Tapia Pisada, y se dictan otras disposiciones*". Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (26 de diciembre de 2019). Decreto 2358. "*por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura, en lo relacionado con el Patrimonio Cultural Material e Inmaterial*". Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (27 de junio de 1997). Decreto 1449. "*Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974*". Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (3 de agosto de 1978). Decreto 1654. Por el cual se declara monumento nacional al sector antiguo del municipio de Barichara (Santander).

Presidente de la República de Colombia. (10 de marzo de 2009). Decreto 763. "*Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material*". Colombia.

Ramírez, C. R. (5 de octubre de 2014). SOS por el patrimonio histórico de Ocaña en Norte de Santander. El Tiempo.

Revista Diners. (29 de diciembre de 2020). Recuperado el 2021, de ¿Ya conoce los 17 pueblos declarados Patrimonio de Colombia?: [https://revistadiners.com.co/viajes/72415\\_estos-son-los-17-pueblos-declarados-patrimonio-de-colombia-ya-los-conoce-todos/](https://revistadiners.com.co/viajes/72415_estos-son-los-17-pueblos-declarados-patrimonio-de-colombia-ya-los-conoce-todos/)

Rodríguez, M. (2006). Propuesta de un modelo de muestreo estratificado doble apoyado en el contraste de los modelos de diseño de experimentos clásicos y de muestreo aleatorio simple y estratificado aleatorio. Maracay, Venezuela.

Vallejo Choez, P. C., & Mena Mora, F. (2019). En Mantenimiento de Edificaciones Vernáculas, Sistema Constructivo en Tierra - Adobe.

## Apéndices

### A. Formato de encuestas

Formato de encuestas

**B. Permiso del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre del municipio de Ocaña**

Permiso del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre del municipio de Ocaña

## **C. Base de datos en ArcGIS**

Base de datos en ArcGIS

**D. Guía básica de mantenimiento preventivo y correctivo de tapia pisada.**

Guía básica de mantenimiento preventivo y correctivo de tapia pisada.