

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**“MÉTODOS DE INTERVENCIÓN PARA CONTROLAR LAS PATOLOGÍAS  
NO ESTRUCTURALES MÁS COMUNES EN EDIFICACIONES DE  
VIVIENDA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CAPITAL DEL ECUADOR”**

**NOMBRE:**

**SEBASTIÁN FERNANDO VILLACRÉS JARAMILLO**

**DIRECTOR: Ing. Diego Cajas**

**QUITO, 2019**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y el apoyo en todo momento de la carrera y permitirme finalizar mis estudios con éxito.

A mis padres, Fernando y Mónica, que siempre me brindaron apoyo en los momentos más difíciles y me permitieron seguir adelante.

A mi hermana, Gabriela, que supo ayudarme siempre que la necesité.

A mis abuelitos, Luis y Etelvina, que me brindaron apoyo y me encaminaron por el camino correcto desde que nací.

A mis amigos y familiares.

Sebastián Fernando Villacrés Jaramillo.

## AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a mi director de tesis, Ingeniero Diego Cajas, por su constante ayuda y buena predisposición en todo momento de la realización de este trabajo de investigación.

A mis correctores, Ingeniero Estuardo Páez e Ingeniero Mauricio Cely, por su gran apoyo que me guiaron para finalizar este trabajo de investigación.

A todos los docentes que me han ayudado a obtener nuevos conocimientos y me han ayudado a crecer como persona.

A mis amigos, que me brindaron su apoyo y amistad durante estos cinco años de carrera.

Sebastián Fernando Villacrés Jaramillo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1    Introducción.....	1
1.2    Justificación.....	13
1.3    Planteamiento del Problema.....	14
1.4    Objetivos.....	15
1.4.1    Objetivo General.....	15
1.4.2    Objetivos Específicos .....	15
1.5    Alcance .....	15
<b>2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>	<b>16</b>
2.1    Patologías constructivas.....	16
2.1.1    Descripción .....	16
2.1.2    Grietas y fisuras .....	17
2.1.3    Humedad.....	20
2.2    Elementos no estructurales.....	25
2.2.1    Descripción .....	25
2.3    Patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen.....	26
2.3.1    Patologías por defectos .....	28
2.3.1.1 <i>Descripción</i> .....	28
2.3.1.2 <i>Causas de origen</i> .....	29
2.3.1.3 <i>Métodos de intervención</i> .....	33
2.3.2    Patologías por daños .....	39
2.3.2.1 <i>Descripción</i> .....	39
2.3.2.2 <i>Causas de origen</i> .....	40
2.3.2.3 <i>Métodos de intervención</i> .....	43

2.3.3	Patologías por deterioro .....	47
2.3.3.1	<i>Descripción</i> .....	47
2.3.3.2	<i>Causas de origen</i> .....	48
2.3.3.3	<i>Métodos de intervención</i> .....	53
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO .....</b>	<b>61</b>
3.1	Descripción de las cinco viviendas a analizar ubicadas en el Centro Histórico de Quito	61
3.1.1	Casa de la familia Villarreal (casa 1) .....	61
3.1.2	Casa de la familia Chiriboga (casa 2) .....	62
3.1.3	Casa del señor Alfonso Garrido (casa 3) .....	64
3.1.4	Casa de la familia Manzano (casa 4) .....	65
3.1.5	Casa de la familia Núñez (casa 5).....	67
3.2	Determinación de la muestra.....	68
3.3	Identificación y determinación de las causas de origen de las patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen .....	69
3.3.1	Patologías por defectos .....	69
3.3.2	Patologías por daños .....	73
3.3.3	Patologías por deterioro .....	81
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>96</b>
4.1	Análisis teórico .....	96
4.1.1	Patologías por defectos .....	96
4.1.2	Patologías por daños .....	96
4.1.3	Patologías por deterioro .....	96
4.2	Propuestas de intervención.....	97
4.2.1	Patologías por defectos .....	97
4.2.2	Patologías por daños .....	103

4.2.3	Patologías por deterioro .....	117
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>136</b>
5.1	Conclusiones .....	136
5.2	Recomendaciones .....	139
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO VI. ANEXOS .....</b>	<b>141</b>
<b>7.</b>	<b>CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Nomenclatura de los Sistemas Estructurales (Elaboración propia en base a la información proporcionada de La Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2016) .....	7
Tabla 2.1 Clasificación de grietas y fisuras de acuerdo a su espesor (Elaboración propia en base a la información proporcionada de la Universidad EAFIT, 2010) .....	18
Tabla 2.2 División de las patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen (Elaboración propia, 2020) .....	27
Tabla 2.4 Resumen de los insectos xilófagos (Elaboración propia en base a la información proporcionada del Consejo Superior de Arquitectos, 2019).....	43
Tabla 4.1 Resumen de las patologías identificadas en las cinco viviendas analizadas (Elaboración propia, 2020) .....	135

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Subdivisiones del Centro Histórico de Quito (Instituto de la ciudad, 2018).	4
Ilustración 1.2 Densidad poblacional del Centro Histórico de Quito (Instituto de la ciudad, 2018).....	4
Ilustración 1.3 Sector La Tola (Google Maps, 2019).....	5
Ilustración 1.4 Sector San Juan (Google Maps, 2019).....	5
Ilustración 1.5 Autopercepción del estado general de cada vivienda (Instituto de la ciudad, 2018).....	6
Ilustración 1.6 Tipología del Centro Histórico de Quito (La Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2016).....	8
Ilustración 1.7 Recomendaciones de dimensiones de un ladrillo común (Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, 2009).....	11
Ilustración 2.1 Comparación entre grieta y fisura (Arq. Víctor Chico Bazaga, 2017).....	17
Ilustración 2.2 Daño por humedad (Slideshare, 2010).....	20
Ilustración 2.3 Eflorescencias en una pared de ladrillo (Ing. Xavier Valderas, 2011).....	21
Ilustración 2.4 Descascaramientos en pintura (PINTOP, 2018).....	22
Ilustración 2.5 Humedad en una pared por capilaridad (Hogar seco, 2013).....	23
Ilustración 2.6 Filtración de agua (BBC, 2009).....	23
Ilustración 2.7 Inundación en viviendas (HAVANA TIMES, 2015).....	24
Ilustración 2.8 Condensación en una ventana (CANTITEC, 2014).....	24
Ilustración 2.9 Elementos no estructurales (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2017).....	26
Ilustración 2.11 Distribución Patologías por Defectos (Elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2019).....	28
Ilustración 2.12 Humedad por construcción (Slideshare, 2015).....	29

Ilustración 2.13 Incorrecta colocación de ladrillos (Elaboración propia, 2019) .....	30
Ilustración 2.14 Ladrillos comunes o de arcilla trabados (Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, 2009).....	30
Ilustración 2.15 Deficiente colocación del mortero (ITE ARQUITECTES, 2011) .....	31
Ilustración 2.16 Incorrecta aplicación de pintura (Slideshare, 2011) .....	31
Ilustración 2.17 Tejas movidas en una cubierta (Promart, 2018).....	32
Ilustración 2.18 Pintura cuarteada (Slideshare, 2011).....	32
Ilustración 2.19 Ladrillos artesanales (Noticias RSE, 2005).....	33
Ilustración 2.20 Mampostería de ladrillos con eflorescencias (Constructores, 2011).....	34
Ilustración 2.21 Refuerzo con mala electrosoldada en una mampostería de adobe (Slideshare, 2008).....	35
Ilustración 2.22 Inserción de barras de acero en un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015) ....	36
Ilustración 2.23 Conectores de acero en un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015).....	36
Ilustración 2.24 Reforzamiento de las juntas de un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015).....	37
Ilustración 2.25 Sellado de la junta con mortero (Kerakoll, 2015) .....	37
Ilustración 2.26 Relleno de las juntas con mortero (Trabver, 2010) .....	38
Ilustración 2.27 Relleno de las juntas con mortero (Lizcal, 2019).....	38
Ilustración 2.28 Fijación de tejas coloniales en una cubierta (Proceram, 2016) .....	39
Ilustración 2.29 Construcción de un nivel adicional (Expreso, 2017).....	40
Ilustración 2.30 Daño en las juntas de una mampostería (Alcaldía de Milagro, 2016) .....	41
Ilustración 2.31 Grieta en ladrillos de arcilla (Clarín, 2012).....	41
Ilustración 2.32 Hinchamiento de duelas de madera (Elaboración propia, 2019).....	42
Ilustración 2.33 Reforzamiento del piso con un tubo metálico (Reotec, 2017) .....	44
Ilustración 2.34 Inyección de lechada mediante medios mecánicos (Reotec, 2017) .....	44
Ilustración 2.35 Cosido y descosido de los ladrillos (DocPlayer, 2016).....	45
Ilustración 2.36 Grapas de varillas de acero en un muro (Teais, 2017) .....	45

Ilustración 2.37 Elementos de madera sumergidos en alquitrán (Scribd, 2016) .....	46
Ilustración 2.38 Elementos de madera sumergidos en diesel (Calameo, 2010) .....	47
Ilustración 2.39 Humedad por capilaridad (Bricolaje, 2010) .....	48
Ilustración 2.40 Daño en cubierta de teja (Elaboración propia, 2019) .....	49
Ilustración 2.41 Incompatibilidad de materiales (ResearchGate, 2013).....	49
Ilustración 2.42 Incompatibilidad de materiales (Elaboración propia, 2019) .....	50
Ilustración 2.43 Daño en tumbado de carrizo (Elaboración propia, 2019) .....	50
Ilustración 2.44 Daño en las juntas de las duelas de madera (Ferrepát, 2011).....	51
Ilustración 2.45 Daño debido a la humedad por condensación (CANTITEC, 2014).....	51
Ilustración 2.46 Puentes térmicos en una vivienda (Universidad Politécnica de Madrid, 2011).....	52
Ilustración 2.47 Proliferación de hongos en una pared (CANTITEC, 2014).....	52
Ilustración 2.48 Estufas a gas butano (Gomestic, 2017) .....	53
Ilustración 2.49 Manchas en una pared por falta de mantenimiento (El Tiempo, 2005) ....	53
Ilustración 2.50 Barrera impermeable (Unión Europea, 2017) .....	54
Ilustración 2.51 Electro-ósmosis aplicado en un muro (Ing. Sergio Pena Corpa, 2016).....	55
Ilustración 2.52 Protección con una lámina nodular de polietileno (López y Pacheco SL, 2017).....	55
Ilustración 2.53 Cubierta de eternit tipo teja (Elaboración propia, 2019) .....	56
Ilustración 2.54 Impermeabilización de una losa con chova (DOPLIM, 2019).....	57
Ilustración 2.55 Malla de gallinero en un muro de adobe (Slideshare, 2014).....	57
Ilustración 2.56 Medición de la humedad de un piso de madera con un higrómetro (Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera de Chile, 2006) .....	58
Ilustración 2.57 Ventilación cruzada (GRAMAS, 2012) .....	59
Ilustración 2.58 Ventilación mecánica (EVOWALL, 2016).....	59
Ilustración 3.1 Ubicación de la casa 1 (Google Maps, 2019).....	61

Ilustración 3.2 Entorno de la casa 1 (Google Maps, 2019) .....	61
Ilustración 3.3 Fachada de la casa 1 (Elaboración propia, 2019) .....	62
Ilustración 3.4 Ubicación de la casa 2 (Google Maps, 2019).....	62
Ilustración 3.5 Entorno de la casa 2 (Google Maps, 2019) .....	63
Ilustración 3.6 Fachada de la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	63
Ilustración 3.7 Ubicación de la casa 3 (Google Maps, 2019).....	64
Ilustración 3.8 Entorno de la casa 3 (Google Maps, 2019) .....	64
Ilustración 3.9 Fachada de la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	65
Ilustración 3.10 Ubicación de la casa 4 (Google Maps, 2019).....	65
Ilustración 3.11 Entorno de la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	66
Ilustración 3.12 Fachada de la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	66
Ilustración 3.13 Ubicación de la casa 5 (Google Maps, 2019).....	67
Ilustración 3.14 Entorno de la casa 5 (Elaboración propia, 2019) .....	67
Ilustración 3.15 Fachada de la casa 5 (Elaboración propia, 2019) .....	68
Ilustración 3.16 Incorrecta colocación de ladrillos en la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	69
Ilustración 3.17 Inexistente protección en un baño de la casa 1 (Elaboración propia, 2019) .....	70
Ilustración 3.18 Desagüe de agua lluvia en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	70
Ilustración 3.19 Bajantes de agua lluvia en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	71
Ilustración 3.20 Cámara de recirculación de aire (SciELO, 2016).....	71
Ilustración 3.21 Cámara de recirculación de aire (Calameo, 2018) .....	72
Ilustración 3.22 Mechinal en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	72
Ilustración 3.23 Construcción informal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	73
Ilustración 3.24 Construcción informal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	74
Ilustración 3.25 Fisuras en mamposterías de adobe la casa 5 (Elaboración propia, 2019) .	74

Ilustración 3.26 Fisura en una pared de adobe en la casa 1 (Elaboración propia, 2019).....	75
Ilustración 3.27 Grieta en una mampostería de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	76
Ilustración 3.28 Fisura en mampostería de ladrillo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	76
Ilustración 3.29 Separación de las mampostería en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)..	77
Ilustración 3.30 Hinchamiento de duelas de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	77
Ilustración 3.31 Hinchamiento duelas de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)	78
Ilustración 3.32 Carcomas en elemento de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	79
Ilustración 3.33 Carcomas en un dintel de madera en la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	79
Ilustración 3.34 Acercamiento de la ilustración 91 (Elaboración propia, 2019).....	80
Ilustración 3.35 Carcomas elemento de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) ..	80
Ilustración 3.36 Acercamiento de la ilustración 93 (Elaboración propia, 2019).....	80
Ilustración 3.37 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 1 (Elaboración propia, 2019).....	81
Ilustración 3.38 Descascaramientos y eflorescencias en mampostería de adobe en la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	81
Ilustración 3.39 Descascaramientos y eflorescencias en mampostería de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	82
Ilustración 3.40 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 4 (Elaboración propia, 2019).....	82
Ilustración 3.41 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 5 (Elaboración propia, 2019).....	83
Ilustración 3.42 Deterioro en la cubierta de teja en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)..	83
Ilustración 3.43 Deterioro en la cubierta de teja en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)..	84

Ilustración 3.44 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	84
Ilustración 3.45 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	85
Ilustración 3.46 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 4 (Elaboración propia, 2019).....	85
Ilustración 3.47 Daño en tumbado de carrizo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	86
Ilustración 3.48 Daño en tumbado de carrizo en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	86
Ilustración 3.49 Daño en tumbado de carrizo y en el piso de madera en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	87
Ilustración 3.50 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	87
Ilustración 3.51 Daño en piso de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	88
Ilustración 3.52 Daño en piso de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	88
Ilustración 3.53 Daño en el dintel de madera y en la mampostería de adobe en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	89
Ilustración 3.54 Daño en mampostería de ladrillo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019).....	89
Ilustración 3.55 Ruptura de una bajante de agua lluvia en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	90
Ilustración 3.56 Daño en mampostería de adobe en la casa 5 (Elaboración propia, 2019).....	90
Ilustración 3.57 Daño en la pintura en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	91
Ilustración 3.58 Descascaramientos y eflorescencias en muros de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	91
Ilustración 3.59 Ventana bloqueada en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	92
Ilustración 3.60 Obstrucción de un mechnal por falta de mantenimiento en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	92
Ilustración 3.61 Obstrucción por una roca en el segundo mechnal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019).....	93

Ilustración 3.62 Desprendimiento del vinil en la casa 1 (Elaboración propia, 2019).....	93
Ilustración 3.63 Manchas en pared en la casa 2 (Elaboración propia, 2019) .....	94
Ilustración 3.64 Daño en un balcón en la casa 3 (Elaboración propia, 2019) .....	94
Ilustración 3.65 Manchas en pared en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .....	94
Ilustración 3.66 Manchas en pared en la casa 5 (Elaboración propia, 2019) .....	95
Ilustración 4.1 Espaciamiento para las perforaciones del muro (Elaboración propia realizado en AutoCAD, 2019) .....	98
Ilustración 4.2 Separación de la malla electrosoldada a 1 cm del muro (Universidad Politécnica Nacional del Ecuador, 2008) .....	98
Ilustración 4.3 Colocación de porcelanato (Eldia, 2016) .....	99
Ilustración 4.4 Propuesta de un nuevo desagüe en la casa 4 (Elaboración propia, 2019) .	100
Ilustración 4.5 Bajante de aguas lluvia enterrado (Alcupi, 2015) .....	100
Ilustración 4.6 Bajante de aguas lluvia enterrado (Alamy, 2017) .....	101
Ilustración 4.7 Desagüe ubicado debajo de una bajante de aguas lluvia (Hidrotec, 2019)	101
Ilustración 4.8 Mechinal en la casa 1 (Elaboración propia, 2019) .....	102
Ilustración 4.9 Excavación y fundición del replantillo (Slideshare, 2008) .....	103
Ilustración 4.10 Tratamiento de la madera con diesel (COPECO, 2013).....	103
Ilustración 4.11 Elemento de madera empotrado en hormigón (Wikihow, 2015) .....	104
Ilustración 4.12 Pie de acero tipo H (Conectore, 2011) .....	104
Ilustración 4.13 Esquema del reforzamiento (Elaboración propia en AutoCAD, 2019)...	105
Ilustración 4.14 Base de piedra (Bassalto, 2017) .....	105
Ilustración 4.15 Esquema de la base de piedra (Elaboración propia en AutoCAD, 2019)	106
Ilustración 4.16 Base de piedra (Fostzee, 2015).....	106
Ilustración 4.17 Conector para viga y columna de madera (Archiexpo, 2012).....	107
Ilustración 4.18 Grapas de acero en una grieta (Leroy, 2015) .....	107
Ilustración 4.19 Enlucido de la mampostería (Leroy, 2015) .....	108

Ilustración 4.20 Sellado de la junta con mortero (Constructor, 2014) .....	109
Ilustración 4.21 Inyección de la lechada con embudo (Constructor, 2014) .....	109
Ilustración 4.22 Rebose de la lechada (Lemara, 2011).....	110
Ilustración 4.23 Cosido y descosido en mampostería de ladrillo (Ecosole, 2013).....	111
Ilustración 4.24 Ensamble en forma de cruz (Bricolaje, 2016).....	111
Ilustración 4.25 Ajuste de las varillas enroscadas (Ebasl, 2014) .....	112
Ilustración 4.26 Colocación de la malla de gallinero en la llave de madera (Ebasl, 2014).....	112
Ilustración 4.27 Impermeabilizante en la llave de madera (Ebasl, 2014).....	113
Ilustración 4.28 Colocación de la llave de madera (Ebasl, 2014) .....	113
Ilustración 4.29 Colocación del mortero a base de cal (Ebasl, 2014) .....	114
Ilustración 4.30 Colocación del mortero a base de cal (Ebasl, 2014) .....	114
Ilustración 4.31 Enlucido con cemento en muro de ladrillo (Reformaster, 2016) .....	115
Ilustración 4.32 Protector liquido contra insectos (Vix, 2018).....	116
Ilustración 4.33 Protección con sulfato de cobre para maderas de exteriores (Indeco, 2012) .....	116
Ilustración 4.34 Inyección en para erradicar insectos (Massim, 2017) .....	117
Ilustración 4.35 Colocación de tubos perforados (WikiHow, 2018).....	118
Ilustración 4.36 Colocación de tubos perforados (Vojtanov, 2017).....	118
Ilustración 4.37 Revestimiento impermeable en la cimentación (Universidad de Chile, 2008).....	119
Ilustración 4.38 Relleno de la zanja con ripio triturado (Dytiga, 2014).....	119
Ilustración 4.39 Perforaciones en el muro (Universidad de Chile, 2008) .....	120
Ilustración 4.40 Inyección química basada en resinas en un muro (HumeIngeniería, 2016) .....	121
Ilustración 4.41 Elementos de una cubierta de madera (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015).....	122
Ilustración 4.42 Unión de vigas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015). .....	123

Ilustración 4.43 Terminado de la cubierta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015).....	123
Ilustración 4.44 Instalación de tableros de aglomerado hidrófugo en una cubierta (Onduline, 2019).....	124
Ilustración 4.45 Colocación de placas asfálticas onduladas (Onduline, 2019) .....	124
Ilustración 4.46 Colocación de planchas de eternit (Eternit, 2017).....	125
Ilustración 4.47 Instalación de las tejas (Onduline, 2019) .....	125
Ilustración 4.48 Colocación de tejas coloniales (Slideshare, 2018) .....	126
Ilustración 4.49 Amarre de las tejas (Onduline, 2019).....	126
Ilustración 4.50 Colocación de tejas coloniales (Proceram, 2017).....	127
Ilustración 4.51 Reparación de canales de aguas lluvia (Trabajo de Titulación en la UDLA, 2017).....	127
Ilustración 4.52 Perforaciones para colocar los conectores (CERESIS, 2015).....	128
Ilustración 4.53 Clavado de la malla tipo gallinero (CERESIS, 2015).....	128
Ilustración 4.54 Clavado de la malla tipo gallinero (CERESIS, 2015).....	129
Ilustración 4.55 Instalación de un tumbado de gypsum (SICON, 2018).....	130
Ilustración 4.56 Cosido y descosido en muro de ladrillos (Geodem, 2014).....	130
Ilustración 4.57 Inyección de lechada mediante manguerillas (Trabajo de Titulación en la UDLA, 2017).....	131
Ilustración 4.58 Bajante de aguas lluvia de PVC (Calorcol, 2016).....	131
Ilustración 4.59 Sellamiento de ventanas con un producto elastómerico (Bioguía, 2014) 132	
Ilustración 4.60 Zanja de drenaje (Vojtanov, 2017).....	133
Ilustración 4.61 Extracción de humedad por medio mecánicos (Nergiza, 2019).....	133
Ilustración 4.62 Extractor de humedad (Archiexpo, 2017) .....	134
Ilustración 5.1 Envoltentes de la mampostería de relleno y la mampostería de relleno reforzada (Trabajo de titulación en la PUCE, 2006) .....	137

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Zonas sísmicas en Ecuador para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z; obtenido de NEC-SE-DS, 2015 .....	141
---	-----

# 1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES

## 1.1 Introducción

En el presente trabajo se presentarán los diferentes tipos de patologías constructivas no estructurales que pueden existir en edificaciones de vivienda en el Centro Histórico de la ciudad de Quito y de igual manera se propondrán métodos de intervención para controlar estas patologías no estructurales.

*“Patologías constructivas se refieren a las diferentes lesiones o deterioros habituales en la construcción sufridas en los elementos, materiales o en la estructura misma”* (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, Patologías constructivas, 2009, pg.2).

Por lo tanto, patologías constructivas no estructurales es todo lo anterior mencionando por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos aplicado en elementos que no participan del sistema de soporte de la construcción y que solamente son responsables de su propio peso.

En la década de los 60, el Centro Histórico de Quito atravesaba una delicada situación debido a que no había ninguna norma para proteger las viviendas y edificaciones de esta zona. Es por esto que en 1967, se establecieron las Normas de Quito para la protección de los distintos Patrimonios Culturales del Ecuador y ese mismo año se delimitó el área del Centro Histórico de Quito a ser protegida; siendo esta, la primera zona histórica en ser protegida en toda Latinoamérica. Lastimosamente esta medida se estableció tarde; puesto que, muchas de las casas estaban ya en malas condiciones y las familias adineradas de la época abandonaron el Centro Histórico para ubicarse en nuevas y mejores zonas de Quito.

Para cambiar esta situación se creó el 9 de Julio de 1978, el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y el 2 de Julio de 1978, se estableció la Ley de Patrimonio Cultural. Sin embargo, debido a la delicada situación económica que experimentaba el Ecuador no se tuvo un efecto favorable e inmediato que necesitaba el Centro Histórico.

Con el pasar de los años las cosas no cambiaban para bien en el Centro Histórico. Lastimosamente era todo lo contrario, gran parte de las viviendas habían sido adecuadas para el uso del comercio (sobre todo en la zona que fue denominada Ipiales debido a que allí, se comercializaba mercadería de contrabando traída de la ciudad Ipiales, ubicada al sur de Colombia).

Todo parecía indicar que el Centro Histórico de Quito no iba a poder ser rescatado en un futuro inmediato y que las cosas solo iban a empeorar. Fue entonces un 5 de marzo de 1987, cuando se produjo la erupción del volcán Reventador ocasionando diversos daños en las edificaciones del Centro Histórico. Afortunadamente, las edificaciones resistieron y no se registraron víctimas mortales esa noche.

Sin embargo, este evento de la naturaleza produjo que se tome conciencia de la ciudadanía ecuatoriana sobre lo que se pudo haber perdido esa noche y para finales de ese año se creó el Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural (FONSAL), cuya función era proteger y conservar los bienes históricos de la ciudad de Quito. Este fondo de salvamento generó en gran medida empleo e inversiones en el Centro Histórico como por ejemplo: recuperación de las edificaciones; arqueología; difusión de las obras históricas; promover el turismo.

De igual manera ayudó de gran manera cuando en 1978, el Centro Histórico de Quito fue declarado como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO debido a la calidad patrimonial que posee este lugar.

Ya en el comienzo del nuevo milenio existía aún un problema difícil de resolver, recuperar el espacio público reubicando el comercio informal que estaba establecido en el Centro Histórico hace ya 40 años. Para solucionar esto el entonces alcalde de la ciudad de Quito, Paco Moncayo se comprometió a mejorar esta situación: *“cuando asumí la alcaldía, decidí sacar adelante este proyecto que tenía algunos inconvenientes que podían impedir su realización. Tal el caso de convencer a algunas organizaciones que estaban totalmente opuestas y que tenían la posesión de los terrenos en que habría de construirse el Centro Comercial Hermano Miguel con una capacidad de 1.600 puestos”* (Paco Moncayo, Presentación del libro: Espacio Público - Memoria de Recuperación del Espacio Público del Centro Histórico de Quito, 2004).

Fue un 24 de mayo del 2003, cuando el director en ese entonces de la FONSAL, Arq. Carlos Pallares, organizó la reubicación de las comerciantes informales a los distintos centros comerciales que habían sido ya construidos. Fue así como, en forma pacífica y voluntariamente los comerciantes informales desalojaban el Centro Histórico de la ciudad dejando las calles libres para los peatones y así, mejorando notablemente el turismo en esta zona.

Después de este acertado movimiento, el alcalde Paco Moncayo recalcó: *“El reto, ahora, es dar sostenibilidad al proyecto. Ésta es tarea de todos. Lo realizado tiene que ser irreversible. Es importante para esto, el comprometimiento de la comunidad que debe mantener una auditoría*

*permanente sobre autoridades y comerciantes; de los medios de comunicación que deben estar alertas para comunicar lo positivo y denunciar cualquier desvío; en fin de las generaciones actuales y futuras que queremos vivir en una ciudad linda, ordenada, limpia, próspera, digna del pueblo quiteño. Considero que es un caso de práctica exitosa de un Gobierno Local, que puede servir como referencia a ciudades y países, por lo positivo de sus resultados”* (Paco Moncayo, Presentación del libro: Espacio Público - Memoria de Recuperación del Espacio Público del Centro Histórico de Quito, 2004).

Hoy en día el Centro Histórico de Quito recibe miles de turistas de todo el mundo y cuenta con un sin número de hoteles, restaurantes, galerías de arte, eventos y festivales reconocidos mundialmente. Esto reafirma la buena gestión y e interés de los ecuatorianos en cuidar y promover el turismo.

Actualmente, el Centro Histórico cuenta con alrededor de 370 hectáreas de protección de construcciones y 230 hectáreas de protección natural (Lorena Marina Sánchez y Olga Woolfson, Centro histórico de Quito: Aportes para reflexionar sobre la preservación de las casas patio desde el estado de concientización usuaria, 2016).

El Centro Histórico de Quito está constituido por un total de 15 subdivisiones o barrios, los cuales se presentan a continuación: (Instituto de la ciudad, 2018)

1. González Suarez.
2. La Loma.
3. San Marcos.
4. San Sebastián.
5. La Tola.
6. San Diego.
7. La Victoria.
8. San Blas.
9. Alameda.
10. La Recoleta.
11. San Roque.
12. El Placer.
13. La Chilena.
14. San Juan.
15. El Tejar.

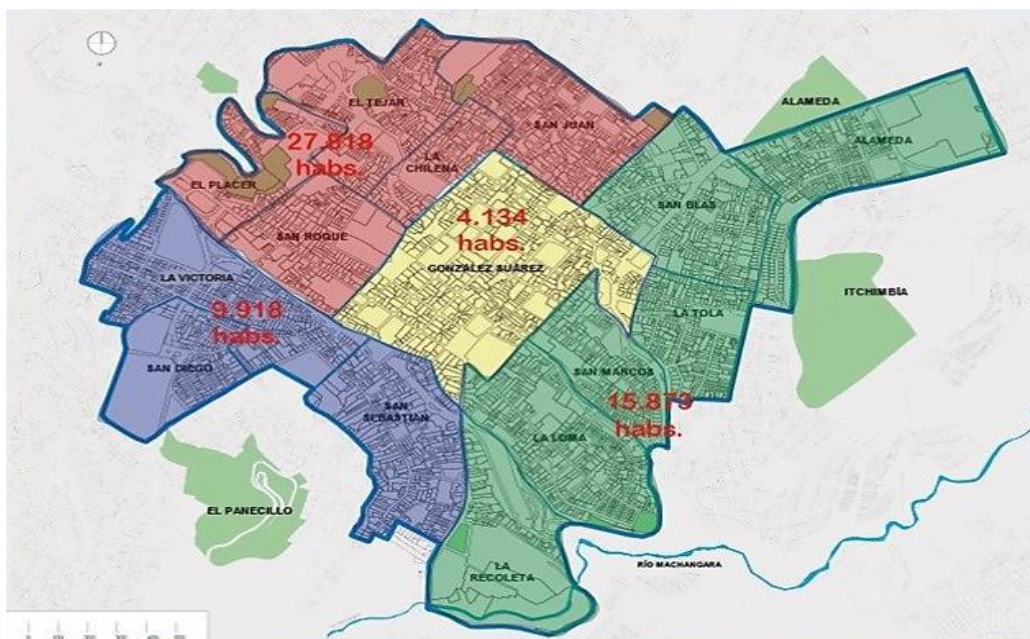


Ilustración 1.1 Subdivisiones del Centro Histórico de Quito (Instituto de la ciudad, 2018)

La población total del Centro Histórico de Quito es de 49 384 habitantes, esto según el censo realizado por el INEC en 2010. Los índices más altos de densidad poblacional según la Secretaria de Territorio en 2010 son: en primer lugar San Roque con 214 (hab/ha); seguido La Victoria con 192 (hab/ha); y La Tola con 182.4 (hab/ha).

A continuación se presenta un mapa con la densidad poblacional del Centro Histórico de Quito realizado por el Instituto de la Ciudad en 2018:

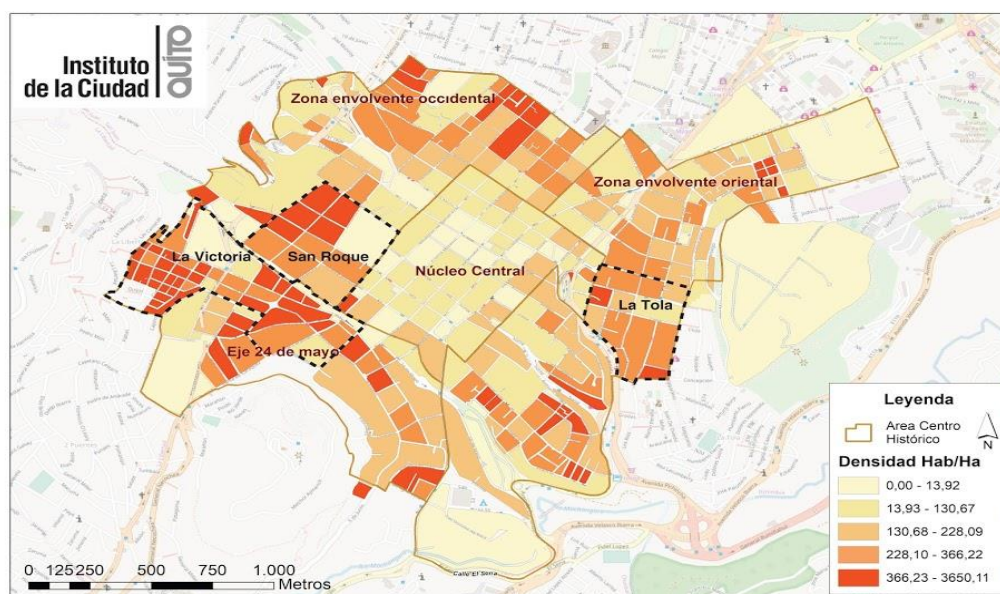


Ilustración 1.2 Densidad poblacional del Centro Histórico de Quito (Instituto de la ciudad, 2018)

A lo largo de este trabajo se evaluarán cinco viviendas, cuatro de las cuales se encuentran ubicadas en el sector denominado “La Tola” y la vivienda restante se encuentra en el sector de “San Juan”. A continuación se presenta la ubicación y extensión de estos dos sectores obtenidos de la aplicación Google Maps:

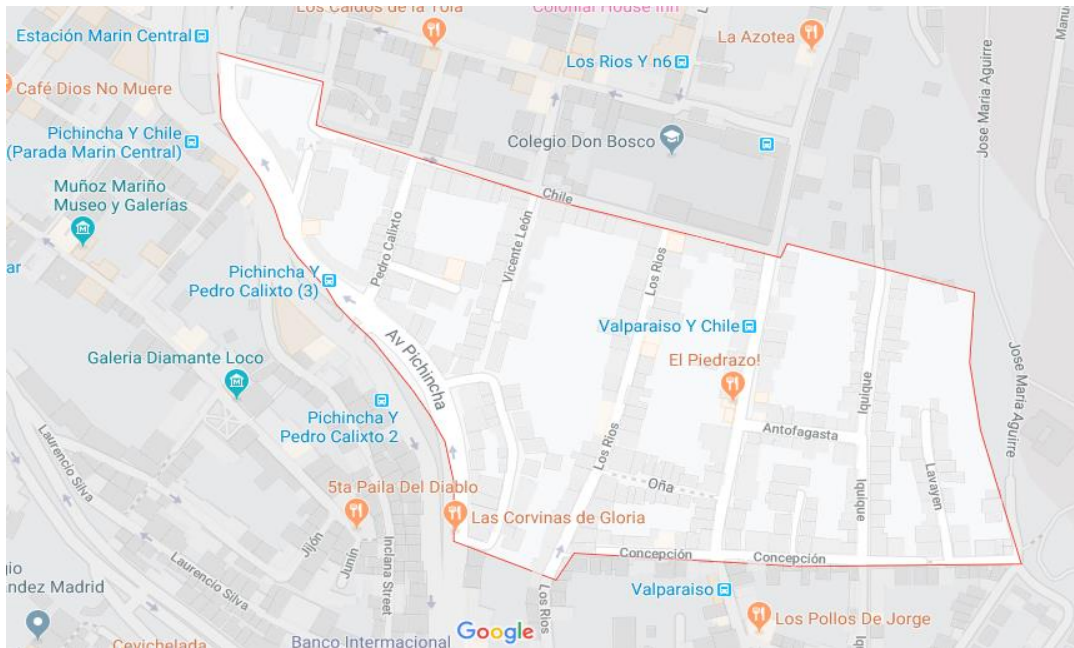


Ilustración 1.3 Sector La Tola (Google Maps, 2019)

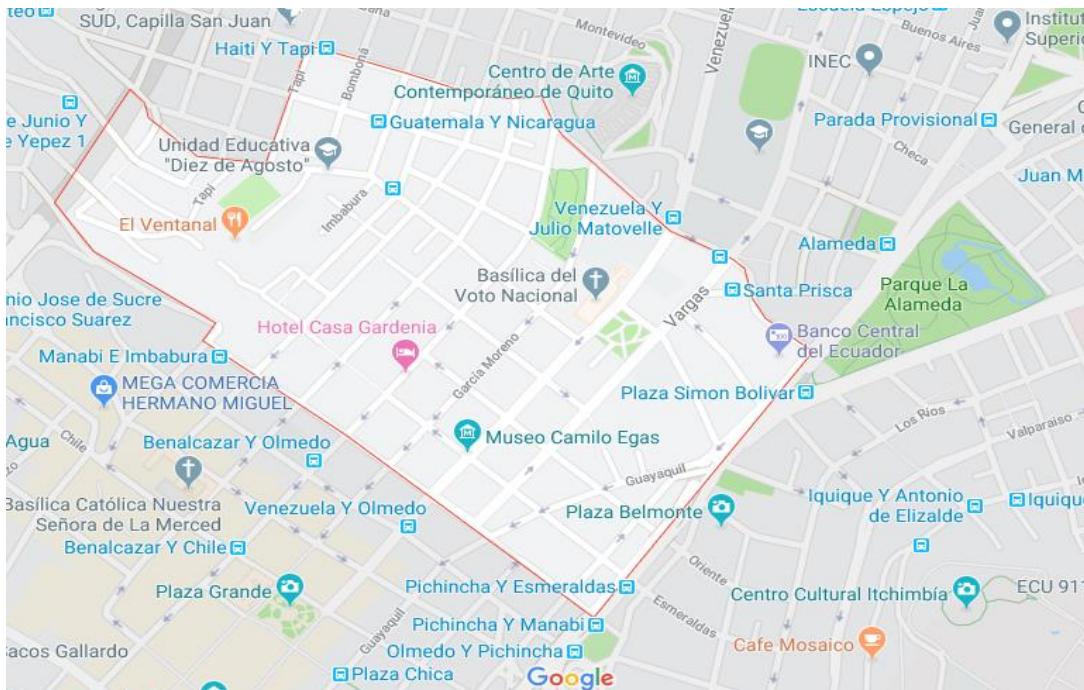


Ilustración 1.4 Sector San Juan (Google Maps, 2019)

Respecto al estado de las viviendas con lo que tiene que ver el estado de paredes, pisos y techos se encuentran en buen estado según los datos proporcionados por el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2010. Los datos que obtuvieron indican que los pisos en buen estado existen en un 59,41%, las paredes en un 59,81% y los techos en un 55,17% del total de viviendas censadas.

Las viviendas restantes se dividen en que tengan paredes, pisos y techos en condiciones regulares y malas. Se estima que las viviendas que tengan paredes, pisos y techos en malas condiciones son del 4,50%, 4,80% y 8,00% respectivamente.

Estos datos obtenidos en el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2010 son valoraciones que los propios jefes de casa otorgaron a los encuestadores. Por lo tanto, estos valores dependen del criterio y enfoque de cada persona. Sin embargo, una encuesta multipropósito realizada por el Instituto de la Ciudad en el 2016, entregaron valores bastante similares a los obtenidos en el Censo Nacional de Población y Vivienda en el 2010.

A continuación se presenta un diagrama realizado por el Instituto de la Ciudad en el 2016, de la auto percepción del estado general de cada vivienda siendo 10 como estado excelente y 0 como estado reprobable:

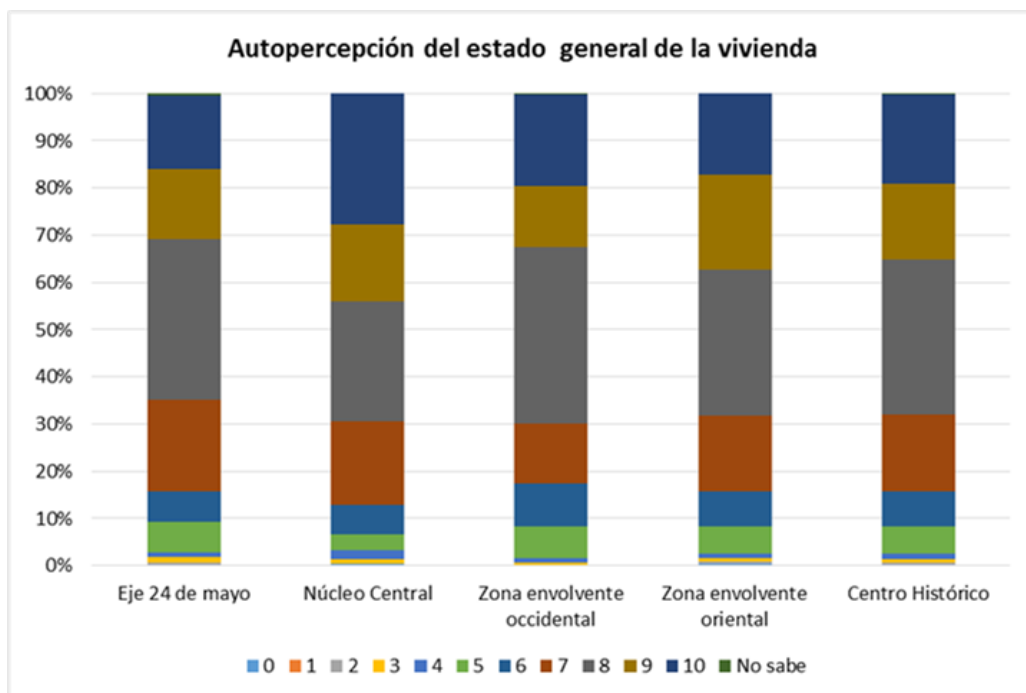


Ilustración 1.5 Auto percepción del estado general de cada vivienda (Instituto de la ciudad, 2018)

Es importante mencionar que la mayor parte de las construcciones en el Centro Histórico de Quito son antiguas y tienen métodos y materiales de construcción diferentes a los utilizados hoy en día.

Según los estudios realizados por la Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras en 2016, la mayor parte de edificaciones cuentan con un sistema estructural de muros portantes de mampostería no reforzada, seguido del sistema estructural de pórticos de vigas y columnas de hormigón armado presente en viviendas ya no tan antiguas como las que tiene el anterior sistema de construcción o pueden ser edificaciones que ya hayan experimentado alguna intervención.

La Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras en 2016, realizó un esquema con la tipología del Centro Histórico de Quito de un área de estudio delimitado por: al norte por la calle Manabí y Gral. Briceño; por el sur por las calles Sucre y Vicente Rocafuerte; por el este por las calles Valparaíso y Sucre; y por el oeste por las calles Mires y Chimborazo – Manuel Quiroga:

**Tabla 1.1 Nomenclatura de los Sistemas Estructurales (Elaboración propia en base a la información proporcionada de La Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2016)**

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	W1	Estructuras de Madera Liviana
2	W2	Estructuras de Madera para Industria
3	S3L	Pórticos de acero liviano
4	S4M	Pórticos de acero con muros de corte. El pórtico resiste la carga vertical y el muro el sismo. También incluye sistema dual
5	S5L	Pórticos de acero con paredes de bloque sin reforzar para resistir el sismo. Es un edificio antiguo
6	S5M	
7	C1L	Pórticos de vigas y columnas de hormigón armado. Se incluye edificios antiguos y modernos
8	C1M	
9	C1H	
10	C3M	Pórticos de hormigón armado con paredes sin reforzar. Edificios antiguos que pueden tener problemas con sismos
11	RM1L	Mampostería Reforzada confinada con elementos de madera o metal
12	RM1M	
13	URML	Estructuras con mampostería no reforzada
14	URMM	

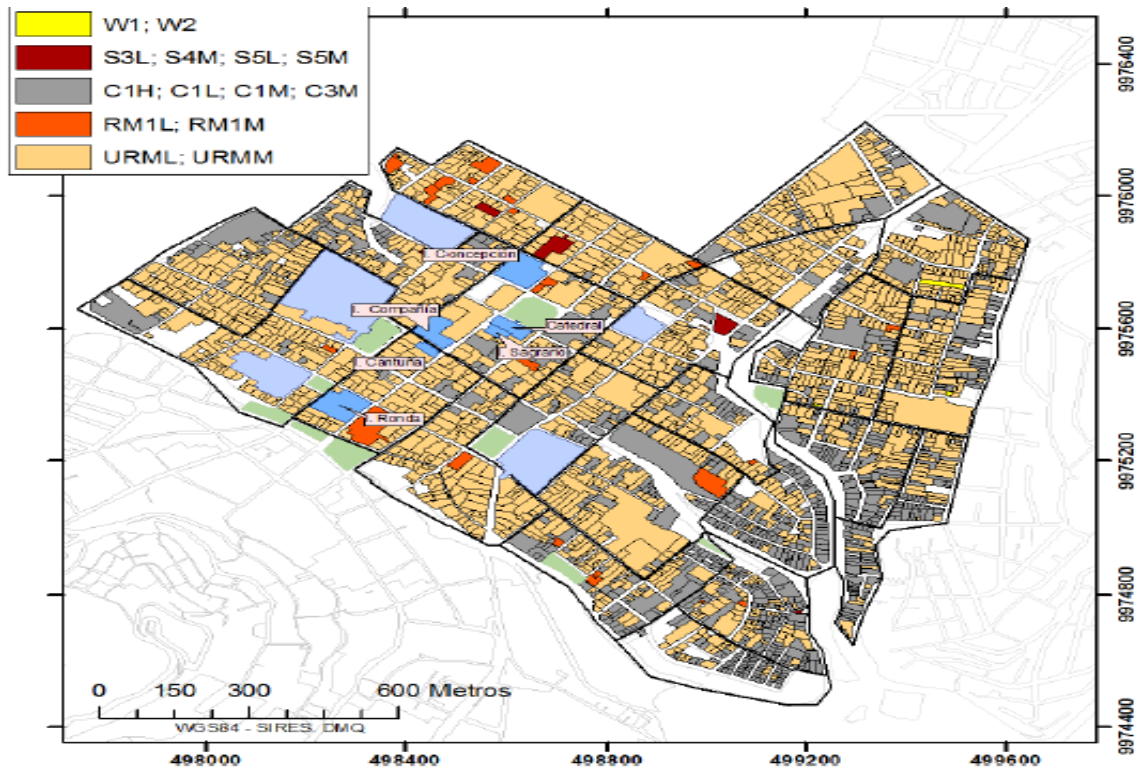


Ilustración 1.6 Tipología del Centro Histórico de Quito (La Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 2016)

El sistema de muros portantes de mampostería no re

forzado es un método tradicional de construcción que consiste en elaborar los muros manualmente utilizando como unidades de mampostería tierra o bloques de hormigón simple en los cuales no se utiliza ningún tipo de refuerzo de acero interno, externo o de confinamiento. Estos materiales de construcción son adheridos mediante mortero de tierra o cemento.

Los muros portantes cuentan como elementos estructurales y soportan otros elementos estructurales como: arcos; vigas o viguetas; bóvedas.

Se consideran sistemas estructurales conformados por unidades de mampostería a: (NEC-SE-DS 2015, pg.43)

- De tierra (se incluye adobe, con o sin refuerzo de paja o similar, tapial, bahareque sin diagonales, arcilla cocida).
- De bloques de hormigón simple.

Un dato a considerar es que el sistema de muros portantes de mampostería no reforzada no tiene que ser utilizado en zonas que tengan el factor de zona  $z$  mayor o igual a 0,25 (NEC-

SE-DS 2015, pg.43). Por lo tanto, este sistema de construcción no tendría que utilizarse actualmente en las viviendas del Centro Histórico debido a que, Quito tiene un factor de zona  $z$  igual a 0,40 (NEC-SE-DS 2015, pg.107).

A continuación, se presenta una breve descripción de los principales materiales de construcción que se pueden encontrar en viviendas del Centro Histórico:

- Hormigón Armado:

El hormigón armado ha sido estudiado más que ningún otro material de construcción debido a que es uno de los materiales más usados hoy en día. Esto se debe principalmente a: su gran resistencia que presenta a la compresión en relación su bajo costo; su gran versatilidad; su gran rigidez para reducir el daño en elementos estructurales y no estructurales; y el problema de proporcionarle la suficiente ductilidad para que pueda resistir eventos sísmicos fuertes.

Sin embargo, muchos estudios y catástrofes han demostrado que las edificaciones de hormigón armado han tenido un mal desempeño frente a eventos sísmicos fuertes ocasionando que se generen grandes fisuras y grietas en elementos estructurales, llegando a un grado que se necesita intervención inmediata (esto se ha evidenciado inclusive en países desarrollados). Incluso en construcciones antiguas compuestas de muros portantes de mampostería no reforzada (como las que presentan la mayoría de viviendas del Centro Histórico de Quito) han demostrado un mejor comportamiento que las edificaciones de hormigón armado (Bonett Díaz y Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios: Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada, 2003).

Por otro lado, se presentan otros sistemas mucho más eficientes como es el caso de muros estructurales que han demostrado un gran comportamiento ante eventos sísmicos severos (como es el caso en Chile).

- Adobe:

El adobe es la conformación de ladrillos o bloques de tierra cruda secados al sol y su principal ventaja es que se lo puede elaborar prácticamente en todo el mundo ya que, los materiales que se necesitan para su fabricación se encuentran en la tierra misma. Este material normalmente se compone de: 40% de arcilla-arena; 40% de limos; y 20% de arcilla (Instituto Tecnológico de la Construcción de México, 1997).

Este material de construcción se lo utiliza ya hace miles de años y antes del nuevo milenio se lo utilizaba en más de la mitad de las construcciones en todo el mundo debido a: su gran solidez; se lo puede reutilizar las veces que se necesite volviéndolo un material cien por ciento ecológico; bajo costo; facilidad de construcción y fabricación; posibilidad de construir muros, bóvedas, terrazas.

Una de las grandes características de este material de construcción es de mantener el calor dentro de las construcciones. Esto hace que se tenga un muy buen confort térmico dentro de las viviendas en zonas como en el Centro Histórico. Otra característica importante es la gran capacidad de absorber la humedad presente, por ejemplo: entre verano e invierno un muro de adobe puede experimentar la variación de un 5% de agua, lo que para un muro de 40 (cm) de espesor vendría a ser aproximadamente 50 (lt) de agua (Instituto Tecnológico de la Construcción de México, 1997).

- Ladrillo:

El ladrillo es el material de construcción más antiguo que se conoce que sea fabricado directamente por el hombre. Los primeros ladrillos que se construyeron fueron para realizar el adobe originándose en civilizaciones del Medio Oriente (territorios que actualmente ocupan los países de Irak e Irán). Su uso se difundió rápidamente por todo el mundo debido a su facilidad de construcción, resistencia, disponibilidad de poder moldear y dimensionar los bloques según lo requerido y es mucho más liviano que el material de construcción que se usaba antes que era la piedra.

Más tarde, se comenzaron a construir los conocidos ladrillos comunes o de campo que es un material de construcción creado por el hombre que presenta un color rojizo debido precisamente a la arcilla (compuesta de óxido de hierro) que contiene como materia prima. Este bloque es moldeado con agua y luego se lo cocina con fuego, este último proceso de cocción es precisamente lo que le otorga dureza y resistencia. Esta cocción fue fundamental para estabilizar y que gane en resistencia la arcilla.

El ladrillo común es uno de los más usados hoy en día, y está muy presente en las edificaciones del Centro Histórico de Quito, sobretodo en casas no tan antiguas que usaban adobe (casas de aproximadamente 40 o 50 años).

El ladrillo común se popularizó rápidamente por todo el mundo, llegando a Europa donde se lo utilizaba bastante como material decorativo para fachadas. Sin embargo, con el paso

de tiempo esto comenzó a cambiar destacando su uso estructural en la basílica de Santa Madre Sofía, ubicada en Estambul, Turquía. En esta basílica las cúpulas fueron construidas con ladrillo de cerámico (un elemento estructural) dando resultados bastante buenos. Este uso constructivo también se lo comenzó a dar en Asia en la construcción de los minaretes (minarete es una torre anexa a una mezquita donde las personas acuden a orar).

Las dimensiones del ladrillo común en Ecuador varían entre: 24 cm a 27 cm de largo; 12,5 cm a 13 cm de ancho; y entre 6 cm a 7 cm de espesor. El Arq. Mario Averardo Bianucci, en conjunto con la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, 2009, nos recomienda que las dimensiones de un ladrillo común deben respetar las relaciones de:

$$a = 2 * e \quad ; \quad l = 2 * a$$

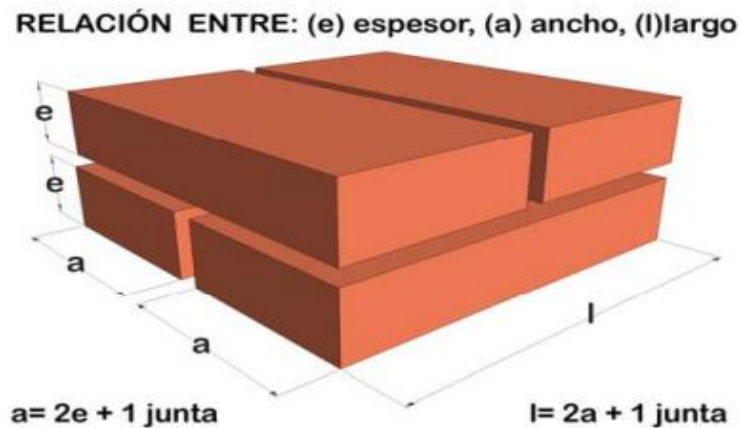
(Las dos relaciones ya consideran la junta que existe entre dos ladrillos)

Dónde:

a: es el ancho.

e: es el espesor

l: es el largo del ladrillo.



**Ilustración 1.7 Recomendaciones de dimensiones de un ladrillo común (Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, 2009)**

Como ventajas de este material tenemos a: su agradable color rojizo muy utilizado en fachadas de viviendas; posee una gran resistencia en relación a su precio; es un buen aislante térmico y acústico; facilidad de producción y construcción; no requiere un mantenimiento regular; no produce putrefacción; es un material ecológico porque sus

componentes vienen del suelo; presenta gran resistencia al fuego y a la intemperie (Ladrillos comunes, Ventajas y desventajas de los ladrillos, 2016).

Como desventajas podemos mencionar: el ladrillo al ser un material poroso es susceptible a daños por humedad como eflorescencias, o a la acumulación y propagación de moho; es difícil pintar o revestir los ladrillos ocasionando a larga el desprendimiento entre los dos materiales.

- Madera:

La madera es uno de los primeros materiales de construcción que ha usado el hombre, junto con la piedra, a lo largo de toda la historia. Con el paso del tiempo y la aparición de nuevos materiales, el uso de la madera disminuyó; sin embargo, debido a nuevos estudios, mejores tratamientos y a un mejor conocimiento sobre este material, la madera ha vuelto a competir con los nuevos materiales.

Una de las principales ventajas que tiene la madera sobre los nuevos materiales es que no necesita energía para su fabricación (el árbol utiliza la energía del sol) y la energía para su transformación es mucho menor. Por ejemplo: 1 tonelada de madera necesita 430 KWh para su transformación; mientras que, materiales como el acero necesita 2700 KWh o el aluminio necesita 17000 KWh para la transformación de 1 tonelada (Confederación Española de Empresarios de la Madera, 2004).

Existen cinco tipos de maderas con relación a sus propiedades y características intrínsecas: (Ingeniera Eny López, 2015)

1. Maderas blandas.- Proviene de los árboles de rápido crecimiento, son fáciles de trabajar y presentan colores bastante claros. En Ecuador se pueden mencionar al Álamo, Sauce, Acacia, Pino.
2. Maderas duras.- Proviene de los árboles de lento crecimiento y debido a su apariencia aceitosa, se las suele usar para la construcción de muebles. En Ecuador podemos mencionar al Roble, o al Nogal.
3. Maderas resinosas.- Se usan en muebles o en algunos tipos de papel debido a su resistencia a la humedad. En Ecuador podemos encontrar al Cedro, o al Ciprés.
4. Maderas finas.- Se las utiliza para elementos decorativos o en muebles. En Ecuador se encuentra el Ébano, Abeto y Arce.
5. Maderas prefabricadas.- Es el conjunto de maderas recicladas.

En Ecuador, los tipos de madera más usados para la construcción de columnas y vigas son: El Colorado; Arenillo; Chanul; Moral. Para tablas de encofrado se utiliza el Laurel, para tablas y tablonos para muebles se usa el Seike y El Colorado y para puntales se usa el Eucalipto.

Sin embargo, debido al peligro de extinción de los árboles de Chanul, Bálsamo y Mascarey, su utilización es de uso restringido.

Actualmente, la madera se utiliza para la construcción de viviendas de hasta tres pisos teniendo el mayor mercado en Estados Unidos debido a su ligereza y rápida construcción (Confederación Española de Empresarios de la Madera, 2004).

Es importante tener un buen secado de la madera para eliminar todo exceso de agua presente. Se recomienda dejar secar al material por un tiempo de 10 a 12 meses, después de esto se puede proceder al cortado para obtener aristas rectas y finalmente se cepilla para eliminar astillas o cualquier imperfección.

Es uno de los materiales de construcción que más se ha utilizado a lo largo del tiempo debido a: su gran resistencia a la flexión; gran resistencia a la tracción y compresión en dirección paralela a las fibras; material ecológico; tiene un peso relativamente bajo con respecto a otros materiales que proporcionan la mismas resistencias; facilidad de producción y de construcción; se cuenta con bastantes alternativas en el mercado en lo que tiene que ver con resistencia y tonalidades; es un material muy vistoso; es un buen aislante térmico, acústico y eléctrico.

Las principales desventajas que presenta este material son: poca resistencia al esfuerzo de cortante; poca resistencia al esfuerzo de compresión y tracción si se lo aplica en dirección perpendicular a la fibra; tiende a pandearse cuando se le aplica grandes esfuerzos de compresión; es un material inflamable; es vulnerable a insectos como las termitas; se puede pudrir ante la presencia de agua.

## **1.2 Justificación**

En toda edificación de vivienda se puede evidenciar patologías no estructurales por diferentes razones. Muchas de estas no son de mayor importancia y no necesitan de una intervención inmediata, pero otras pueden provocar gran incomodidad para sus ocupantes y

su reparación puede generar costos altos, sin mencionar de un posible desalojo de las personas afectadas mientras se realizan las reparaciones correspondientes (Rodríguez Ventura, 2004).

Generalmente, se tiene problemas para identificar las razones por las cuales se dan las patologías en una estructura de vivienda y es por esto que los métodos de intervención que se aplica no dan un resultado satisfactorio para erradicar el problema y después de un tiempo vuelve a aparecer la anomalía en la estructura.

Es por esto que, se busca identificar de manera clara y proponer métodos de intervención para minimizar las diversas patologías no estructurales más comunes en edificaciones de vivienda en el Centro Histórico de la capital para evitar altos costos en reparaciones que no ayudaran en la erradicación del problema.

En el Centro Histórico de la capital es muy común encontrar edificaciones de vivienda con más de 10 o 15 años de construidas con materiales como adobe, madera, ladrillo, teja. Hoy por hoy, a estas edificaciones si se las desea restaurar se lo debe realizar con los mismos materiales, aunque se puede reemplazar las cubiertas por placas metálicas y se cubre con teja, o los cielos rasos que eran de carrizo y barro, ahora se los puede hacer con gypsum.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

Las patologías no estructurales es un problema que siempre estará presente, independientemente del material que se use y de las mejoras en la calidad de los materiales que se los implemente con el paso de los años.

Sin embargo, este problema se lo puede minimizar mejorando los procesos constructivos o al implementar diversas técnicas o materiales que ayuden a controlar las patologías no estructurales más comunes en el Centro Histórico de Quito y de esta manera evitar o disminuir el mantenimiento periódico o emergente que se tenga que realizar en una edificación de vivienda.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Proponer métodos de intervención para corregir las patologías no estructurales más comunes en edificaciones de vivienda en el Centro Histórico de la capital del Ecuador durante la construcción y después de ella.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Estudiar las patologías no estructurales más comunes que se pueden generar en edificaciones de vivienda.
2. Identificar las patologías no estructurales más comunes en edificaciones de vivienda en el Centro Histórico de la capital del Ecuador.
3. Caracterizar las patologías no estructurales más comunes en edificaciones de vivienda en el Centro Histórico de la capital del Ecuador.

## **1.5 Alcance**

En el presente trabajo de investigación se busca identificar las principales causas que provocan el apareamiento de las patologías no estructurales más comunes en el Centro Histórico de la capital del Ecuador y de esta manera proponer métodos claros de intervención para controlarlas.

Para esto se realizará un estudio visual en cinco edificaciones de vivienda ubicadas en el Centro Histórico de la capital. Después de esto, se procederá a realizar la recolección de datos y así, identificar las patologías no estructurales que se producen en estas estructuras.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 Patologías constructivas

#### 2.1.1 Descripción

Patologías constructivas son las diferentes lesiones o deterioros físicos habituales en las construcciones. Estas lesiones o deterioros se pueden presentar en las edificaciones debido a: un mal diseño o una mala ejecución de la obra; por un agente externo; o por el medio ambiente que está sometido constantemente la edificación. También se pueden presentar mediante una combinación de estos tres factores.

Existen principalmente tres grados de patologías y es de gran importancia identificar en qué grado se encuentra la patología que estamos analizando porque así determinaremos si solo es un daño estético y por el otro lado, si se necesita una intervención inmediata. Generalmente se clasifican a las patologías en estos tres grados: (Aguirre y Baeza, 2019).

1. Leve.- Es una lesión que afecta a la edificación solo estéticamente, y no pone en ningún peligro la ocupación de la construcción.
2. Moderado.- Es una lesión que puede causar daño en un futuro cercano la ocupación de la edificación, y se recomienda realizar las correspondientes reparaciones lo más pronto posible para que no se agrave la situación.
3. Urgente o Grave.- Es un daño que pone en peligro inmediato la ocupación de la edificación y necesita de manera urgente una intervención. Se presentan estos daños normalmente en elementos estructurales.

Es importante mencionar que es bastante difícil determinar con exactitud todas las causas que generan el daño en la edificación debido a que, existen un sin número de patologías. Incluso con la ayuda de un experto, éste muchas veces no logrará determinar al ciento por ciento de certeza lo que ocasionó el daño, pero si se puede intuir las causas, orígenes y posibles soluciones a implementar.

Las patologías constructivas más comunes que se han encontrado en edificaciones de vivienda son grietas y fisuras, y humedad. Es por esto que se las analizará detalladamente a continuación (Aguirre & Baeza, Patologías constructivas, 2019).

### 2.1.2 Grietas y fisuras

Las grietas y fisuras son roturas que se generan en los materiales de construcción debido principalmente a cambios volumétricos significativos o al aplicar cargas superiores a las que puede resistir el material.

La diferencia entre grietas y fisuras es la siguiente: fisura es toda abertura que se presenta en la superficie o acabado de un elemento; mientras que grieta es toda abertura que se genera parcialmente o en todo el espesor de un elemento. Por lo tanto, una grieta es mucho más grave que una fisura debido a que puede fallar en cualquier momento el elemento en el que se presenta (la situación es aún más preocupante si se presenta en elementos estructurales). También se las suele diferenciar de acuerdo a su espesor:

*Fisuras serán cuando:  $5 \text{ mm} \leq e$*

*Grietas serán cuando:  $5 \text{ mm} > e$*

Dónde:  $e$  es el espesor de la abertura



**Ilustración 2.1 Comparación entre grieta y fisura (Arq. Víctor Chico Bazaga, 2017)**

Para poder solucionar este tipo de patología se necesita conocer la razón de su origen y una vez identificado esto, se puede proponer un método de intervención eficaz para que estas grietas y fisuras no vuelvan a aparecer en la vivienda. Esto permite igual a los constructores y proveedores de materiales de construcción tomar medidas en futuras construcciones para disminuir o eliminar totalmente la presencia de esta patología constructiva.

A las fisuras se las suele clasificar de acuerdo a su espesor: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

1. Microfisuras:

Tienen un espesor menor 0.05 (mm). En general este tipo de fisuras carecen de importancia estructural.

2. Fisuras tamaño estándar:

Tienen un espesor entre 0.05 (mm) a 0.2 (mm). Este tipo de fisuras pueden ser un indicativo para realizar un análisis en la edificación debido a que se puede producir un daño en el elemento en el que se presenta la abertura.

3. Macrofisuras:

Tienen un espesor entre 0.2 (mm) a 0.5 (mm), si es mayor 0.5 (mm) se consideran como grietas. Si se presenta este tipo de fisuras es posible que ya exista un daño a considerarse.

Otra clasificación que nos ofrece la Universidad EAFIT de acuerdo al espesor de las grietas y fisuras y categorización del posible daño: (Universidad EAFIT, 2010)

**Tabla 2.1 Clasificación de grietas y fisuras de acuerdo a su espesor (Elaboración propia en base a la información proporcionada de la Universidad EAFIT, 2010)**

Categoría del daño	Descripción del daño típico	Abertura
Insignificante	Fisuras con forma de cabello.	Menor a 0.1 mm
Muy ligero	Se las puede tratar fácilmente. En mampostería son visibles al realizar una inspección cercana.	1 mm
Ligero	Se las puede rellenadas fácilmente; sin embargo, pueden requerir una redecoración. Pueden aparecer múltiples fisuras en mamposterías.	3 mm
Moderado	Se incluyen grietas que pueden requerir abrirlas para su reparación. Si ocurre en una mampostería de ladrillos, se deberá reparar una pequeña cantidad de estos. Por otro lado, si se presentan cerca de puertas y ventanas, pueden generar que estas se traben.	5 a 15 mm; o el número de grietas mayor a 3
Severo	Generalmente grietas con una gran extensión longitudinal y que requieren de una extensiva reparación. Es posible que se tenga que demoler y reemplazar las mamposterías, especialmente si están sobre puertas y ventanas. También pueden generar daños en las tuberías y pérdida de capacidad portante de las vigas.	15 a 25 mm
Muy severo	Se requiere un mayor trabajo de reparación y puede llegar hasta la reconstrucción total de muchos elementos. Es muy posible que las vigas hayan perdido su capacidad de carga y que las mamposterías estén inclinadas. Existe el peligro de daño estructural riesgoso.	Mayor a 25 mm

A las grietas y a las fisuras se las suele clasificar de acuerdo a su comportamiento: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

1. Vivas:

Sucedee cuando las grietas o las fisuras aún sigues con su desarrollo. Pueden seguir aumentado de longitud, o pueden aumentar o disminuir su espesor.

2. Muertas o pasivas:

Cuando las grietas o las fisuras ya se han estabilizado. Es decir, no presentan aumentos o disminuciones en sus dimensiones.

Para la evaluación de las grietas o de las fisuras se recomienda seguir los siguientes pasos: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

1. Identificar:

Se debe detallar la ubicación, la longitud y el espesor de las aberturas. También se debe detallar cualquier lesión que haya como descascaramientos, o exposición de las varillas de acero.

2. Dar seguimiento al daño producido:

Esto se necesita para conocer si las grietas o las fisuras son vivas o pasivas. Se lo puede realizar comparando fotografías o realizando mediciones de las aberturas con el paso del tiempo.

3. Revisar las especificaciones de la construcción:

Se debe revisar los planos de la edificación y las especificaciones técnicas de los materiales de construcción usados.

4. Revisar el estado interno de las grietas o de las fisuras:

Se debe verificar la profundidad de la abertura, y si existen espacios vacíos en las paredes.

5. Proponer posibles causas que produjeron el aparecimiento de las grietas o de las fisuras:

Plantear y debatir las posibles causas de origen.

6. Estimar la importancia del daño producido:

Mediante las dimensiones de la abertura, su ubicación, si son fisuras o grietas vivas o pasivas.

7. Proponer posibles soluciones:

Al realizar todos estos pasos adecuadamente se puede plantear buenas y correctas soluciones.

### 2.1.3 Humedad

Este tipo de patología constructiva se puede considerar como una de las más difíciles a tratar. A diferencia de las fisuras y grietas, si no se toman las debidas precauciones y consideraciones en la etapa de diseño y cimentación, y si la edificación presenta daños ya cuando este en uso, será casi imposible erradicarla al cien por ciento. A pesar de esto, siempre se podrán aplicar acciones correctivas para disminuir significativamente los daños que ocasionan esta patología (Aguirre y Baeza, 2019).

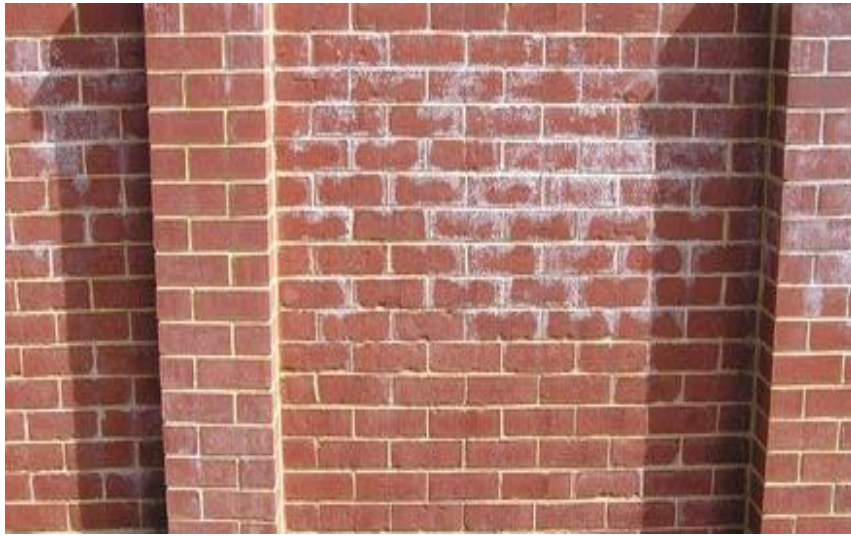


**Ilustración 2.2 Daño por humedad (Slideshare, 2010)**

Esta patología genera principalmente eflorescencias y descascaramientos. A continuación se explican estos dos conceptos: (Blatem, Eflorescencias: qué son y cómo se pueden prevenir y tratar, 2018)

## 1. Eflorescencias:

Es la presencia de manchas blanquecinas que se originan normalmente en superficies construidas con materiales de construcción muy porosos (hormigón, ladrillo, piedra, adobe) debido a la presencia de humedad. Este fenómeno se produce debido a la evaporación del agua residual atrapada en las superficies, y debido a las sales solubles que se encuentran en el agua, se produce ese tono blanquecino.



**Ilustración 2.3 Eflorescencias en una pared de ladrillo (Ing. Xavier Valderas, 2011)**

Es importante mencionar que el daño de eflorescencias no solo es de carácter estético, sino también puede debilitar el elemento donde se presente esta patología si no se trata a tiempo. Existen dos tipos de eflorescencias:

- **Primaria:**

Se presenta en obras recién culminadas. Su presencia suele ser inevitable; sin embargo, al corto tiempo desaparece sin dejar rastro.

- **Secundaria:**

Se presentan por una mala construcción o mala elección de materiales de construcción. Se tiene que aplicar medidas correctivas para que desaparezca.

## 2. Descascaramientos:

Se producen cuando la pintura se separa de las superficies en trozos o pedazos. Sucede generalmente en superficies expuestas al sol e igualmente que el daño de eflorescencias,

esta patología por construcción se origina por el agua residual que no se le permitió evaporarse antes de impermeabilizar la superficie.



**Ilustración 2.4 Descascaramientos en pintura (PINTOP, 2018)**

Al daño producido por humedad se suele clasificar de acuerdo a su origen: (EPA “U.S. Environmental Protection Agency”, Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones, 2016).

- Por construcción:

Se origina debido al agua que se utiliza a lo largo de toda la construcción, y depende mucho de las condiciones climáticas del lugar y en la estación en la que fue construida la obra ya que, dependiendo de estos factores el agua puede tomar semanas o meses en secarse completamente. Puede generar eflorescencias, descascaramientos o deformaciones en los elementos afectados.

Por todo esto se recomienda analizar bien las condiciones climáticas del lugar y en la estación en la que se construye la obra. Una vez que se esté seguro que el agua residual se haya evaporado completamente, se puede continuar con trabajos que impermeabilizan los elementos como estucados, pinturas, colocación de cerámica, colocación de piezas de madera, etc.

- Por capilaridad:

Esta patología se produce por el agua que asciende desde la cimentación debido a la tensión superficial, y luego los materiales de construcción absorben el agua (especialmente los materiales de construcción porosos) ocasionando principalmente en las partes inferiores

de los elementos descascaramientos y eflorescencias. También se puede presentar que en alguna habitación se sienta constantemente el ambiente húmedo (Construmática, Humedad capilar, 2018).



**Ilustración 2.5 Humedad en una pared por capilaridad (Hogar seco, 2013)**

- Por filtración:

Se produce debido al ingreso de agua a través de aberturas. Esta patología produce generalmente manchas en las superficies afectadas, y diversos daños a elementos o materiales que se encuentren en el interior de la vivienda. También puede generar que la abertura crezca aún más.



**Ilustración 2.6 Filtración de agua (BBC, 2009)**

- Por accidentes:

Se produce por eventos no previstos o desafortunados como por ejemplo: rotura de tuberías de agua; derrame de líquidos; inundaciones debidas a fenómenos naturales. Puede generar deformaciones en los elementos afectados.



**Ilustración 2.7 Inundación en viviendas (HAVANA TIMES, 2015)**

- Por condensación:

Se presenta cuando existe una diferencia de dos grados centígrados o más entre la temperatura superficial de un elemento y el punto de rocío produciendo que el vapor de agua se condense en la cara interna de los elementos, o en el tumbado. Este fenómeno puede facilitar la proliferación de hongos en las superficies afectadas generando manchas verdosas y afectando la condición de habitabilidad.



**Ilustración 2.8 Condensación en una ventana (CANTITEC, 2014)**

La humedad por condensación se la suele clasificar en: (EPA “U.S. Environmental Protection Agency”, Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones, 2016)

1. Intersticial.- Es imposible reconocerlo a simple vista; puesto que, se produce cuando el vapor de agua dentro de la vivienda penetra los muros, de dentro hacia afuera, y cuando llegue al exterior y si la diferencia de temperatura entre el muro y el punto de rocío es de dos o más grados centígrados, se producirá la condensación.
2. Superficial.- Sucede cuando la temperatura dentro de la edificación es lo suficientemente baja para que la condensación se produzca. La baja resistencia térmica que tenga la construcción influye para que suceda este fenómeno.

## **2.2 Elementos no estructurales**

Son todos los elementos que no transmiten las cargas aplicadas sobre ellos hacia la cimentación de la edificación. Estos elementos tienen que soportar solamente su propio peso, y acciones directamente aplicadas sobre ellos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2011).

Los elementos no estructurales no forman parte de la estructura de la edificación, pero si pueden modificar el comportamiento de la misma.

### **2.2.1 Descripción**

A los elementos no estructurales se los suele clasificar de la siguiente manera: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2011)

- 1) Acabados, elementos decorativos y arquitectónicos:

Incluyen elementos como muros de fachada, muros interiores, cielo raso, parapetos, antepechos, ventanas, recubrimientos, etc. Algunos de estos elementos sirven para dividir los espacios dentro de la casa, y la protección de la casa a la intemperie. Mientras que otros elementos son netamente decorativos.

2) Instalaciones (incluye las instalaciones eléctricas, sanitarias, hidráulicas, mecánicas, y de servicio de gas):

El sistema de agua potable, aguas servidas, el sistema de recolección de aguas lluvia, distribución de energía, transporte de gases, etc. En general son tuberías embebidas o colgadas de la estructura que se distribuyen alrededor de toda la edificación.



Ilustración 2.9 Elementos no estructurales (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2017)

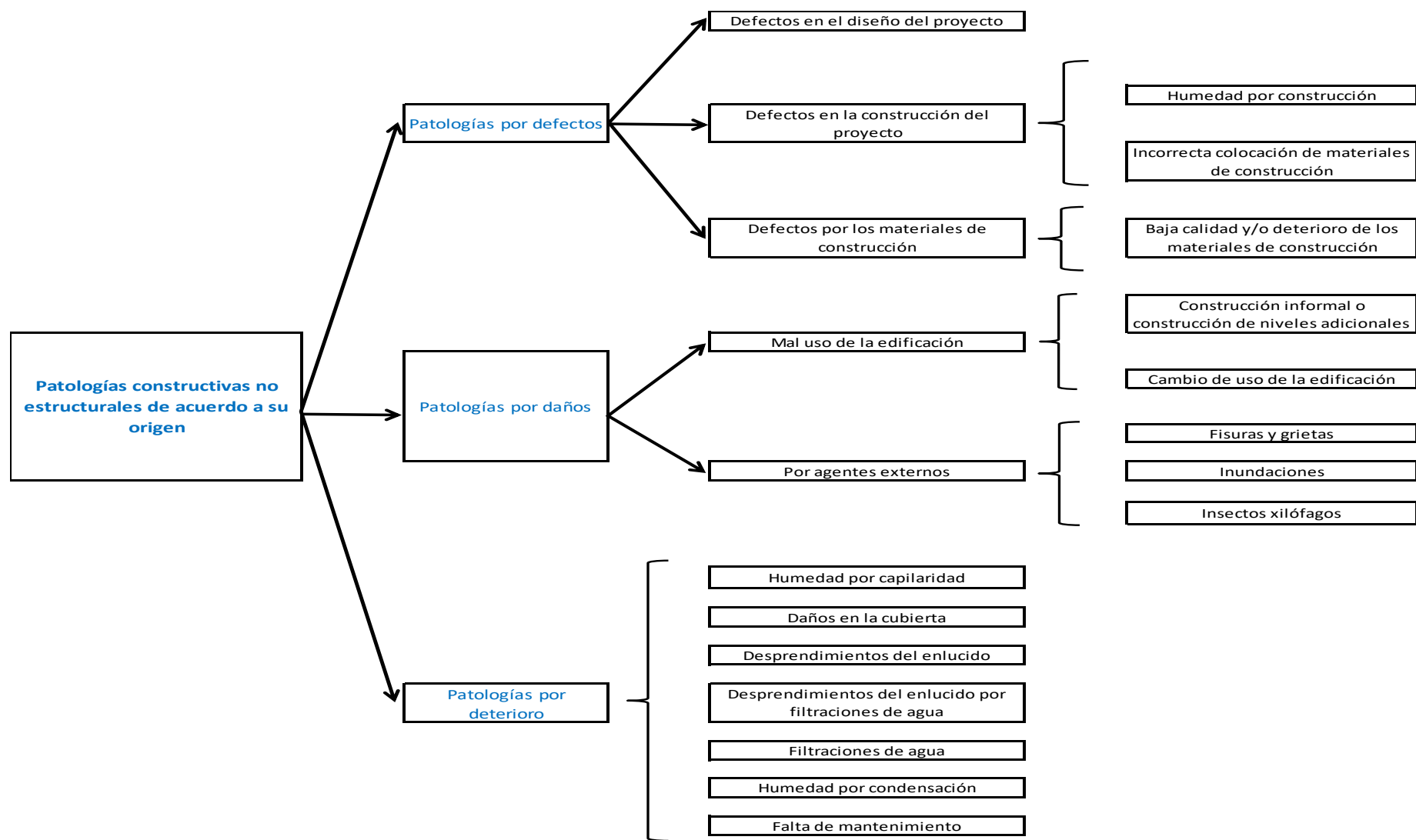
3) Tanques de agua:

Generalmente se construyen con concreto y estos se los sitúa en el sótano o a un costado de la edificación. Pero en otros casos, se los fabrica de plástico y se los coloca encima de la estructura ocasionando cargas inerciales importantes sobre esta.

### 2.3 Patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen

La vulnerabilidad que tiene una edificación se refleja a través de las patologías que van apareciendo con el paso del tiempo. Pueden generar diversas acciones en la construcción desde pequeños daños y molestia en la habitabilidad de sus ocupantes, hasta graves daños que necesiten intervención inmediata. A continuación, se presenta un cuadro sinóptico para un mejor entendimiento de las divisiones y subdivisiones que tienen las patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen:

Tabla 2.2 División de las patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen (Elaboración propia, 2020)



A las patologías constructivas se las suele clasificar de acuerdo a su origen en: patologías por defectos, patologías por daños y patologías por deterioro (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009).

### 2.3.1 Patologías por defectos

#### 2.3.1.1 Descripción

Se presentan principalmente por: un mal diseño de la edificación; errores en la construcción; empleo de materiales deficientes o inapropiados; mala configuración estructural; personal no calificado o con poca experiencia laboral en el tipo de proyecto a construirse.

A esta patología se la suele clasificar por: (Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2009)

- Defectos en el diseño del proyecto.
- Defectos en la construcción del proyecto.
- Defectos por los materiales de construcción.

Un estudio realizado por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos en 2009 mostró que la mayor parte de daños por defectos se originan por errores en las etapas de diseño y construcción de la edificación.

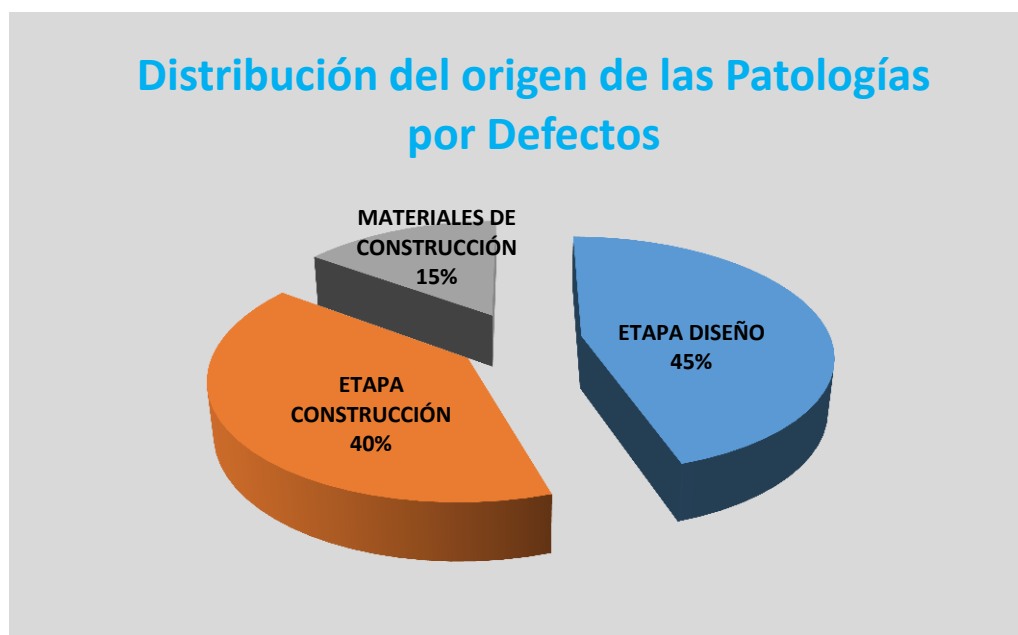


Ilustración 2.10 Distribución Patologías por Defectos (Elaboración propia de acuerdo a los datos proporcionados por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos, 2019)

Es importante mencionar que precisamente en las etapas de diseño y de construcción son cruciales para que la edificación tenga un buen desempeño cuando sea sometida a cargas y/o agentes externos. Es por esto que se tiene que tener un cuidado especial en estas dos etapas del proyecto, para que la edificación tenga una buena durabilidad y conservación a lo largo de toda su vida útil prevista (Ing. Piñeiro Martínez de Lecea, 2005).

#### 2.3.1.2 Causas de origen

- Defectos en el diseño del proyecto.

Las principales causas que generan patologías por diseño son: irregularidad vertical; desalineamiento de ejes de columnas en planta y/o en elevación; cambios bruscos de rigideces entre en un piso y otro (piso débil o blando); columnas cortas; asimetrías en planta. Sin embargo, debido a que todas las fallas se producen en elementos estructurales, no se llevará a cabo un análisis.

- Defectos en la construcción del proyecto.

a) Humedad por construcción. La humedad por construcción puede generar fisuras, eflorescencias o deformaciones en los elementos debido al agua residual que no logró evaporarse antes de empezar trabajos que impermeabilizan las superficies como la pintura, el estucado, la colocación de piezas de madera, la colocación de cerámica, etc.



Ilustración 2.11 Humedad por construcción (Slideshare, 2015)

b) Incorrecta colocación de materiales de construcción. En la *ilustración 2.12* se puede ver como los ladrillos están colocados verticalmente (que es su sección transversal de menor

área), en lugar de estar horizontalmente. Esto provoca que el material tenga una menor resistencia a la esparada y que al momento de aplicar cargas, se puedan generar fisuras o grietas en el elemento.



Ilustración 2.12 Incorrecta colocación de ladrillos (Elaboración propia, 2019)

c) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Las juntas verticales que unen los ladrillos de arcilla o los ladrillos de adobe son los elementos más susceptibles a fallar en una mampostería y más aún cuando las juntas verticales tienen continuidad. Para evitar esto siempre se debe colocar de una forma que los ladrillos se traben entre sí.

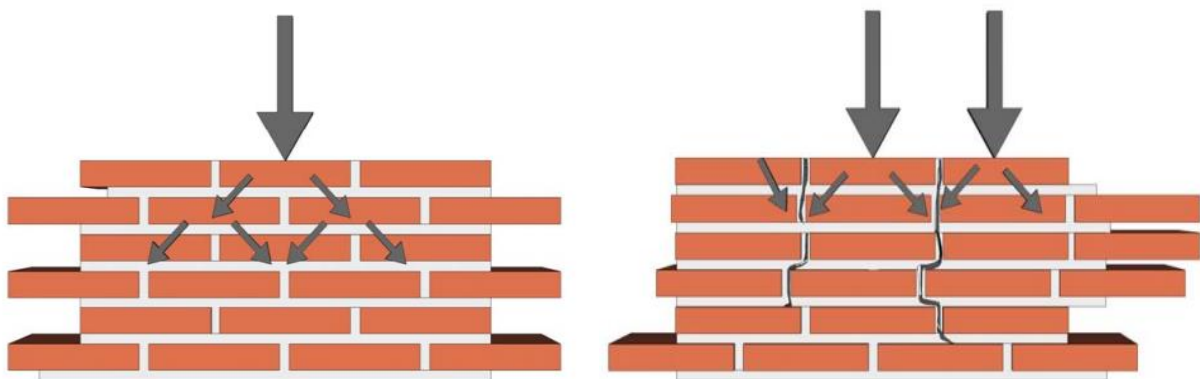


Ilustración 2.13 Ladrillos comunes o de arcilla trabados (Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, 2009)

d) Incorrecta colocación de materiales de construcción. De igual manera se necesita que el mortero (usado para elaborar las juntas) se lo aplique uniformemente alrededor de los ladrillos sin dejar espacios vacíos. Esto puede debilitar las juntas, causar un daño estético y permitir filtraciones.



**Ilustración 2.14 Deficiente colocación del mortero (ITE ARQUITECTES, 2011)**

e) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Al pintar una pared se puede evidenciar cuando hubo una incorrecta aplicación de la pintura debido a la inmediata aparición de burbujas sobre la superficie. Es posible que se haya producido por utilizar un rodillo pelo largo o de esponja.

Este daño también se puede producir debido a una mala preparación de la superficie antes de pintarla. Siempre se debe limpiar y lijar la superficie que se desea pintar.



**Ilustración 2.15 Incorrecta aplicación de pintura (Slideshare, 2011)**

f) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Las tradicionales y típicas cubiertas que se encuentran en las edificaciones de vivienda del Centro Histórico de Quito están compuestas de tejas coloniales; sin embargo, es una de las cubiertas que presentan más daños si no se la construye correctamente. En la *ilustración 2.16* se puede observar como las tejas no se encuentran bien alineadas o están una encima de otra.



**Ilustración 2.16** Tejas movidas en una cubierta (Promart, 2018)

- Defectos por los materiales de construcción.

g) Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción. Podemos identificar una pintura de mala calidad cuando al poco tiempo de haber pintado una superficie, esta se comienza a cuartear.



**Ilustración 2.17** Pintura cuarteadada (Slideshare, 2011)

h) Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción. En general, los ladrillos fabricados artesanalmente no tienen la misma uniformidad, durabilidad y resistencia que los fabricados en una industria generando una alta vulnerabilidad en la edificación. Como un dato adicional se conoce que las fábricas informales utilizan combustibles tóxicos para cocinar los ladrillos generando una gran contaminación en el ambiente (Universidad Norbert Wiener, 2016).



Ilustración 2.18 Ladrillos artesanales (Noticias RSE, 2005)

### 2.3.1.3 Métodos de intervención

- Defectos en la construcción del proyecto.

a) Humedad por construcción. Debido a que las viviendas del Centro Histórico tienen al menos 50 años de haber sido construidas, no se generarán más daños por humedad por construcción debido a que toda el agua que se usó en la construcción ya se evaporó.

Ahora, si aún no se ha intervenido la edificación y presenta daños en sus elementos debido a la humedad por construcción se puede realizar los siguientes trabajos:

- Para eflorescencias en paredes de ladrillo se debe cepillar el área afectada y usar algún producto que contenga ácido muriático que está diseñado para eliminar las eflorescencias en ladrillos.



**Ilustración 2.19 Mampostería de ladrillos con eflorescencias (Constructores, 2011)**

- Para muros de adobe o ladrillo que presenten desprendimientos en el enlucido solamente se debe cambiar el enlucido. Se recomienda colocar sobre el muro la malla tipo gallinero para mejorar la adherencia con el nuevo enlucido.
- Para mamposterías de bloque de cemento donde la pintura presenta descascaramientos se debe retirar la pintura afecta, lijar la superficie y volver a pintarla.

Como ya se mencionó estas propuestas de intervención son para edificaciones antiguas donde el agua que se usó en la construcción ya se evaporó. Para edificaciones nuevas donde el agua residual aún no se ha evaporado, los métodos de intervención son mucho más complejos.

b) Incorrecta colocación de materiales de construcción. En lugar de volver a reconstruir la mampostería de ladrillo, que puede resultar en un trabajo largo y costoso, se puede reforzar el elemento con malla electrosoldada.

La técnica consiste en encamisar a ambos lados de la mampostería con malla electrosoldada. Las mallas se interconectaran entre sí mediante un alambre que atraviesa la mampostería mediante perforaciones que deben ser sellados con mortero (se recomienda usar una relación cemento-arena 1:4) (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2014).

Una vez colocado el refuerzo se puede enlucir la mampostería para cubrir la malla electrosoldada.



**Ilustración 2.20 Refuerzo con mala electrosoldada en una mampostería de adobe (Slideshare, 2008)**

c) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Las juntas verticales que tienen continuidad generan vulnerabilidad en el muro y se puede realizar un reforzamiento en las juntas mediante un perfilado armado y conexiones transversales (las conexiones transversales son opcionales) mediante mortero a base de cal. El contratista deberá evaluar si la mampostería necesita de los refuerzos transversales, sino se puede colocar solamente los refuerzos longitudinales.

Los pasos a seguir para realizar este método de intervención de manera correcta son: (ASDEA, 2015)

1. Preparación para los soportes:

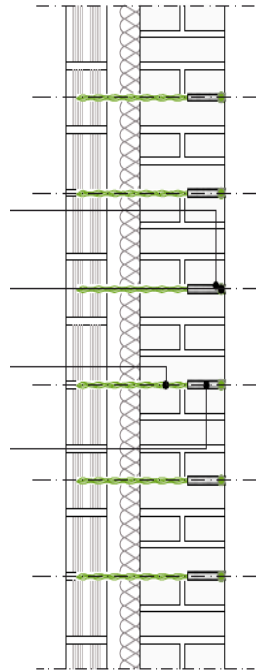
Se debe realizar un descarnado de las juntas del muro de al menos 3 cm. Se recomienda usar medios manuales debido a que los medios mecánicos pueden dañar los ladrillos.

Realizar los agujeros en las juntas con el diámetro adecuado para la posterior inserción de las barras helicoidales de acero transversales. Prever la ampliación de los agujeros para los primeros 70 mm de profundidad para la colocación de los conectores de acero (este paso se lo debe realizar si se desea colocar el refuerzo transversal).

2. Armado de las juntas:

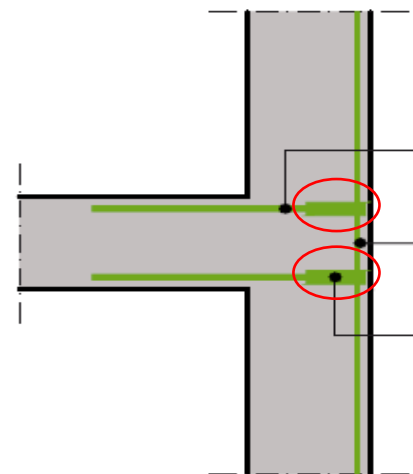
Proceder a la inserción de las barras helicoidales de acero transversales mediante un medio mecánico. Una vez colocadas las barras de acero transversales se debe insertar los

conectores de acero (este paso se lo debe realizar si se desea colocar el refuerzo transversal).

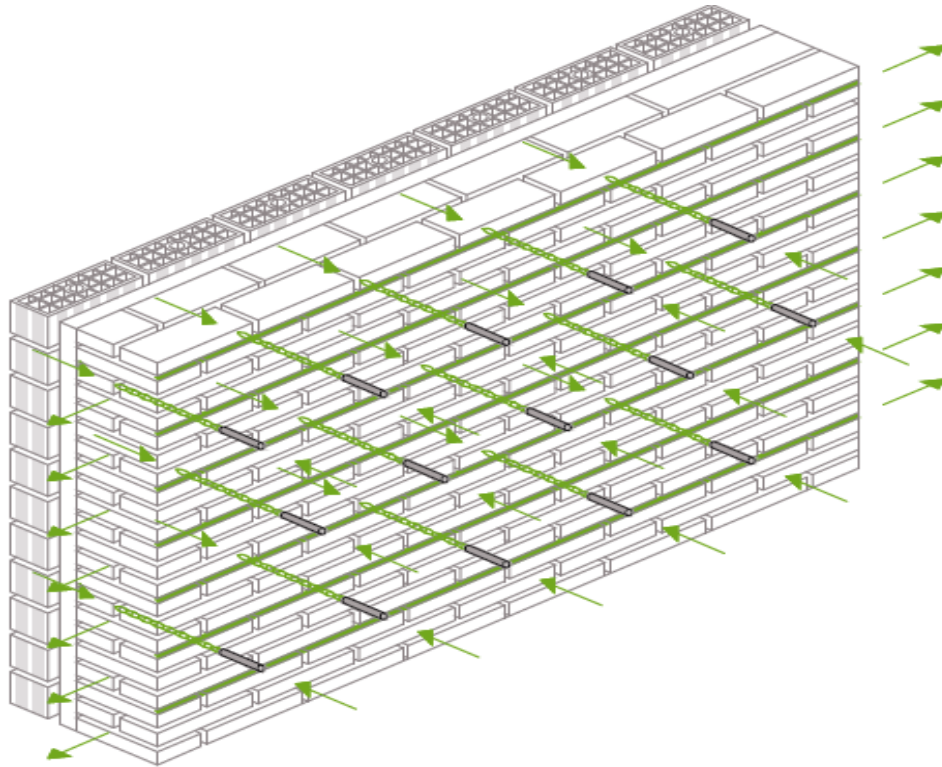


**Ilustración 2.21 Inserción de barras de acero en un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015)**

Colocar aproximadamente 2 cm de mortera en la junta y proceder a insertar la barra helicoidal de acero longitudinal en la junta mediante presión. La barra longitudinal deberá ser colocada por uno de los dos agujeros que tiene el conector de acero, el otro agujero se usará por si se necesita otro refuerzo longitudinal.



**Ilustración 2.22 Conectores de acero en un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015)**



**Ilustración 2.23 Reforzamiento de las juntas de un muro de ladrillos (Kerakoll, 2015)**

3. Para finalizar, se debe sellar las juntas con mortero asegurándose de que las barras de acero longitudinales queden bien confinadas.



**Ilustración 2.24 Sellado de la junta con mortero (Kerakoll, 2015)**

d) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Ahora, si las juntas están mal construidas debido a la mala aplicación del mortero basta con rellenar los espacios vacíos con una nueva mezcla para solucionarlo. Se recomienda humedecer las juntas antes de colocar el mortero para que haya una correcta adhesión.



**Ilustración 2.25 Relleno de las juntas con mortero (Trabver, 2010)**

e) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Para las superficies que presenten burbujas en la pintura se debe a retirar la pintura de las zonas afectadas, limpiar y lijar bien la superficie y colocar nuevamente la pintura con un rodillo de pelo corto (puede ser que con el rodillo de pelo corto tome más tiempo que con el rodillo de pelo largo; sin embargo, la pintura estará mejor distribuida evitando la aparición de burbujas).



**Ilustración 2.26 Relleno de las juntas con mortero (Lizcal, 2019)**

f) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Si no se pueden reutilizar las tejas afectadas se deberán colocar unas nuevas procurando esta vez adherirlas bien mediante la utilización de cordones de espuma de poliuretano o con mortero (para tejas coloniales se recomienda la utilización de mortero). Adicional a esto se puede conectar las tejas entre sí utilizando las perforaciones que existen en las alas de las tejas para amarrarlas con un alambre galvanizado.



**Ilustración 2.27 Fijación de tejas coloniales en una cubierta (Proceram, 2016)**

- Defectos por los materiales de construcción.
- g) Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción. En caso de que la pintura se encuentre cuarteada se puede aplicar el mismo método de intervención para superficies que presentan burbujas en la pintura utilizando esta vez pintura de una marca calificada.
- h) Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción. Si una mampostería está compuesta de ladrillos artesanales de baja calidad se debe realizar el reforzamiento con malla electrosoldada en ambos lados de la mampostería (*ver ilustración 2.20*).

### **2.3.2 Patologías por daños**

#### *2.3.2.1 Descripción*

Estas patologías se presentan debido a un agente externo que interactúa con la edificación. Estos agentes externos pueden presentarse naturalmente como es el caso de: una inundación; un derrumbe; fuertes vientos; un evento sísmico.

Es importante mencionar que no se puede evitar que no exista daño alguno sobre las construcciones ante un evento natural, pero si se puede evitar que estas colapsen o tengan un daño irreparable.

Sin embargo, esta patología también se puede presentar debido a un mal uso de la edificación. Esto se origina debido a que las personas cambian el uso de la edificación para la cual fue diseñada, para otros usos como restaurantes o bodegas.

Esto se presenta bastante en el Centro Histórico de Quito donde muchas personas han cambiado el uso de las edificaciones de vivienda (sin hacer un reforzamiento de la estructura correspondiente) por restaurantes (Instituto de la Ciudad, 2018).

Este cambio de uso genera un esfuerzo no esperado de los elementos estructurales, y por lo tanto existe una alta vulnerabilidad en la edificación.

#### 2.3.2.2 *Causas de origen*

- Mal uso de la edificación.

i) Construcción informal o construcción de niveles adicionales. La construcción de niveles adicionales de manera informal o construir un nivel adicional, el cual no se contempló en el momento de diseño, puede genera una gran vulnerabilidad en la edificación y en la vida de sus ocupantes.

Los daños pueden ser de devastadores en la edificación si se presenta algún agente externo como un sismo.



**Ilustración 2.28 Construcción de un nivel adicional (Expreso, 2017)**

j) Cambio de uso de la edificación. Cambiar el uso de un nivel o de una habitación sucede generalmente cuando se usa este espacio para bodegas o bibliotecas, los cuales no fueron diseñados para las grandes solicitaciones que una bodega o una biblioteca puede generar. Este cambio de uso en la habitación o en el nivel de la edificación puede generar fisuras, grietas o deformaciones en el piso.

Por otro lado, cambiar el uso de toda la edificación, principalmente en el Centro Histórico de Quito, sucede cuando a una vivienda se la convierte en hoteles o restaurantes. Este cambio de uso puede ocasionar daños en toda la edificación (principalmente en los pisos).

- Por agentes externos.

k) Fisuras y grietas. Ante la presencia de un agente externo (como un evento sísmico) los muros compuestos de ladrillos o adobe pueden producirse fisuras o grietas dependiendo del estado del muro y de la magnitud del agente externo.

Generalmente los daños se producen en las juntas debido a que son las zonas más vulnerables del elemento (*ver ilustración 2.29*). Sin embargo, si el agente externo es de gran magnitud o los ladrillos son de baja calidad, las fisuras o las grietas también pueden presentarse en los ladrillos, siendo este el peor escenario (*ver ilustración 2.30*).



**Ilustración 2.29** Daño en las juntas de una mampostería (Alcaldía de Milagro, 2016)



**Ilustración 2.30** Grieta en ladrillos de arcilla (Clarín, 2012)

l) Inundaciones. Las inundaciones se originan debido a un evento natural como son las tormentas donde el agua ingresa en la vivienda ocasionando múltiples daños. La mayor parte de las viviendas del Centro Histórico cuentan con duelas de madera en el piso y estos serán los elementos que más sufrirán en una inundación.

El agua se filtrará a través de las juntas de las duelas de madera produciendo hinchamiento a corto plazo y putrefacción a largo plazo.



**Ilustración 2.31 Hinchamiento de duelas de madera (Elaboración propia, 2019)**

m) Insectos xilófagos. Los insectos pueden producir un gran daño en elementos de madera si no se las extermina a tiempo debido a su gran capacidad de reproducción y de reinfección en los elementos atacados. Se los suele clasificar de acuerdo a su ciclo de vida en: de ciclo larvario (se destaca a las carcomas); sociales (las termitas); marinos (actúan sobre la madera que se utiliza en construcciones marítimas como los muelles) (Consejo Superior de Arquitectos de España, 2011).

Antes de analizar los diferentes tipos de insectos xilófagos es necesario explicar la diferencia entre madera frondosa y conífera. Las maderas coníferas son maderas blandas de color claro y son usadas principalmente para la construcción; por otro lado, las maderas frondosas son usadas para la fabricación de muebles y revestimientos de madera (Ministerio de Agricultura de Chile, 2004).

Para un adecuado tratamiento de la madera que sufre de este daño es necesario conocer qué tipo de insecto la está atacando. Para esto se presentarán los principales insectos xilófagos y sus principales características:

**Tabla 2.3 Resumen de los insectos xilófagos (Elaboración propia en base a la información proporcionada del Consejo Superior de Arquitectos, 2019)**

Nombre científico	Nombre común	Especie de madera	Contenido de humedad	Forma y tamaño del ataque
Reticulitermes lucifugas	Termitas (subterráneas)	Frondosa y conífera	Húmeda > 18%	Laminar 1 - 2 mm
Criptotermis brevis	Termitas (de madera seca)	Frondosa y conífera	Seca < 18%	Laminar 1 - 2 mm
Líctidos	Polilla	Frondosa	Seca < 18%	Circular 1 - 1,5 mm
Anóbidos	Carcoma	Frondosa y conífera	Cualquier contenido	Circular 1 - 3 mm

### 2.3.2.3 Métodos de intervención

- Mal uso de la edificación.

i) Construcción informal o construcción de niveles adicionales. Se necesitan realizar muchos estudios para determinar si la edificación acepta la implementación de nuevos niveles y si es así, se necesitan estudios posteriores para determinar los reforzamientos que se deben implementar para poder construir el nivel adicional.

Debido a la gran cantidad de escenarios, no se puede dar un método de intervención general para todos los casos.

j) Cambio de uso de la edificación. Si se desea cambiar el uso de una habitación, de un nivel o de toda la edificación se tiene que realizar reforzamientos en elementos estructurales con la ayuda de un profesional. El reforzamiento dependerá del nuevo uso que se le quiera dar a la edificación.

Uno de los elementos que más se debe reforzar en caso de querer cambiar el uso de viviendas en el Centro Histórico de Quito es el piso de madera. Existen múltiples formas de realizar este reforzamiento, pero el más usado es la colocación de tubos metálicos por debajo de los soportes de madera (Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura, 2015). Estos tubos metálicos luego deberán ser cubiertos con un cielo falso.

Al igual que el caso anterior, no se puede mencionar un método de intervención general debido a la gran cantidad de variables que se necesita analizar para cada proyecto.



Ilustración 2.32 Reforzamiento del piso con un tubo metálico (Reotec, 2017)

- Por agentes externos.

k) Fisuras y grietas. Para corregir las fisuras en un muro de ladrillo o adobe se puede inyectar lechada mediante manguerillas o por medios mecánicos (*ver ilustración 2.33*) para rellenar los espacios vacíos y cubrir las fisuras. Es importante mencionar que este es un proceso de consolidación.



Ilustración 2.33 Inyección de lechada mediante medios mecánicos (Reotec, 2017)

El método de inyección de lechada funciona apropiadamente para reparar fisuras; sin embargo, cuando existen grietas en el muro, se la debe usar en conjunto con la técnica de cosido y descosido debido a la gravedad de la falla.



**Ilustración 2.34 Cosido y descosido de los ladrillos (DocPlayer, 2016)**

Si después de un tiempo las fisuras o las grietas se vuelven a presentar en el muro de ladrillo o adobe, se pueden colocar grapas de acero o madera en el área afectada. Estas grapas deberán ser selladas con mortero a base de cal para luego, proceder al enlucido del muro.



**Ilustración 2.35 Grapas de varillas de acero en un muro (Teais, 2017)**

l) Inundaciones. Generalmente cuando se produce un hinchamiento en la madera de los pisos debido a una inundación, las duelas presentan una gran deformación debido a la gran cantidad de agua que se filtra.

Para solucionar esto se debe retirar lo más pronto posible las duelas de madera que más hinchamiento presentan para liberar la presión por confinamiento que existe y así evitar que se dañen más duelas de madera. Se debe dejar un tiempo las duelas retiradas para que el agua que se ha filtrado se evapore (se puede acelerar el proceso con ventiladores). Una vez que el agua se haya evaporado, se puede volver a colocar nuevas duelas de madera.

Para evitar que esto vuelva a suceder, se debe determinar las zonas por donde ingresó el agua y sellarlas.

m) Insectos xilófagos. Existen varias técnicas para eliminar a los insectos xilófagos, lo más destacados son la aplicación de protectores líquidos y la inyección de productos químicos en los elementos de madera afectados.

Ahora, si los elementos de madera están ya muy afectados, se los debe reemplazar con unos nuevos protegiéndolos oportunamente. Uno de los métodos que más se usan en el país es sumergir los elementos de madera en alquitrán o en diesel y de esta manera, quedan protegidos de los insectos xilófagos. Esta técnica se la puede aplicar igualmente a elementos de madera que puedan ser retirados momentáneamente para curarla.



Ilustración 2.36 Elementos de madera sumergidos en alquitrán (Scribd, 2016)



Ilustración 2.37 Elementos de madera sumergidos en diesel (Calameo, 2010)

### 2.3.3 Patologías por deterioro

#### 2.3.3.1 Descripción

Sucede con el paso del tiempo debido a que la edificación está expuesta en todo momento a la intemperie. Es de suma importancia realizar los respectivos mantenimientos oportunamente. Puesto que, este tipo de patología puede debilitar a la estructura gradualmente, y es mejor corregirlas lo más pronto posible ya que, con el transcurso del tiempo estas pueden ser muy difíciles de reparar y se necesitan de una intervención inmediata, lo cual aumenta los costos significativamente.

El deterioro se puede producir principalmente por los siguientes factores climáticos:

- Variaciones de temperatura.
- Lluvias intensas (factor presente en el Centro Histórico de Quito).
- Alta radiación producida por el sol (factor presente en el Centro Histórico de Quito).
- Alta presencia de humedad en el entorno (factor presente principalmente en casa antiguas el Centro Histórico de Quito).
- Fuertes y/o constantes ventiscas.
- Presencia de nieve o granizo (granizo está presente en el Centro Histórico de Quito, especialmente en invierno).

Todos estos factores pueden producir un sin número de reacciones en la edificación, de los cuales se pueden destacar los siguientes en el Centro Histórico de Quito:

- Presencia de humedad en paredes que producen descascaramientos.
- Filtraciones de agua.
- Agrietamientos en los elementos de las edificaciones.
- Corrosión en elementos metálicos

#### *2.3.3.2 Causas de origen*

n) Humedad por capilaridad. La humedad por capilaridad pueden producir descascaramientos y eflorescencias, principalmente en las zonas inferiores o en las esquinas de los elementos afectados.



**Ilustración 2.38 Humedad por capilaridad (Bricolaje, 2010)**

o) Daños en la cubierta. La mayoría de viviendas del Centro Histórico de Quito cuentan con cubiertas de teja debido a su aspecto colonial; sin embargo, si a estas cubiertas no se les brinda un apropiado y constante mantenimiento, tienden a deteriorarse bastante rápido permitiendo filtraciones de agua.



**Ilustración 2.39 Daño en cubierta de teja (Elaboración propia, 2019)**

p) Desprendimientos del enlucido. Como ya se ha mencionado, uno de los materiales más usados para la conformación de muros portantes en el Centro Histórico de Quito es el adobe debido a sus grandes características que posee; sin embargo, en muchas viviendas se pueden observar el daño de descascaramientos del enlucido de las mamposterías de adobe. Esto se produce a la poca adherencia que tiene el adobe con el revoco.



**Ilustración 2.40 Incompatibilidad de materiales (ResearchGate, 2013)**

El ladrillo es otro de los materiales más usados para la construcción de muros portantes en el Centro Histórico; sin embargo, tiene el mismo problema que el adobe, el desprendimiento del enlucido de barro con la mampostería de ladrillo es bastante común.



**Ilustración 2.41 Incompatibilidad de materiales (Elaboración propia, 2019)**

q) Desprendimientos del enlucido por filtraciones de agua. Para la construcción de los tumbados se utilizaba mucho la combinación de madera y carrizo en el Centro Histórico. Actualmente, muchas viviendas aún conservan este sistema de construcción; sin embargo, se ha observado que ocurre mucho el desprendimiento del revoco con el tumbado de carrizo. Esto se debe por la poca adherencia que existe entre estos dos materiales y la poca resistencia que ofrece el carrizo a filtraciones de agua.



**Ilustración 2.42 Daño en tumbado de carrizo (Elaboración propia, 2019)**

r) Filtraciones de agua. En los pisos compuestos de duelas de madera se generarán hinchazón en los elementos debido a la filtración de agua, seguido del apareamiento de manchas grises en las juntas y con el paso del tiempo la putrefacción en la madera.



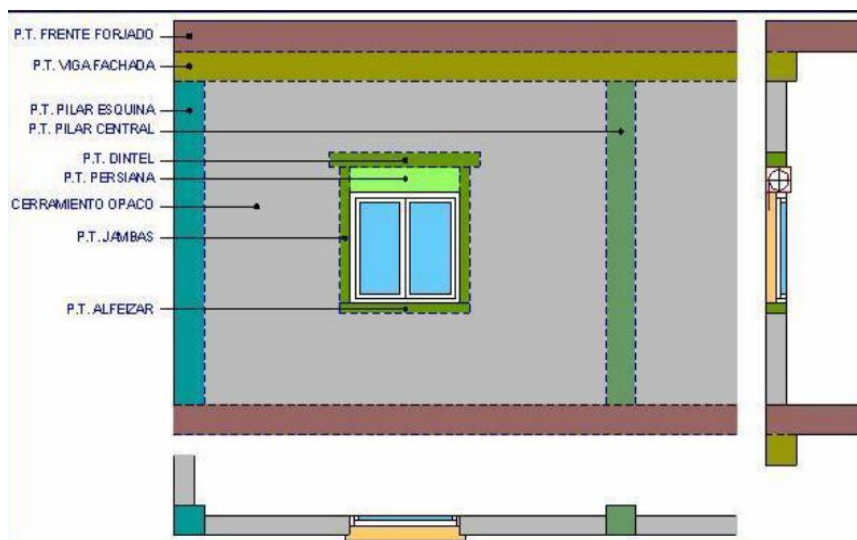
**Ilustración 2.43 Daño en las juntas de las duelas de madera (Ferrepal, 2011)**

s) Humedad por condensación. La humedad por condensación puede producir descascaramientos o proliferación de hongos generando manchas verdosas en la zona afectada. Esto ocurre generalmente en ventanas (*ver ilustración 2.44*) o puertas debido a que estos dos elementos son puntos de pérdida de calor del interior de la vivienda (puentes térmicos).

Los puentes térmicos son elementos que interrumpen la homogeneidad de la envolvente de la fachada (*ver ilustración 2.45*) (Universidad Politécnica de Madrid, Evaluación Energética de los Puentes Térmicos en Edificaciones, 2011).

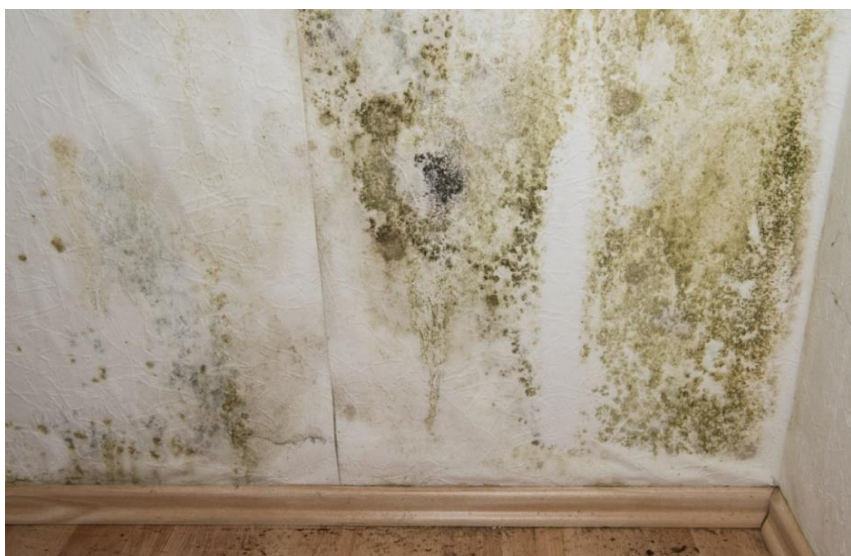


**Ilustración 2.44 Daño debido a la humedad por condensación (CANTITEC, 2014)**



**Ilustración 2.45 Puentes térmicos en una vivienda (Universidad Politécnica de Madrid, 2011)**

t) Humedad por condensación. En habitaciones con poca o nula ventilación se presentarán daños en las paredes y tumbados como descascaramientos, eflorescencias o la proliferación de hongos y se percibirá un ambiente de humedad en toda la habitación generando problemas de habitabilidad y salud.



**Ilustración 2.46 Proliferación de hongos en una pared (CANTITEC, 2014)**

u) Humedad por condensación. Los sistemas de calefacción como los calefactores a gas o las estufas a gas butano ayudan a que se produzca la humedad por condensación en la vivienda (EPA “U.S. Environmental Protection Agency”, Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones, 2016).



Ilustración 2.47 Estufas a gas butano (Gomestic, 2017)

v) Falta de mantenimiento. Una vivienda siempre necesitará de un periódico y adecuado mantenimiento, aún más en las viviendas del Centro Histórico que ya tienen muchos años de haber sido construidas. Se pueden tener todas las precauciones y recomendaciones de construcción, pero el mantenimiento que se debe dar a todas las edificaciones es inevitable.



Ilustración 2.48 Manchas en una pared por falta de mantenimiento (El Tiempo, 2005)

### 2.3.3.3 Métodos de intervención

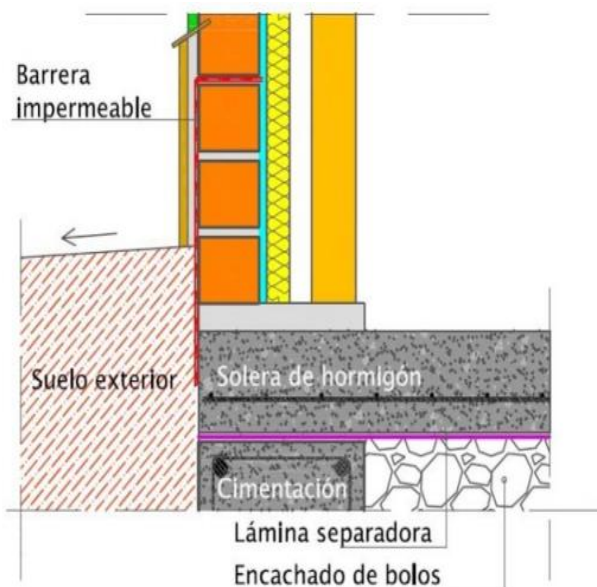
n) Humedad por capilaridad. La humedad por capilaridad se puede producir por muchas razones. Antes de presentar métodos de intervención, se presentarán dos recomendaciones (en caso de existir) para evitar o disminuir la acción de este fenómeno:

- Evitar que el agua de los bajantes de agua lluvia este en contacto directo con el suelo enterrándolos y conectándolos directamente con el desagüe.
- Si se tiene un jardín cerca de la cimentación de la edificación se debe impermeabilizar el suelo debajo de él. Para esto se puede colocar una lámina nodular de polietileno en el suelo.

Ahora, como métodos de intervención podemos mencionar los siguientes:

n.1) Una posibilidad es evitar que los puntos sensibles de la edificación estén en contacto directo con el suelo. Para lograr esto se pueden construir barreras impermeables (membranas de sustrato de poliéster) que evitan que las paredes entren en contacto directo con el suelo.

Como recomendación la barrera impermeable debe subir al menos 15 cm del nivel del suelo (Máster Ángeles López Amado (Unión Europea), 2017).



**Ilustración 2.49 Barrera impermeable (Unión Europea, 2017)**

n.2) Otra posibilidad es construir de drenajes y pozos absorbentes que aparten el agua de la cimentación de la edificación.

n.3) Inyectar resinas en la base de la edificación es otra posibilidad para detener este fenómeno. Al realizar esto las resinas bloquearán el ascenso de agua del terreno (dependiendo del tamaño del muro se suele usar entre 20 cm a 30 cm).

n.4) La electro-ósmosis se realiza mediante un dispositivo electrónico que invierte la polaridad entre el suelo y las paredes de la edificación ocasionando que el agua en lugar de subir por capilaridad, descienda por este cambio de polaridad.

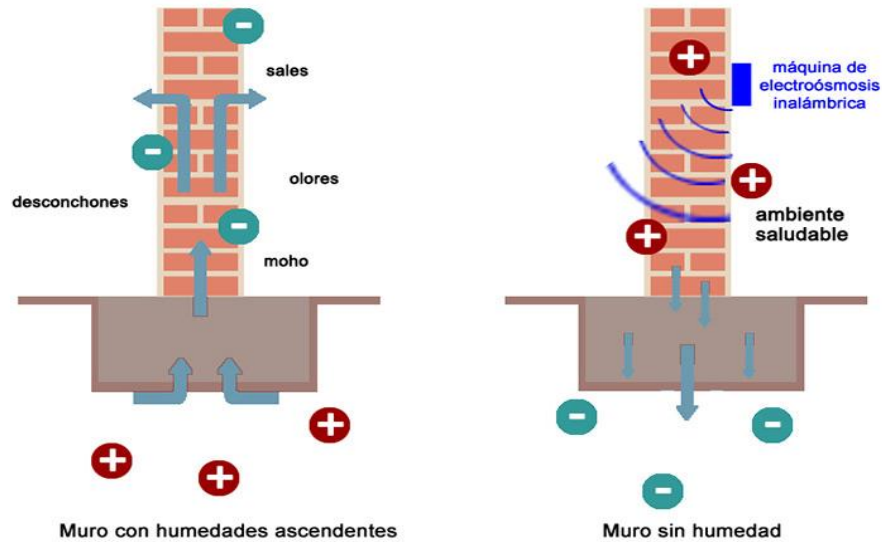


Ilustración 2.50 Electro-ósmosis aplicado en un muro (Ing. Sergio Pena Corpa, 2016)

n.5) Láminas impermeables como chova o láminas nodulares de polietileno (ver ilustración 2.51) evitan el paso de agua (se usa normalmente para impermeabilizar muros subterráneos, superficies en contacto directo con el suelo, y terrazas).



Ilustración 2.51 Protección con una lámina nodular de polietileno (López y Pacheco SL, 2017)

o) Daños en la cubierta. Antes de realizar una rehabilitación total de la cubierta de teja, primero se recomienda realizar los siguientes trabajos de intervención que pueden solucionar los problemas filtración de agua:

- Realizar una inspección visual para identificar si existen tejas mal colocadas o rotas. Si se identifica algún error, se debe proceder a reubicar o sustituir las tejas afectadas y volver a realizar la prueba de filtración de agua.
- Otra posibilidad es que los canales de agua lluvia estén obstruidos con basura o el nido de alguna ave. Esto produce que se acumule una gran cantidad de agua en el canal y se filtre al interior de la casa.

Basta con realizar una inspección visual para determinar si se tiene este problema.

Ahora, si la cubierta se encuentra en muy mal estado se recomienda cambiarla por una cubierta de eternit tipo teja (*ver ilustración 2.52*) debido a que es mucho más económico que realizar una rehabilitación total.

Otra ventaja que brinda la cubierta de eternit es un mejor sellado a la intemperie y se construye más fácil y rápido debido a que consta de una sola plancha prefabricada evitando el problema de anclar teja por teja.

A pesar de esto, existe la posibilidad de que el dueño de alguna vivienda desee rehabilitar la cubierta de teja. Es por esto que en el Capítulo IV se detallarán los pasos a seguir para realizar una correcta rehabilitación.



**Ilustración 2.52** Cubierta de eternit tipo teja (Elaboración propia, 2019)

En caso de tener terrazas, se puede impermeabilizar la losa con chova.



**Ilustración 2.53 Impermeabilización de una losa con chova (DOPLIM, 2019)**

p) Desprendimientos. Si un muro de adobe o de ladrillo presenta desprendimientos del revoco, se debe proceder a retirar el enlucido, clavar una malla de gallinero al muro y colocar un nuevo enlucido de mortero de cal. La malla de gallinero y el mortero de cal proporcionan una mejor adhesión entre los muros de adobe o ladrillo con el enlucido evitando desprendimientos.



**Ilustración 2.54 Malla de gallinero en un muro de adobe (Slideshare, 2014)**

q) Desprendimientos por filtraciones de agua. Para los desprendimientos de revoco que existen en los tumbados de carrizo se puede realizar un procedimiento similar al de los muros de adobe o ladrillo si no existe mayor daño; sin embargo, debido a los múltiples defectos que presenta el carrizo, se recomienda cambiarlo por un sistema más moderno como el gypsum que es un material muchos más fácil y rápido de instalar, además de ser bastante económico.

r) Filtraciones de agua. Si se presenta hinchazón en un piso de madera se debe primero verificar que la filtración de agua sea la causante. Para esto y con la ayuda de un higrómetro (ver ilustración 2.55) se determinará la humedad en la madera y si es mayor a 10%, efectivamente se tiene un problema de filtración (una humedad normal para maderas de interiores se encuentra entre un 8% a 10%) (Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera de Chile, 2006).



**Ilustración 2.55 Medición de la humedad de un piso de madera con un higrómetro (Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera de Chile, 2006)**

Para corregir este problema se debe retirar las duelas que más hinchazón presenten, esperar que toda el agua que ha ingresado se evapore y volver a colocar la madera.

s) Humedad por condensación. Para solucionar este problema se debe sellar las ventanas o puertas con algún producto elastómero como la silicón.

Otra solución es cambiar el marco de las ventanas o puertas por un sistema que evite la pérdida de calor del interior de la vivienda.

t) Humedad por condensación. Para habitaciones con poca o nula ventilación la mejor solución es implementar ventanas cruzadas para que el aire circule en todas las direcciones.

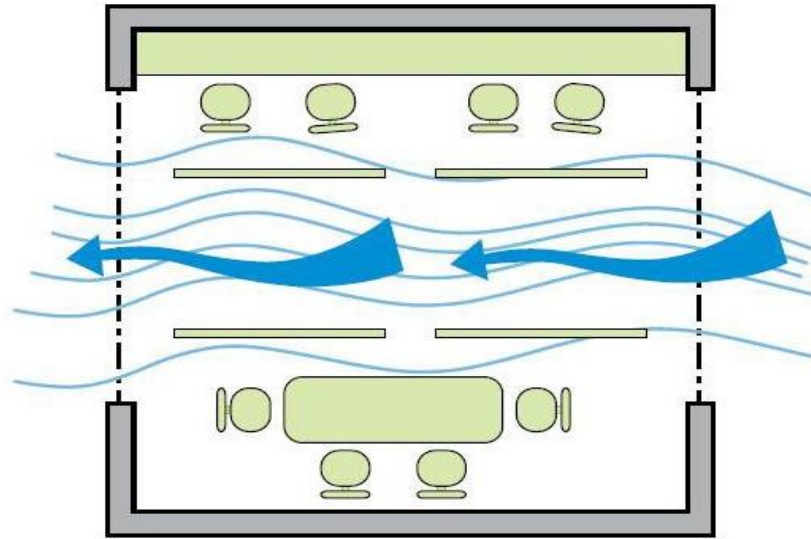


Ilustración 2.56 Ventilación cruzada (GRAMAS, 2012)

Si no se puede implementar ventanas por algún motivo, se puede extraer el vapor de agua por medios mecánicos.

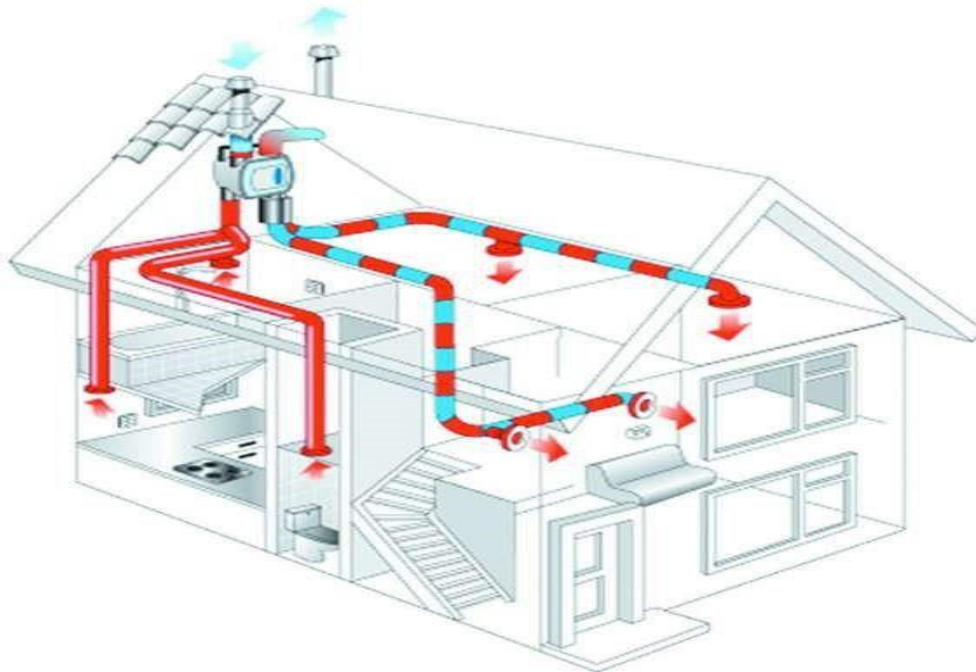


Ilustración 2.57 Ventilación mecánica (EVOWALL, 2016)

También se puede proteger a los muros de ladrillo de adobe o de arcilla usando revoco hidrófugo. El revoco hidrófugo es una capa de mortero impermeabilizado que alisa al muro de la humedad por condensación.

u) Humedad por condensación. En lugar de usar calentadores a gas o estufas a gas butano, se recomienda cambiarlos por calefactores eléctricos. (EPA “U.S. Environmental Protection Agency”, Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones, 2016).

### 3. CAPÍTULO III. DESARROLLO

#### 3.1 Descripción de las cinco viviendas a analizar ubicadas en el Centro Histórico de Quito

##### 3.1.1 Casa de la familia Villarreal (casa 1)

La primera vivienda que se analizará será la de la familia Villarreal o casa 1 como nos referiremos desde ahora en adelante. La casa se encuentra ubicada en: Barrio La Tola; Vicente León y Chile; número de casa N4-254; con coordenadas  $0^{\circ}13'25.4''S$   $78^{\circ}30'22.4''W$ . La casa cuenta con un total de tres habitantes.

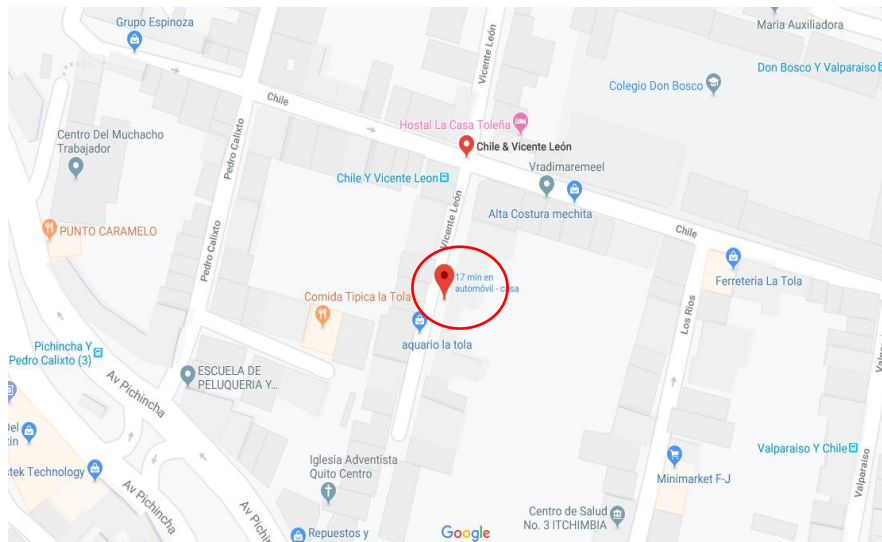


Ilustración 3.1 Ubicación de la casa 1 (Google Maps, 2019)



Ilustración 3.2 Entorno de la casa 1 (Google Maps, 2019)

La edificación tiene entre 90 a 100 años de haber sido construida, comparte terreno con otra vivienda y cuenta con un sistema estructural de muros portantes construidos con adobe, excepto la cocina y el patio privado que son una ampliación de la casa en su parte posterior y fueron construidos con bloques de cemento (la ampliación se la realizó aproximadamente hace unos 35 años). La edificación tiene un solo nivel de construcción.



Ilustración 3.3 Fachada de la casa 1 (Elaboración propia, 2019)

### 3.1.2 Casa de la familia Chiriboga (casa 2)

La segunda edificación a analizar será la de la familia Chiriboga o casa 2. La casa se encuentra ubicada en: Barrio La Tola; Vicente León y Don Bosco; número de casa N5-52; con coordenadas  $0^{\circ}13'21.0''S$   $78^{\circ}30'20.5''W$ . En total viven cinco personas.

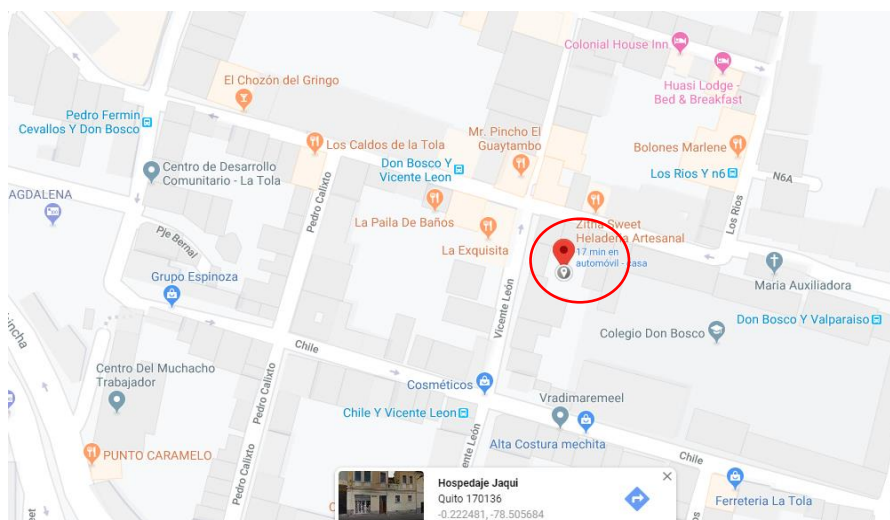


Ilustración 3.4 Ubicación de la casa 2 (Google Maps, 2019)

La casa 2 consta de dos bloques de construcción: El primer bloque tiene dos niveles y es donde habitan las cinco personas; sin embargo, por razones de privacidad no se nos permitió la entrada. El segundo bloque es el que se analizará, tiene tres niveles y actualmente todos se encuentran deshabitados en espera de mantenimiento.

La edificación tiene entre 90 a 100 años de haber sido construida y tiene un sistema estructural de muros portantes construidos la mayor parte con ladrillos y la parte restante con adobe.



Ilustración 3.5 Entorno de la casa 2 (Google Maps, 2019)



Ilustración 3.6 Fachada de la casa 2 (Elaboración propia, 2019)

### 3.1.3 Casa del señor Alfonso Garrido (casa 3)

La tercera vivienda a analizar será la del señor Alfonso Garrido o casa 3. La edificación se encuentra ubicada en: Barrio La Tola; Vicente León y Don Bosco; número de casa N4-211; con coordenadas 0°13'24.7"S 78°30'22.0"W. La casa cuenta con un único habitante.

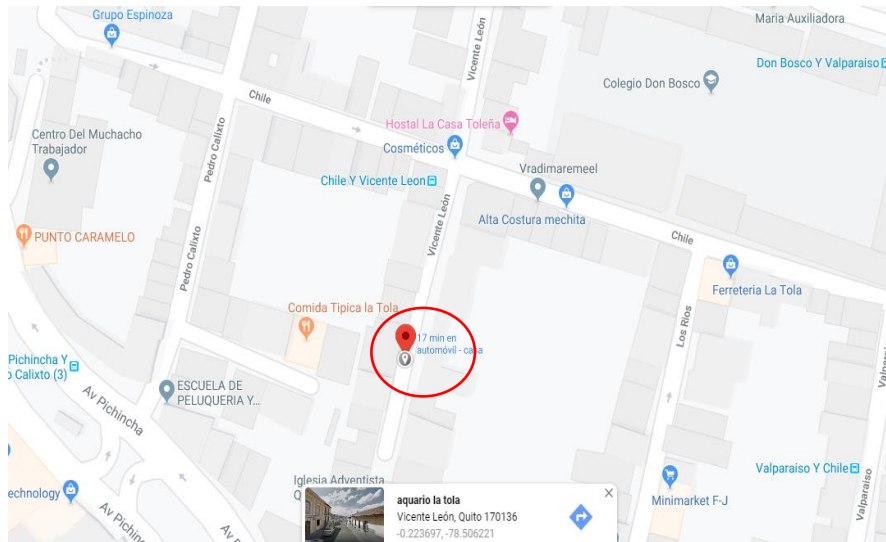


Ilustración 3.7 Ubicación de la casa 3 (Google Maps, 2019)

La vivienda tiene entre 100 a 120 años de haber sido construida y cuenta con un sistema estructural de muros portantes contruidos una parte con adobe y otra parte con ladrillo.

La construcción cuenta con un total de tres niveles de construcción, de las cuales solo una es usada por el propietario y las otras dos se encuentran abandonadas a la espera de un mantenimiento. Por temas de privacidad no se nos permitió la entrada a su habitación.



Ilustración 3.8 Entorno de la casa 3 (Google Maps, 2019)



Ilustración 3.9 Fachada de la casa 3 (Elaboración propia, 2019)

### 3.1.4 Casa de la familia Manzano (casa 4)

La cuarta vivienda que se analizará es la de la familia Manzano o casa 4. La edificación se encuentra ubicada en: Barrio San Juan; Buenos Aires y Canadá; número de casa N16-33; con coordenadas  $0^{\circ}12'29.8''S$   $78^{\circ}30'26.5''W$ . La casa cuenta con un total de cinco habitantes.

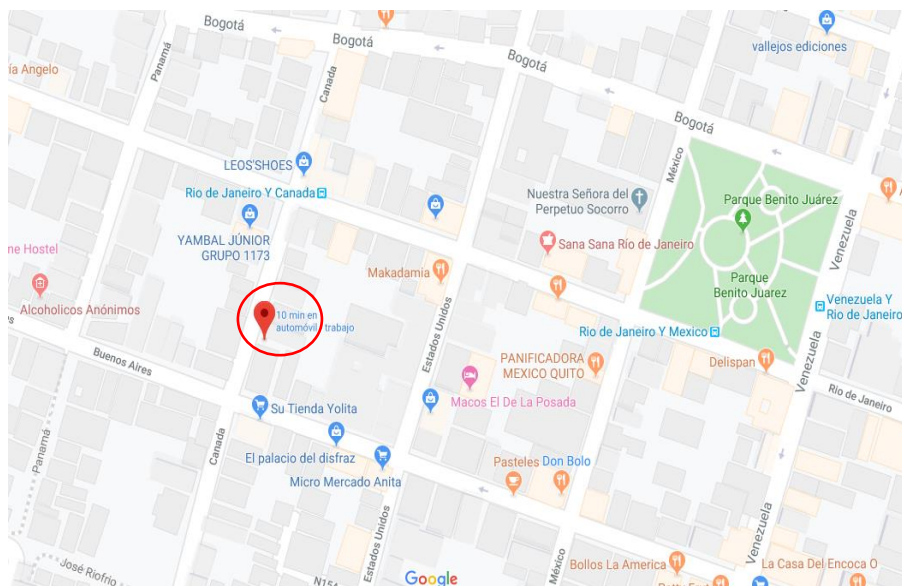


Ilustración 3.10 Ubicación de la casa 4 (Google Maps, 2019)

La vivienda tiene alrededor de 90 a 100 años de haber sido construida y cuenta con un sistema de muros portantes de adobe. La edificación tiene dos niveles de construcción; sin

embargo, por temas de privacidad solo se analizará el nivel de planta baja donde se nos permitió el ingreso.

El segundo nivel de la vivienda y una parte de la sala de estar han sido intervenidas estructuralmente con columnas de hormigón armado. De igual forma se pudo observar que los tumbados del corredor y de la sala de estar han sido cambiados por gypsum.



**Ilustración 3.11 Entorno de la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.12 Fachada de la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

### 3.1.5 Casa de la familia Núñez (casa 5)

La última vivienda que se analizará es la de la familia Núñez o casa 5. La edificación se encuentra ubicada en: Barrio La Tola; Vicente León y Esmeraldas; número de casa N9-11; con coordenadas 0°13'10.5"S 78°30'18.9"W. La casa cuenta con un total de seis habitantes.

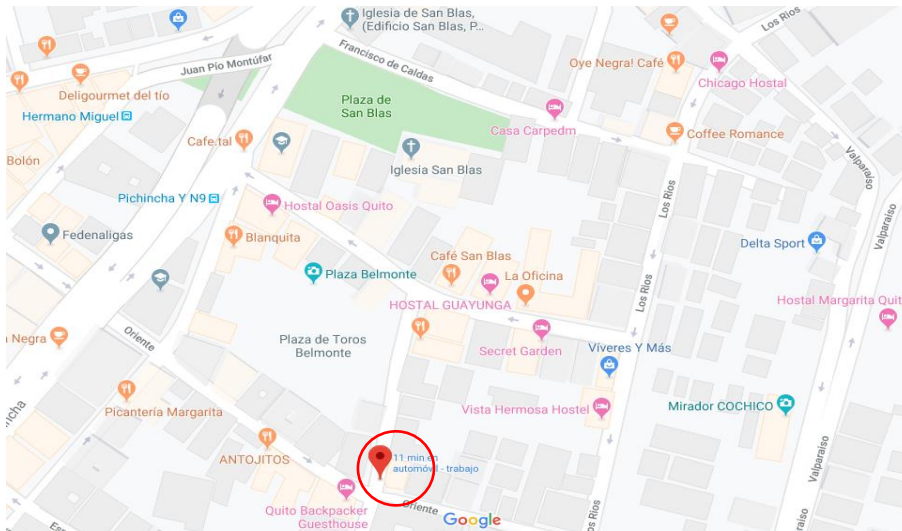


Ilustración 3.13 Ubicación de la casa 5 (Google Maps, 2019)

La casa 5 tiene entre 90 a 100 años de haber sido edificada y cuenta con un sistema de muros portantes de adobe y de ladrillo. La vivienda tiene un total de dos niveles de construcción, pero por temas de privacidad no se nos permitió la entrada a dos dormitorios de la planta baja.



Ilustración 3.14 Entorno de la casa 5 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.15 Fachada de la casa 5 (Elaboración propia, 2019)

### 3.2 Determinación de la muestra

En total se realizó el análisis de cinco casas, todas ubicadas en el Centro Histórico de Quito. Se escogió para este estudio principalmente el barrio La Tola debido a que la mayor parte de las construcciones en este sitio no han sido intervenidas ni por mantenimiento básico en al menos 30 años. Por lo tanto, la mayor parte de construcciones aún están edificadas con materiales utilizados antes del hormigón.

De igual manera se seleccionaron viviendas que tengan diferentes estados de habitabilidad, esto en relación a la cantidad y a la gravedad de las patologías constructivas por deterioro y por daño que se lograron identificar. Con esto se trata de identificar las patologías constructivas más comunes que pueden existir en las diferentes viviendas del Centro Histórico, sin importar que las edificaciones tengan o no un buen mantenimiento.

Se ha tratado igualmente de seleccionar viviendas con diferentes áreas de construcción y diferentes materiales en sus elementos no estructurales.

### 3.3 Identificación y determinación de las causas de origen de las patologías constructivas no estructurales de acuerdo a su origen

#### 3.3.1 Patologías por defectos

- Defectos en la construcción del proyecto.

a) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Al colocar los ladrillos de forma vertical, la cual es su sección transversal de menor área, disminuye considerablemente la resistencia y estabilidad de la mampostería.

Esto genera que el elemento no tenga el rendimiento esperado y se produzcan desprendimientos, fisuras, inestabilidad y agrietamientos.



**Ilustración 3.16 Incorrecta colocación de ladrillos en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)**

b) Inexistente protección en cuartos húmedos. En habitaciones (como los baños) donde el agua está presente de manera directa se tiene que trabajar con materiales apropiados para proteger todas las superficies de la humedad y acumulación de agua.

En la *ilustración 3.17* se puede observar daños como descascaramientos y eflorescencias producto de una zona donde se acumula el agua constantemente.



**Ilustración 3.17 Inexistente protección en un baño de la casa 1 (Elaboración propia, 2019)**

c) Obstaculización de desagües para aguas lluvia. Durante la intensa lluvia que se presentó el día primero de noviembre del 2019, algunas habitaciones de la casa 4 se inundaron generando daños en las duelas de madera.

Al día siguiente se acudió al lugar para identificar la causa que generó la inundación y se logró determinar que el desagüe para aguas lluvia (*ver ilustración 3.18*) tiene una reducción significativa de su sección transversal donde la basura se había acumulado y que finalmente obstaculizó la evacuación del agua lluvia.



**Ilustración 3.18 Desagüe de agua lluvia en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

Un problema adicional determinado es que toda el agua de tres bajantes más el agua que escurre del nivel superior se junta para ser evacuada por un único desagüe en piso de un patio interior, presentando una excesiva demanda para este.



**Ilustración 3.19 Bajantes de agua lluvia en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

d) Mala ubicación de la cámara de recirculación de aire. La función de la cámara es brindar una recirculación de aire a la vivienda; sin embargo, se debe evitar que ingrese agua debido a que la cimentación puede verse afectada.

La cámara se encuentra ubicada en el espacio vacío que se genera entre los cimientos de la vivienda (cimientos de piedra en mayoría de viviendas del centro histórico de Quito) y el piso de madera.



**Ilustración 3.20 Cámara de recirculación de aire (SciELO, 2016)**

En la *ilustración 3.21* se puede observar la cámara de recirculación de aire de una vivienda al momento que se levantó el piso madera para una rehabilitación.



**Ilustración 3.21 Cámara de recirculación de aire (Calameo, 2018)**

Ahora, en la *ilustración 3.22* podemos observar como la entrada de la cámara, que se la denomina mechinal, está al mismo nivel de construcción facilitando la filtración de agua. Esto puede generar o aumentar la humedad por capilaridad en las mamposterías de la vivienda (este daño se analizará más adelante en el capítulo 3.3.3).



**Ilustración 3.22 Mechinal en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

- Defectos por los materiales de construcción.
- e) Baja calidad y/o deterioro de materiales de construcción. En la época que fueron construidas las cinco viviendas en análisis no se utilizaban ladrillos de fábrica, se usaban únicamente ladrillos artesanales debido a que eran más económicos.

Un estudio realizado por la Universidad de Cuenca en 2012 demostró que los ladrillos artesanales tipo C tenían una resistencia a la compresión de entre 60 a 80 (kg/cm<sup>2</sup>) y los ladrillos industriales tipo C entre 80 a 85 (kg/cm<sup>2</sup>). La INEN 294 nos indica que la resistencia mínima a compresión que tiene que tener un ladrillo tipo C es de 80 (kg/cm<sup>2</sup>). Por lo tanto, la mayor parte de ladrillos artesanales no van a cumplir con los parámetros establecidos por la INEN generando vulnerabilidad en la edificación.

### 3.3.2 Patologías por daños

- Mal uso de la edificación.
- f) Construcción informal. En la *ilustración 3.23* se puede observar como la columna de ladrillos no tiene continuidad y el nivel adicional construido está simplemente apoyado sobre la columna y además, podemos observar como la columna de ladrillo no tiene ninguna unión entre componentes estructurales. Todo esto nos permite deducir que el nivel adicional construido es producto de la construcción informal generando una gran vulnerabilidad hacia la vida de sus ocupantes.



**Ilustración 3.23 Construcción informal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.24 Construcción informal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

- Por agentes externos.

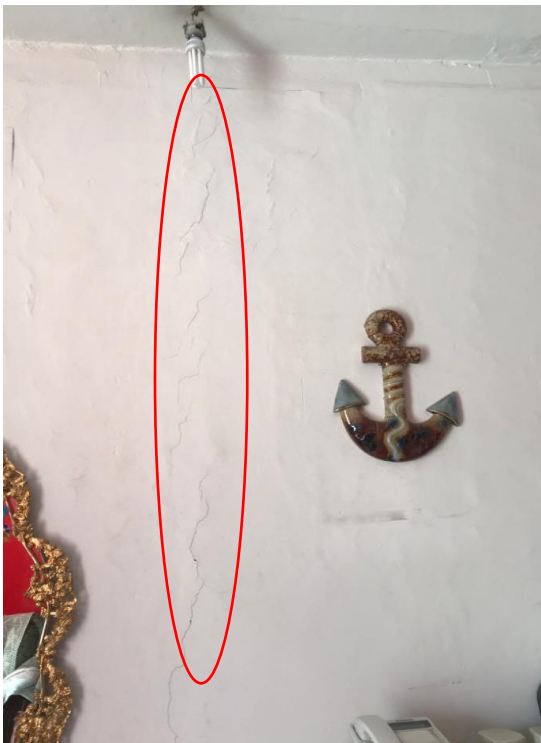
g) Asentamientos. En la *ilustración 3.25* podemos observar múltiples fisuras que aparecieron al poco tiempo de haber pintado la habitación (información proporcionada por los propietarios de la casa 5). Estas fisuras pudieron haberse originado por una mala calidad de la pintura o del estucado; sin embargo, debido a su gran tamaño longitudinal, la opción más probable es que se hayan originado por un asentamiento del terreno o el excesivo peso de la estructura de la cubierta.



**Ilustración 3.25 Fisuras en mamposterías de adobe la casa 5 (Elaboración propia, 2019)**

Este tipo de fisuras también se pueden producir debido a las altas vibraciones que generan los vehículos pesados en el Centro Histórico; sin embargo, la casa 5 no se encuentra cerca de las avenidas que utilizan los vehículos pesados. Por lo tanto, esta opción se puede descartar.

h) Fisuras y grietas. Debido al terremoto del 16 de abril del 2016, en Ecuador, se produjeron incontables daños en edificaciones. Una de las patologías que más se presentó debido a este evento natural fue la aparición de fisuras y grietas; en la *ilustración 3.26* se puede observar una fisura en una pared de adobe generado por el evento sísmico mencionado (información corroborada por los ocupantes de la casa 1).



**Ilustración 3.26 Fisura en una pared de adobe en la casa 1 (Elaboración propia, 2019)**

Es importante recordar que en muchos casos no se puede determinar con certeza el origen de una patología constructiva al menos que, se tenga una corroboración de los ocupantes de la vivienda (como en el caso anterior).

Sin embargo, se puede intuir que el origen de la grieta de la *ilustración 3.27* es por un evento sísmico debido a que tiene continuidad en todo el muro de adobe.



**Ilustración 3.27** Grieta en una mampostería de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)

De igual manera, en la *ilustración 3.28* podemos intuir que la fisura es debido a un evento sísmico. También se puede observar como la carencia de trabajo de los ladrillos no existen, lo cual pudo haber favorecido en la aparición de la fisura.



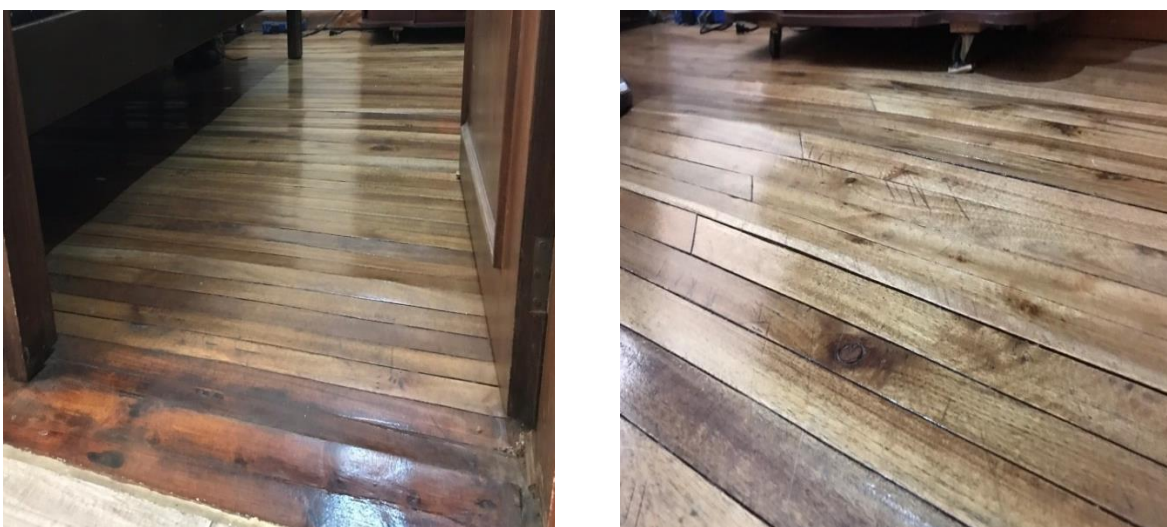
**Ilustración 3.28** Fisura en mampostería de ladrillo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)

i) Separación de las mamposterías. Debido a una mala conexión en la unión de las mamposterías y al presentarse un agente externo (un evento sísmico), se genera una separación entre los elementos.



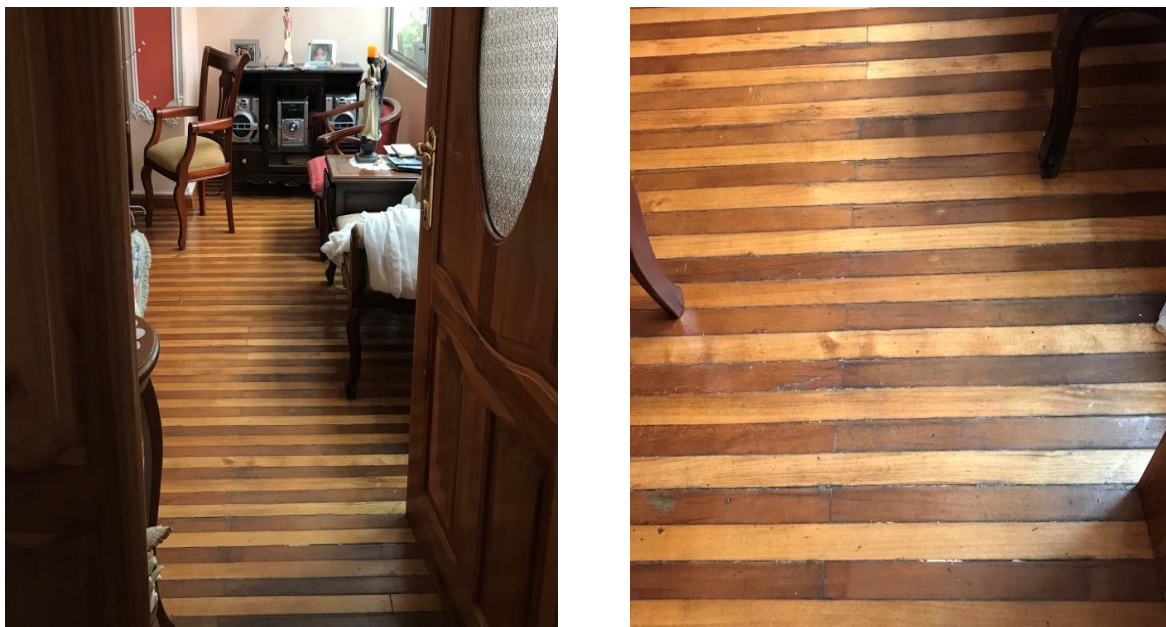
**Ilustración 3.29 Separación de las mampostería en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)**

j) Inundaciones. En la *ilustración 3.30* se puede apreciar como las duelas de madera de una habitación en la casa 4 se han hinchado provocando irregularidad en el piso. Esto se produjo debido a la inundación que experimentó la vivienda ocasionada por el taponamiento del desagüe para aguas lluvia en el patio privado de la edificación explicado en el capítulo 3.3.1.



**Ilustración 3.30 Hinchamiento de duelas de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

Otra habitación que resultó afectada debido a la inundación fue la sala de estar donde igualmente se produjo el hinchamiento de las duelas de madera del piso, aunque en menor medida.



**Ilustración 3.31 Hinchamiento duelas de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

k) Insectos xilófagos. Para determinar qué clase de insecto xilófago está atacando a los elementos de madera de las casas 2, 3 y 4 es necesario analizar las principales características de cada tipo de insecto presentados en la *tabla 2.2*.

Las termitas subterráneas necesitan para su desarrollo una humedad en la madera superior al 18% y una humedad relativa superior al 90%. Por lo tanto, es un insecto xilófago que no se desarrolla en la ciudad de Quito.

Las termitas de madera seca (humedad de la madera menor a 18%) son atraídas por elementos de madera que están expuestos a la luz solar y la entrada de sus perforaciones siempre se encuentran tapadas por una película fina producto de una secreción que produce este insecto. Es una especie de insecto xilófago que puede presentarse en nuestro entorno.

Las polillas también se presentan en madera seca, pero a diferencia de las termitas solo atacan a la madera frondosa.

Las carcomas se desarrollan en cualquier contenido de humedad de la madera y atacan a las maderas frondosas y coníferas. Se los distingue debido a las entradas de sus perforaciones en la madera que son circulares con un diámetro entre 1,0 a 3,0 mm.

Teniendo en cuenta todo lo anterior mencionado, se puede evaluar e identificar el tipo de insecto xilófago que está atacando a las casas 2, 3 y 4. Debido a que la madera en los tres casos es una madera conífera se descarta la presencia de polillas. Ahora, debido a la forma circular de las entradas de las perforaciones en la madera y ante la ausencia de películas finas, se puede concluir que los insectos xilófagos que están atacando a los elementos de madera de las tres casas son las carcomas.



**Ilustración 3.32** Carcomas en elemento de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.33** Carcomas en un dintel de madera en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.34 Acercamiento de la ilustración 91 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.35 Carcomas elemento de madera en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.36 Acercamiento de la ilustración 93 (Elaboración propia, 2019)

### 3.3.3 Patologías por deterioro

1) Humedad por capilaridad. En las *ilustraciones 3.37, 3.38, 3.39, 3.40 y 3.41* se presentan las patologías de descascaramientos y eflorescencias en mamposterías. Esto es ocasionado por el agua presente en el terreno que sube por capilaridad a través de los elementos.



Ilustración 3.37 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 1 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.38 Descascaramientos y eflorescencias en mampostería de adobe en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.39 Descascaramientos y eflorescencias en mampostería de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.40 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.41 Descascaramientos en mampostería de adobe en la casa 5 (Elaboración propia, 2019)**

m) Daño en cubiertas. Con el paso del tiempo la cubierta de teja tiende a deteriorarse por las fuertes lluvias o agentes externos como gatos, aves, etc. Debido al deterioro de la cubierta de la casa 2 y 3, el agua se filtra dañando los tumbados y pisos de las viviendas.



**Ilustración 3.42 Deterioro en la cubierta de teja en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.43 Deterioro en la cubierta de teja en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

n) Desprendimientos del enlucido. Se pudo observar que en la casa 2, 3 y 4 existen muchos desprendimientos del enlucido de barro sobre las mamposterías de ladrillo debido a que no existe una buena adhesión entre estos materiales. Estos desprendimientos se hacen más evidentes con el paso de los años (*ver ilustración 3.44*).

Un problema adicional determinado es que el ladrillo de arcilla es un material poroso y esto produce que absorba la humedad del ambiente ocasionando que el enlucido de barro y pintura se desprenda con mayor rapidez.



**Ilustración 3.44 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.45 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**



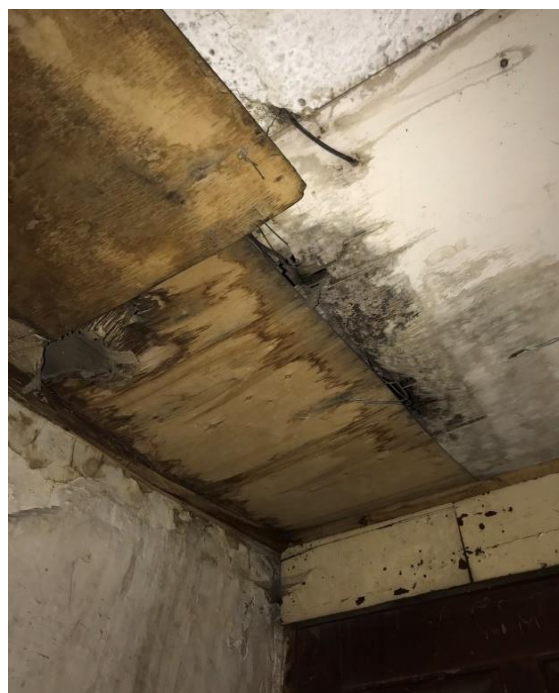
**Ilustración 3.46 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

o) Desprendimiento del enlucido por filtraciones de agua. En las siguientes ilustraciones se puede observar como los tumbados de carrizo de las casas 2 y 3 han sufrido un gran daño debido a las filtraciones de agua a través de las cubiertas de teja. Otro factor determinado es la poca adherencia que existe entre estos dos materiales.



**Ilustración 3.47 Daño en tumbado de carrizo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)**

En la *ilustración 3.48* se puede observar cómo han colocado tablas de madera en el tumbado de carrizo para evitar el colapso del elemento.



**Ilustración 3.48 Daño en tumbado de carrizo en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

En la *ilustración 3.49* se observa como el tumbado de carrizo ha fallado debido a las filtraciones de agua generando también un gran daño en el piso de madera.



Ilustración 3.49 Daño en tumbado de carrizo y en el piso de madera en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 3.50 Desprendimiento del enlucido de barro en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)

p) Filtraciones de agua. En la *ilustración 3.51* podemos observar cómo se presenta un daño por humedad en el piso de madera ocasionado por la filtración de agua a través de la parte inferior de la puerta de entrada. Esto sucede porque la puerta no tiene un correcto sellado a la intemperie y permite la entrada del agua.



Ilustración 3.51 Daño en piso de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)

El problema de filtraciones en una habitación aumenta cuando se la deja totalmente expuesta a la intemperie. En la *ilustración 3.52* se puede evidenciar esto debido a que no existe ventana en la mampostería.



Ilustración 3.52 Daño en piso de madera en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)

q) Filtraciones de agua. En la *ilustración 3.53* podemos observar como el dintel de madera se ha pandeado debido a la filtración de agua a través de la cubierta. Producto de la deformación del dintel, la mampostería de adobe se asentó y se generó múltiples grietas.



**Ilustración 3.53** Daño en el dintel de madera y en la mampostería de adobe en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)

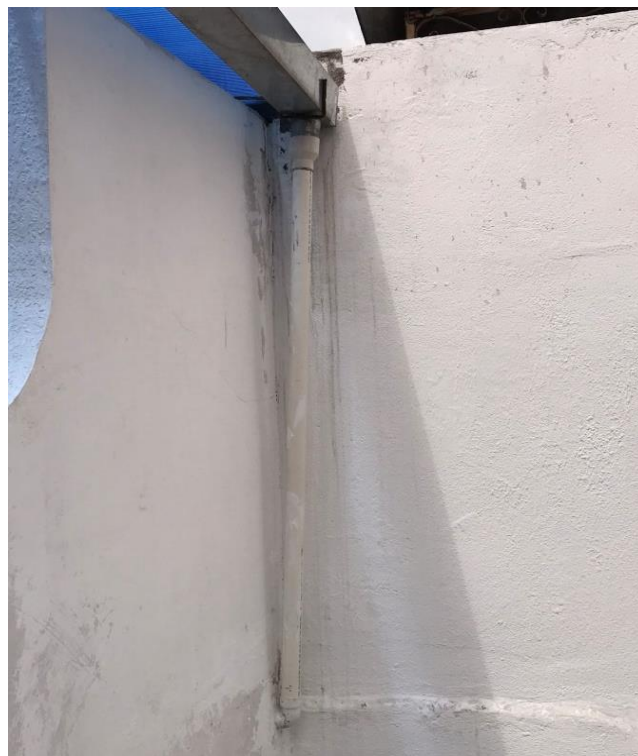
r) Ruptura de las bajantes de aguas lluvia. En exteriores, se pueden presentar daños por filtraciones de agua a través de los bajantes de agua lluvia. Los bajantes pueden verse afectados debido a las intensas lluvias o la alta cantidad de granizo. En las *ilustraciones 3.54, 3.55, y 3.56* podemos apreciar como las mamposterías de ladrillo con enlucido de barro y en los aleros del tumbado han sufrido un gran daño debido al agua que escurre de la bajante de aguas lluvia.



**Ilustración 3.54** Daño en mampostería de ladrillo en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.55 Ruptura de una bajante de agua lluvia en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.56 Daño en mampostería de adobe en la casa 5 (Elaboración propia, 2019)**

s) Humedad por condensación. En la *ilustración 3.57* observamos cómo se produce la proliferación de hongos dañando la pintura de la mampostería de adobe. Esto es debido a que la ventana es un puente térmico y no se encuentra sellada correctamente.



**Ilustración 3.57 Daño en la pintura en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

t) Humedad por condensación. Las siguientes habitaciones de la casa 3 cuentan con una sola ventana y debido a esta falta de recirculación de aire, se puede sentir un ambiente muy húmedo y la presencia de descascaramientos y eflorcencias en los muros de adobe.



**Ilustración 3.58 Descascaramientos y eflorcencias en muros de adobe en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

También se pudo observar que la única ventana que existe en las habitaciones se encuentra parcialmente bloqueada por varios objetos.



**Ilustración 3.59 Ventana bloqueada en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

Otro inconveniente que se pudo identificar en estas habitaciones es que uno de los mechinales que ayudan en la recirculación de aire se encuentra tapados por falta de mantenimiento (*ver ilustración 3.60*) y el otro se encuentra obstruido por una roca (*ver ilustración 3.61*), seguramente para evitar el trabajo de mantenimiento.



**Ilustración 3.60 Obstrucción de un mechinal por falta de mantenimiento en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.61 Obstrucción por una roca en el segundo mechnal en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)**

u) Falta de mantenimiento. A pesar de todos los cuidados que se puedan tener, siempre se necesitará un correcto y periódico mantenimiento de toda la edificación. De esta manera evitamos tener graves problemas en nuestra vivienda.



**Ilustración 3.62 Desprendimiento del vinil en la casa 1 (Elaboración propia, 2019)**



**Ilustración 3.63** Manchas en pared en la casa 2 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.64** Daño en un balcón en la casa 3 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.65** Manchas en pared en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)



**Ilustración 3.66** Manchas en pared en la casa 5 (Elaboración propia, 2019)

## **4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 Análisis teórico**

#### **4.1.1 Patologías por defectos**

Este tipo de patologías se las controla desde la etapa de diseño hasta la culminación del proyecto. Si las patologías se presentan una vez que el proyecto haya sido entregado, será muy problemático y en algunas ocasiones bastante costoso solucionar el problema, es por esto que se recomienda contar con un personal calificado y con experiencia en el tipo de proyecto a analizar.

Si se tiene un correcto diseño y una buena organización, este tipo de patologías se las puede eliminar totalmente en la mayoría de casos.

#### **4.1.2 Patologías por daños**

Como se había mencionado este tipo de patologías se presentan debido a un mal uso de la edificación y debido a agentes externos.

Las patologías debido a un mal uso de la edificación son las más fáciles de evitar debido a que dependen en un ciento por ciento de las decisiones de sus ocupantes. No cambiar el uso de la construcción o no sobrecargar ciertas habitaciones o niveles de la edificación son algunas recomendaciones que se proponen para evitar estas patologías.

Por otro lado, las patologías generadas por agentes externos son imposibles de evitar debido a que no se puede prever o controlar todo evento o todo acto de la naturaleza; sin embargo, si podemos evitar que estos agentes externos dañen en demasía la edificación. Debemos controlarlas para que el daño que se genere no represente un peligro en la vida de sus ocupantes, o generen un daño irreversible.

#### **4.1.3 Patologías por deterioro**

Una de las patologías más presentes que se han podido identificar en las viviendas analizadas. Ocurren debido a un mal o inexistente mantenimiento de la edificación y aunque no representan en muchos casos peligro para la vida de sus ocupantes, si pueden generar inconformidad de habitabilidad.

Como ya se ha mencionado a lo largo de este trabajo de investigación, se recomienda corregir una patología al poco tiempo de ser identificada. Esto debido a que cada día que

pase, las patologías por deterioro serán cada vez más difíciles de corregir, y pueden afectar otras zonas agravando el problema.

## 4.2 Propuestas de intervención

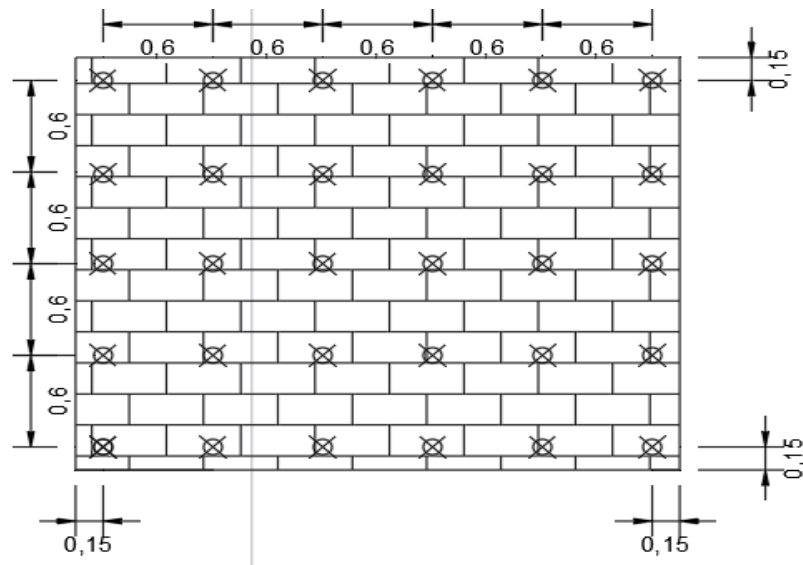
### 4.2.1 Patologías por defectos

- Defectos en la construcción del proyecto.

a) Incorrecta colocación de materiales de construcción. Al colocar los ladrillos verticalmente se tiene un rendimiento menor al esperado. En lugar de derrocar la mampostería y volver a construirla, se propone reforzarla para que tenga el rendimiento planificado.

Para lograr esto se debe reforzar con malla electrosoldada en ambas caras de la mampostería. A continuación se presentan los pasos a seguir que se recomiendan en base a un trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería Civil de la PUCE: (Rehabilitación de mamposterías agrietadas de ladrillo artesanal, 2006)

1. Remover el enlucido original y limpiar el muro. Se recomienda el uso de agua a presión.
2. Realizar perforaciones en el muro usando una broca de 12 mm de diámetro cada 60 cm. En los extremos del muro se debe dejar al menos 15 cm para evitar desprendimientos (*ver ilustración 4.1*).
3. Los alambres de amarre deberán pasar a través de las perforaciones y serán los que conectarán las mallas electrosoldadas en las dos caras del muro. Para los alambres de amarre se puede usar cuatro tiras de alambre #18.
4. Colocar la malla electrosoldada separada a 1,00 cm de ambas caras del muro mediante alzas como se observa en la *ilustración 4.2* (esto se realiza para el mortero este embebido en la malla). Se recomienda el uso de una malla electrosoldada compuesta de varillas de acero lisas de 4 mm de diámetro y espaciadas cada 15 cm.
5. Sellar las perforaciones con mortero hidráulico.
6. Realizar el enlucido del muro.



**Ilustración 4.1 Espaciamiento para las perforaciones del muro (Elaboración propia realizado en AutoCAD, 2019)**



**Ilustración 4.2 Separación de la malla electrosoldada a 1 cm del muro (Universidad Politécnica Nacional del Ecuador, 2008)**

b) Inexistente protección en cuartos húmedos. Se deben proteger todas las superficies dentro de habitaciones donde el agua se presenta directamente. Una solución es usar pintura de esmalte basado en látex o en aceite; sin embargo, no se debe usar un empaste fabricado artesanalmente, se tiene que utilizar un empaste que tenga propiedades hidrófugas.

Una solución mucho más duradera es proteger paredes y pisos con materiales como porcelanato o cerámica. En tumbados se deberá usar la pintura de esmalte basado en látex

o en aceite debido a que el porcelanato o la cerámica son materiales muy pesados para instalarlos en tumbados.



**Ilustración 4.3 Colocación de porcelanato (Eldia, 2016)**

Para paredes y tumbados de gypsum se debe tener especial cuidado de no utilizar las mismas planchas que se usan en dormitorios. Existen planchas de gypsum especiales para cuartos húmedos.

c) Obstaculización de desagües para aguas lluvia: Un solo desagüe es insuficiente para evacuar toda el agua lluvia que se puede presentar en el patio interno de la casa 4. Por lo tanto, se necesita construir al menos un desagüe adicional para evitar futuras inundaciones.

Se propone construir un desagüe adicional en la zona indicada en la *ilustración 4.4*, debido a que en ese lugar el desagüe podrá recoger el agua lluvia de la bajante #1 (ver *ilustración 3.19*) y el agua lluvia que escurre del nivel superior.

Como trabajo adicional se deberá realizar una pendiente en el piso que vaya direccionado hacia el nuevo desagüe.



**Ilustración 4.4 Propuesta de un nuevo desagüe en la casa 4 (Elaboración propia, 2019)**

Otra solución es enterrar las bajantes de aguas lluvia para que conecten directamente con el desagüe. Se puede agregar igualmente una caja de revisión si la demanda de agua lluvia lo justifica.



**Ilustración 4.5 Bajante de aguas lluvia enterrado (Alcupi, 2015)**



Ilustración 4.6 Bajante de aguas lluvia enterrado (Alamy, 2017)

También se puede construir desagües con su respectiva rejilla que se encuentren ubicados debajo de las bajantes de aguas lluvia.



Ilustración 4.7 Desagüe ubicado debajo de una bajante de aguas lluvia (Hidrotec, 2019)

Para evitar la acumulación de basura dentro del sumidero se debe usar una rejilla adecuada que permita el paso de agua lluvia, pero que retenga los escombros.

d) Mala ubicación de la cámara de recirculación de aire. El mechnal no puede estar al mismo nivel de construcción (*ver ilustración 3.22*); por lo tanto, se lo debe elevar lo suficiente para evitar la entrada de agua. Para esto se recomienda seguir el diseño del mechnal de la casa 1 donde podemos observar está por encima del nivel de construcción y cuenta con una pendiente en dirección contraria a la cámara.



**Ilustración 4.8 Mechnal en la casa 1 (Elaboración propia, 2019)**

- Defectos por materiales de construcción.

e) Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción. Como se describió en el apartado 3.3.1, la mayor parte de ladrillos artesanales no cumplen con la resistencia especificada en la INEN 294 y es muy probable que las cinco viviendas en análisis hayan sido construidas con ladrillos artesanales; por lo tanto, se deberá realizar un refuerzo en las mamposterías. Se sugiere el refuerzo con malla electrosoldada en ambas caras de la mampostería que es un método que ha presentado buenos resultados y es uno de los más económicos que se pueden realizar.

Si se encuentran ladrillos en mal estado se puede aplicar la técnica de cosido y descosido explicado en el capítulo 2.3.2.3.

#### 4.2.2 Patologías por daños

- Mal uso de la edificación:

f) Construcción informal. Se propone construir dos pilares de madera para reforzar al nivel superior de la vivienda (COPECO, Honduras, 2013).

Para esto se debe excavar dos hoyos en el suelo y realizar la fundición de los replantillos (el hormigón usado para los replantillos debe tener al menos una resistencia a la compresión de 180 kg/cm<sup>2</sup>).



Ilustración 4.9 Excavación y fundición del replantillo (Slideshare, 2008)

Ahora se procede a tratar la madera (para esto se puede usar diesel o alquitrán).



Ilustración 4.10 Tratamiento de la madera con diesel (COPECO, 2013)

Después de esto se procederá a fundir los dados de hormigón (deben tener una resistencia a la compresión de al menos 210 kg/cm<sup>2</sup>) con el pilar de madera donde una parte de este se deberá empotrar en el hormigón (ver *ilustración 4.11*) y con los pies de acero (ver *ilustración 4.12*) que se usarán para conectar al pilar de madera con el dado de hormigón. Es importante que una parte de los dados de hormigón sobresalgan del nivel de construcción para que el pilar de madera se encuentre elevado y evitar daños por los insectos xilófagos.

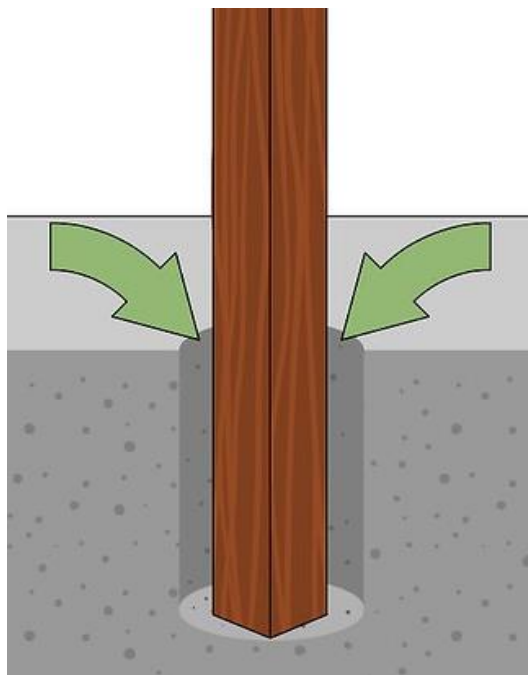


Ilustración 4.11 Elemento de madera empotrado en hormigón (Wikihow, 2015)

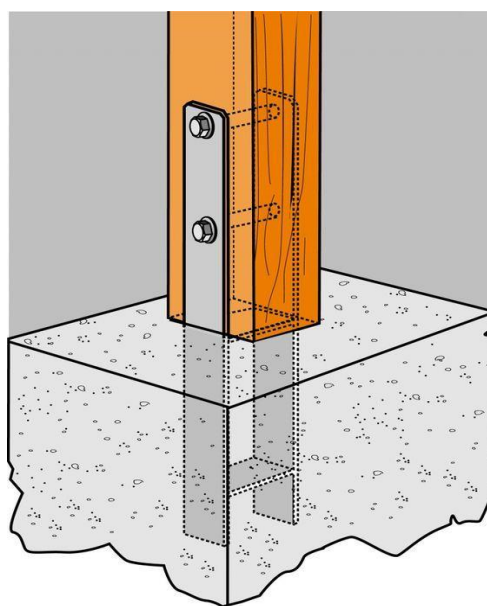
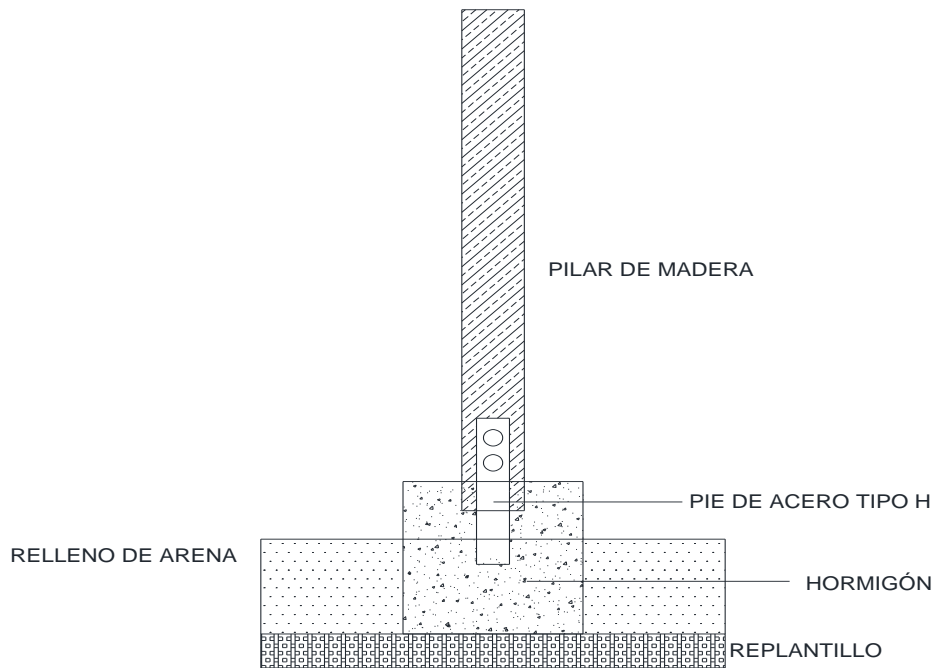


Ilustración 4.12 Pie de acero tipo H (Conectore, 2011)

Para finalizar, se debe rellenar y compactar con arena o tierra alrededor de los dados de hormigón hasta llegar al nivel de construcción.



**Ilustración 4.13 Esquema del reforzamiento (Elaboración propia en AutoCAD, 2019)**

Otra opción para empotrar el pilar de madera es usar una base de piedra que puede ser prefabricada. La base de piedra deberá tener un espacio vacío para que el pilar de madera ingrese en él y se logre una buena conexión. Se recomienda que la sección del pilar de madera que ingresará a la base de piedra tenga una reducción en su sección transversal para así, sellar la conexión entre la piedra y la madera con algún epóxico. Adicionalmente, se puede forrar esta sección con polietileno para proporcionar una mejor protección.



**Ilustración 4.14 Base de piedra (Bassalto, 2017)**

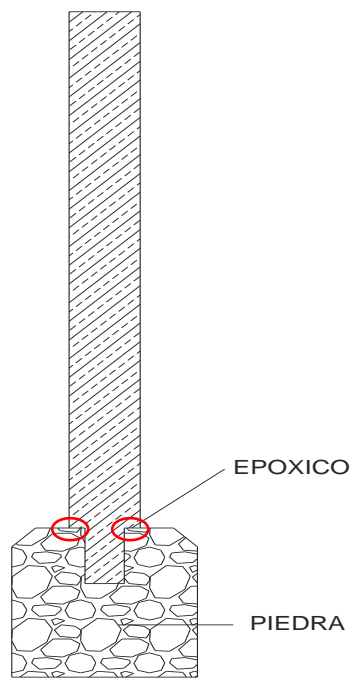


Ilustración 4.15 Esquema de la base de piedra (Elaboración propia en AutoCAD, 2019)

También se puede utilizar una base de piedra que tenga un segundo cuerpo para envolver el pilar de madera y así, la madera se encontrará protegida.



Ilustración 4.16 Base de piedra (Fostzee, 2015)

Para conectar los pilares con las vigas de madera se puede colocar una unión de acero.



Ilustración 4.17 Conector para viga y columna de madera (Archiexpo, 2012)

- Por agentes externos:

g) Asentamientos. Para resolver el problema de las fisuras en las mamposterías de adobe se pueden colocar grapas de acero o llaves de madera alrededor de las zonas afectadas.

Para el método de grapas de acero se necesita realizar dos perforaciones para cada grapa que se va a colocar en las mamposterías. Es importante realizar las perforaciones solo un poco más grandes que el espesor de las varillas de acero para tener un buen agarre. Una vez realizada todas las perforaciones se colocan las grapas de acero y se procede a sellar las perforaciones y las grapas con mortero a base de cal.



Ilustración 4.18 Grapas de acero en una grieta (Leroy, 2015)

Cuando el mortero se haya endurecido se puede proceder a enlucir la mampostería.



**Ilustración 4.19 Enlucido de la mampostería (Leroy, 2015)**

h) Fisuras y grietas. Para corregir las fisuras en los ladrillos de la mampostería de la casa 2 (*ver ilustración 3.28*) se puede inyectar lechada mediante manguerillas para rellenar los espacios vacíos presentes en el muro.

Para esto se deben seguir los siguientes pasos: (Ingeniero Patrice Morot-Sir, director técnico de l'École d'Avignon de Francia)

1. Limpiar y remover los restos del mortero que hayan en la superficie de la mampostería.
2. Sellar superficialmente el área afectada con enlucido de barro y proceder a colocar las manguerillas embebidas en la mampostería con una separación de 30 a 40 cm. El sellado superficial es para contener la lechada que se inyectará.



Ilustración 4.20 Sellado de la junta con mortero (Constructor, 2014)

3. Verter la lechada a base de cal en las manguerillas con la ayuda de un embudo hasta que esta rebose. Una vez que la lechada rebose se debe esperar un momento para que la mezcla se distribuya por todos los espacios vacíos y una vez que esto suceda, volver a verter la lechada. También se pueden usar medios mecánicos para la inyección a presión de la lechada.



Ilustración 4.21 Inyección de la lechada con embudo (Constructor, 2014)



**Ilustración 4.22 Rebose de la lechada (Lemara, 2011)**

4. Para finalizar, se debe tapar los agujeros en el muro que se hicieron para el ingreso de las manguerillas con mortero a base de cal o barro.

Para la fisura presente en la mampostería de adobe de la casa 1 se deberá retirar el enlucido para determinar si el daño es solo superficial o si existe un daños en los bloques de adobe. En caso de existir daño en los bloques de adobe se deberá realizar la técnica de cosido y descosido.

Para las grietas presentes en la mampostería de la casa 3 se debe realizar la técnica de cosido en conjunto con una inyección de lechada mediante manguerillas debido a la gravedad de la falla.

Para realizar correctamente la técnica de cosido y descosido con mortero a base de cal se deben seguir los siguientes pasos: (ASDEA, 2015)

1. Primero se debe apuntalar al muro debido al grave daño que representan las grietas y así evitar cualquier accidente.
2. Retirar todos los elementos afectados del muro (ladrillos, mortero desprendido, residuos en general) y proceder a limpiarlo.
3. Se procede a colocar los nuevos ladrillos mediante el mortero a base de cal (eliminar el mortero excesivo para tener un buen acabado).



**Ilustración 4.23 Cosido y descosido en mampostería de ladrillo (Ecosole, 2013)**

Si las grietas se vuelven a presentar se deberá colocar llaves de madera en la unión de las mamposterías.

i) Separación de las mamposterías. Se pueden colocar llaves de madera en la esquina de las mamposterías para proporcionar un refuerzo adicional. Para esto se deben seguir las siguientes indicaciones: (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012)

Para empezar se deben ensamblar en forma de cruz las piezas de madera que se usarán para el refuerzo (se recomienda el uso de madera de eucalipto).



**Ilustración 4.24 Ensamble en forma de cruz (Bricolaje, 2016)**

Para reforzar la unión se puede usar varillas enroscadas de media pulgada.



Ilustración 4.25 Ajuste de las varillas enroscadas (Ebasl, 2014)

Para mejorar la adherencia entre la madera y la mampostería de ladrillo se puede colocar malla de gallinero con la ayuda de clavos.



Ilustración 4.26 Colocación de la malla de gallinero en la llave de madera (Ebasl, 2014)

Se recomienda colocar un líquido impermeabilizante alrededor de toda la llave de madera.



**Ilustración 4.27 Impermeabilizante en la llave de madera (Ebasl, 2014)**

Una vez realizado el espacio en la mampostería de ladrillo con las dimensiones de la llave de madera que se fabricó, se coloca el refuerzo con la ayuda de un martillo de goma y mortero a base de cal.



**Ilustración 4.28 Colocación de la llave de madera (Ebasl, 2014)**



Ilustración 4.29 Colocación del mortero a base de cal (Ebasl, 2014)



Ilustración 4.30 Colocación del mortero a base de cal (Ebasl, 2014)

Para finalizar, se deja secar el mortero por un tiempo y se puede enlucir la mampostería de ladrillo.



**Ilustración 4.31 Enlucido con cemento en muro de ladrillo (Reformaster, 2016)**

j) Inundaciones. Para corregir el problema de las duelas de madera hinchadas se debe retirar las que presenten mayor deformación y proceder a secar el agua que se filtró en la habitación con toallas o con ventiladores. Una vez que el agua se haya evaporado totalmente se puede volver a colocar las duelas de madera retiradas si estas no están muy deformadas sino, se debe colocar unas nuevas.

k) Insectos xilófagos. Una vez que se ha identificado que las carcomas son las responsables del daño en los diferentes elementos de madera en las casas 2, 3 y 4 podemos mencionar dos métodos que son los más usados para este tipo de insecto xilófago. Se recomienda siempre la ayuda de una persona calificada debido a la alta toxicidad que tienen estos productos.

1. Las propiedades de protectores líquidos quedan impregnados en la madera aún después de que el disolvente se haya evaporado.



Ilustración 4.32 Protector líquido contra insectos (Vix, 2018)



Ilustración 4.33 Protección con sulfato de cobre para maderas de exteriores (Indeco, 2012)

2. La inyección a presión es el método más usado y tienen la función de insecticida y fungicida.



Ilustración 4.34 Inyección en para erradicar insectos (Massim, 2017)

### 4.2.3 Patologías por deterioro

1) Humedad por capilaridad.

1.1) Para solucionar los problemas de descascaramientos y eflorescencias en las casas 1, 2 y 3 se propone la construcción de zanjas de drenajes. Para esto se debe seguir los siguientes pasos: (Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería Civil, 2008)

1. Se debe excavar una zanja desde la cara exterior del muro de la edificación hasta alcanzar el nivel de la cimentación. El ancho de la zanja puede ser de un metro.
2. Colocar un filtro de tela en todo el perímetro de la zanja y un revestimiento impermeable en la superficie lateral de la cimentación (*ver ilustración 4.37*).
3. Sobre la tela se debe colocar ripio triturado y se puede proceder a colocar los tubos perforados de 4 pulgadas. Los tubos perforados deberán conectarse a un pozo absorbente o al sistema de saneamiento para la evacuación del agua.

Es importante que el tubo perforado tenga una pendiente cercana al 1%, aunque se puede incrementar al 5% para tener un mejor escurrimiento.

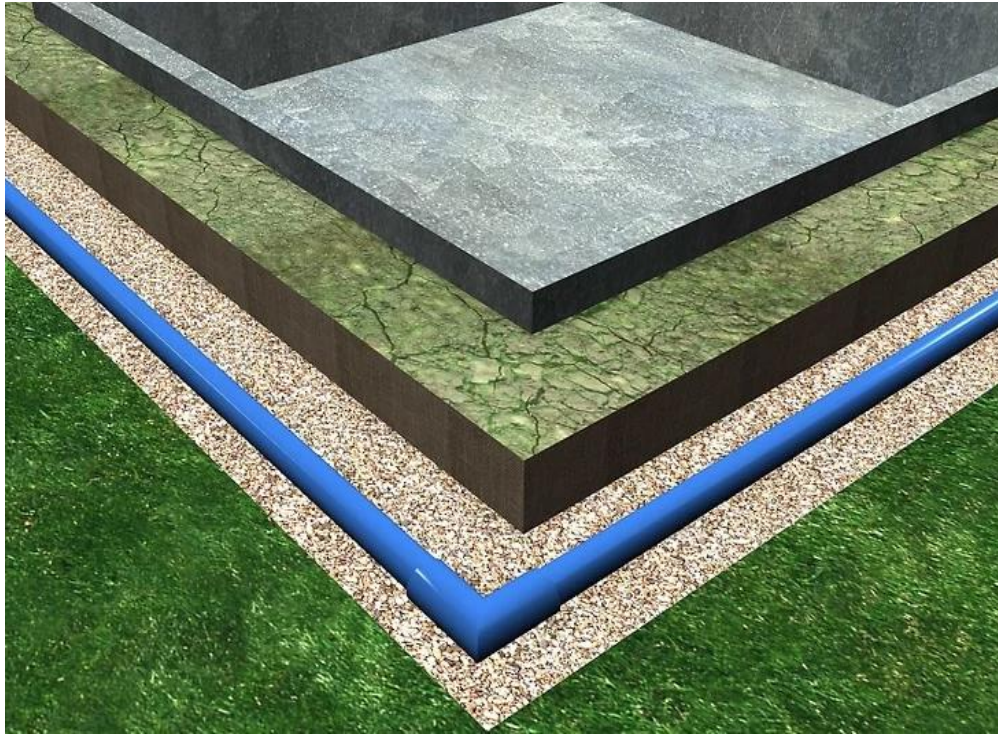
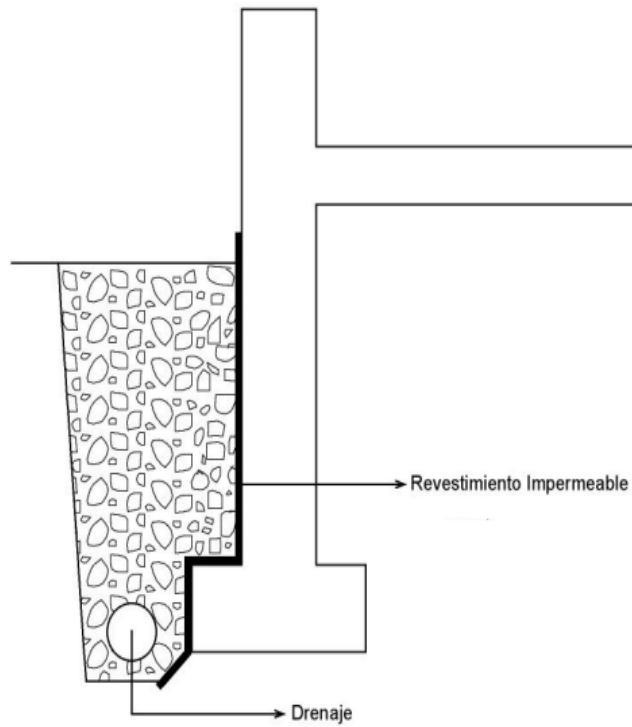


Ilustración 4.35 Colocación de tubos perforados (WikiHow, 2018)



Ilustración 4.36 Colocación de tubos perforados (Vojtanov, 2017)

4. Rellenar la zanja con ripio triturado y halar el filtro de tela cubriendo todo el ripio. El filtro de tela es para evitar que la tierra obstruya a los tubos perforados.



**Ilustración 4.37 Revestimiento impermeable en la cimentación (Universidad de Chile, 2008)**

5. Para finalizar se debe cubrir la zanja con grava a arena gruesa.



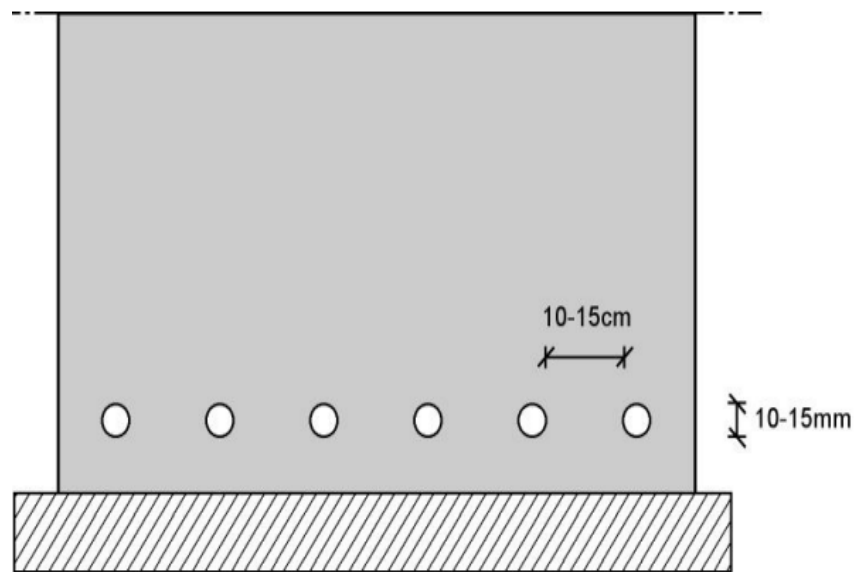
**Ilustración 4.38 Relleno de la zanja con ripio triturado (Dytiga, 2014)**

1.2) Para las casas 4 y 5 se propone el método de inyecciones químicas, basadas en resinas o en hidruro de silicio, debido a la falta de espacio para la construcción de una zanja de drenaje y porque no tienen una afectación tan grave como las casas 1, 2 y 3.

Esta clase de productos crea una barrera dentro de los muros que restringe el ascenso de agua del terreno, pero permite la permeabilidad del muro. Para esto se deben seguir los siguientes pasos: (Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería Civil, 2008)

1. Primero se debe retirar el enlucido afectado del muro.
2. Luego se debe perforar el muro a una distancia lo más cercana al piso. Las perforaciones deben tener de un diámetro de entre 10 mm a 12 mm y espaciados entre 10 cm a 15 cm. El diámetro de las perforaciones dependerán de la pistola de inyección que se vaya a usar.

Es importante mencionar que existen dos tipos de inyecciones químicas: la una trabaja a presión para penetrar dentro del muro y la otra trabaja por gravedad. Para los dos casos el procedimiento de aplicación es casi el mismo, lo único que varía es que para el producto que trabaja por gravedad se necesita realizar perforaciones inclinadas hacia abajo.



**Ilustración 4.39 Perforaciones en el muro (Universidad de Chile, 2008)**

3. La longitud de las perforaciones deben ligeramente inferiores al espesor del muro. Aproximadamente del 90% del espesor del muro.
4. Mediante una pistola parecida a la pistola de silicón se coloca el producto en las perforaciones. El producto que trabaja a presión es una mezcla de látex de caucho y siliconato de sodio; por otro lado, el producto que trabaja a gravedad es una solución impermeabilizante de baja viscosidad.

Este método es una técnica más desarrollada que el método de juntas impermeables.



**Ilustración 4.40 Inyección química basada en resinas en un muro (HumelIngeniería, 2016)**

Una desventaja que tiene las inyecciones químicas es que no elimina el agua que se filtra por capilaridad, solo la retiene. Esto provoca que a largo plazo en suelos muy húmedos el agua se acumule en la cimentación y en un evento sísmico esta pueda verse afectada. Debido a esto hemos recomendado esta técnica para las casas 4 y 5, donde no presentan grandes daños por agua que asciende del terreno, a diferencia de las casas 1, 2 y 3.

Para las casas 1, 2 y 3 se pueden combinar los métodos de zanjas de drenaje e inyecciones químicas si siguen persistiendo los daños por humedad por capilaridad porque gracias a las zanjas de drenaje, el agua no se acumulará en la cimentación.

m) Daños en cubiertas. Las cubiertas de las casas 2 y 3 necesitan de una rehabilitación total debido al grave daño que presentan y los grandes problemas de filtración que generan dentro de las viviendas.

Como ya se había mencionado se recomienda cambiar la cubierta de teja por una cubierta de eternit tipo teja; sin embargo, debido a la posibilidad de que los dueños deseen conservar la cubierta original, se detallará como realizar una rehabilitación total.

Primero se presentarán los elementos de la cubierta y sus funciones: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015)

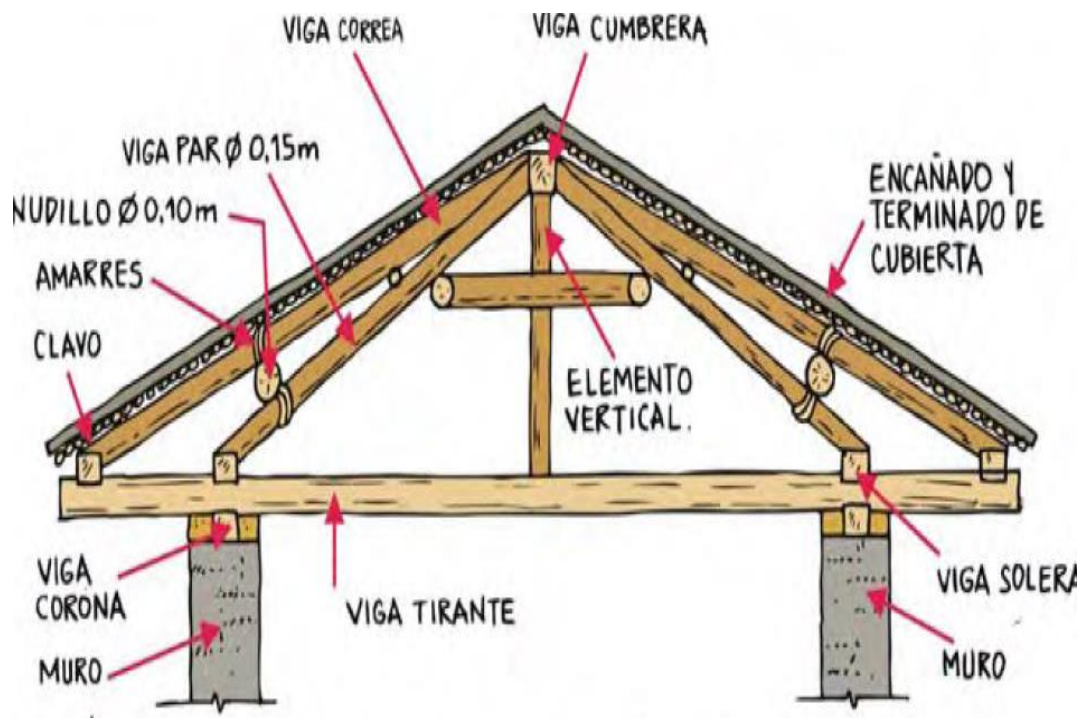


Ilustración 4.41 Elementos de una cubierta de madera (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015)

1. Viga cumbreira.- Es la principal viga longitudinal de la cubierta y de donde se conectan todas las vigas correa.
2. Correas.- Son vigas cuya función es soportar todo los elementos que conforman al techo como las tejas.
3. Vigas par.- Brindan apoyo a las correas.
4. Nudillos.- Son elementos longitudinales que se encargan de conectar a las correas con las vigas par.
5. Solera.- Son vigas longitudinales que se conectan con las vigas par y las correas.
6. Tirante.- Viga transversal que se conecta con las soleras.
7. Viga corona.- Vigas longitudinales que se conectan con la viga tirante y el muro de carga.

La unión entre las vigas soleras, tirantes y coronas se la realiza con clavos de hierro y mediante empates para trabar las vigas entre sí:

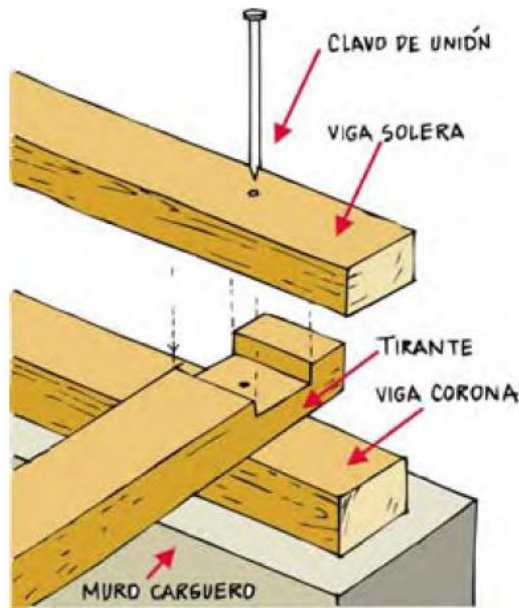


Ilustración 4.42 Unión de vigas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015)

Sobre las vigas correa se colocaba un tendido de caña amarrado con fibras naturales. Sobre este tendido se colocaba una capa de barro para finalmente colocar las tejas.

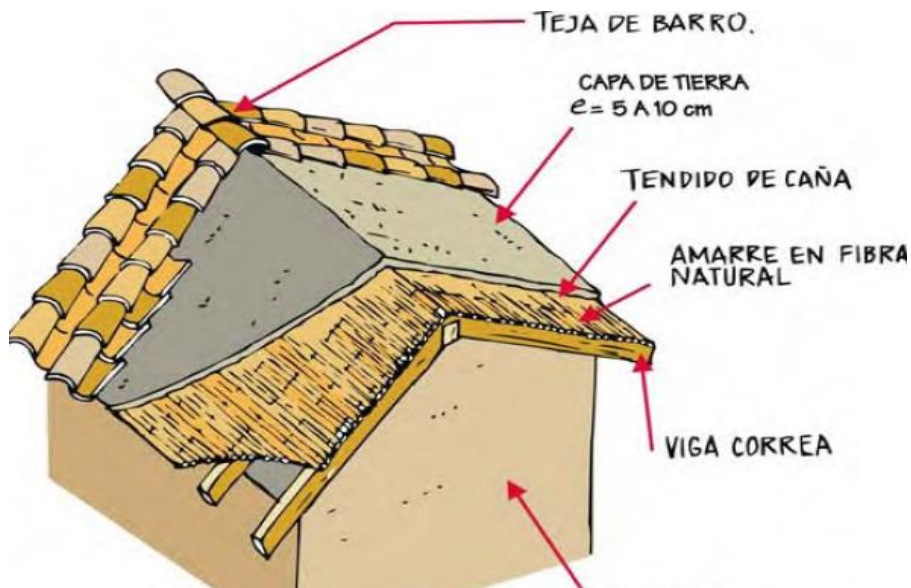


Ilustración 4.43 Terminado de la cubierta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2015)

Ahora, para la rehabilitación de las cubiertas de las casas 2 y 3 se deben seguir las siguientes instrucciones: (Centro Tecnológico Aitemin, 2008)

1. Debido al gran deterioro que presentan ambas cubiertas se tiene que retirar todos los elementos de la cubierta, dejando a la vista las vigas de madera.
2. Se recomienda la utilización de tableros de aglomerado hidrófugo debido a que es un material muy ligero, económico y es bastante fácil y rápido de instalar (vienen

en espesores de 10, 16 y 19 mm). Estos tableros están compuestos de pequeñas partículas de madera aglomerada y con un núcleo aislante de poliestireno extruido.



**Ilustración 4.44 Instalación de tableros de aglomerado hidrófugo en una cubierta (Onduline, 2019)**

3. Los tableros al ser de madera aglomerada hidrófuga son resistentes a la humedad del ambiente; sin embargo, no son resistentes a filtraciones directas como las precipitaciones. Debido a esto, se debe impermeabilizar la cubierta y existen dos materiales para hacerlo: la primera es la colocación de malla asfáltica y la segunda es mediante placas asfálticas onduladas o planchas de eternit (en nuestro entorno se usa mucho más las planchas de eternit).



**Ilustración 4.45 Colocación de placas asfálticas onduladas (Onduline, 2019)**



Ilustración 4.46 Colocación de planchas de eternit (Eternit, 2017)

4. Ahora, se procede a colocar las tejas de barro. Para esto se debe colocar las tejas alternando una boca arriba y otra boca abajo comenzando por la primera hilada horizontal inferior, para después continuar con las hiladas verticales de abajo hacia arriba (ver ilustración 4.47).

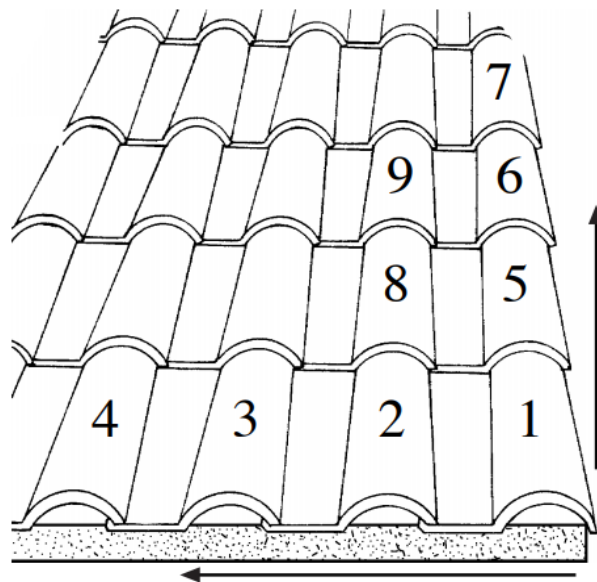


Ilustración 4.47 Instalación de las tejas (Onduline, 2019)

Para asegurarlas se debe pegar con mortero las tejas ubicadas en la viga cumbreira o donde exista un cambio de sentido de la cubierta (ver ilustración 4.48) y las que están al final de la cubierta (donde se encuentran los canaletas de aguas lluvia).

También se las puede asegurar mediante un alambre galvanizado que se amarra en las perforaciones que tienen las tejas en sus alas (ver ilustración 4.49).

Se recomienda fijar algunas tejas con mortero formando caminerías que facilitarán el acceso al personal cuando se necesite algún mantenimiento en la cubierta.



Ilustración 4.48 Colocación de tejas coloniales (Slideshare, 2018)

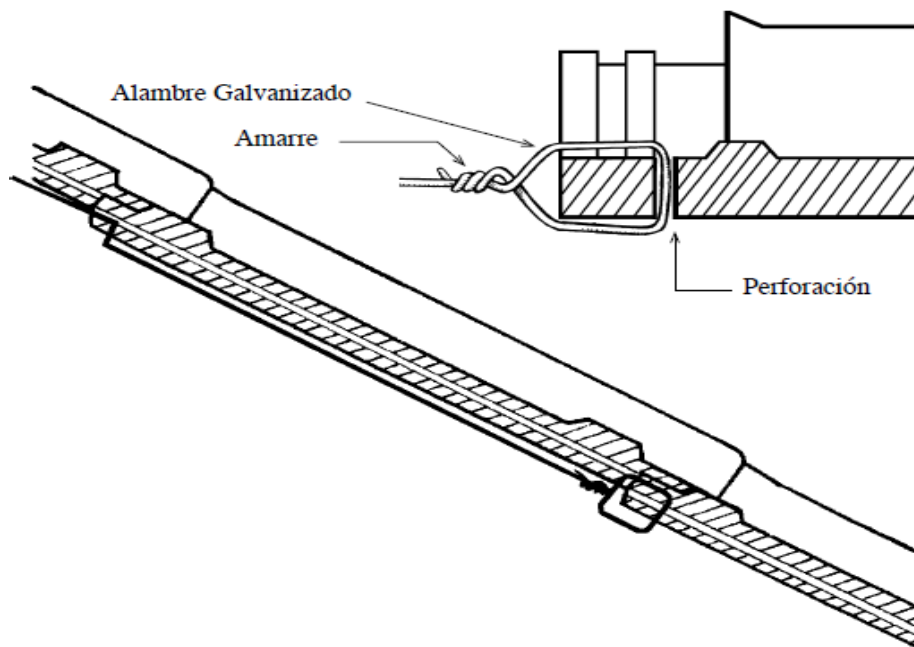


Ilustración 4.49 Amarre de las tejas (Onduline, 2019)



Ilustración 4.50 Colocación de tejas coloniales (Proceram, 2017)

5. Los canales de aguas lluvia de las casas 2 y 3 igualmente se encuentran en un estado bastante deteriorado y necesitan ser reemplazados por unos nuevos. Los canales de aguas lluvia deben ser de tol y de color negro.



Ilustración 4.51 Reparación de canales de aguas lluvia (Trabajo de Titulación en la UDLA, 2017)

n) Desprendimientos del enlucido. Para evitar el desprendimiento entre el enlucido de barro con las mamposterías de adobe o ladrillo se debe colocar una malla tipo gallinero sobre la mampostería. Para esto se deben seguir los siguientes pasos:

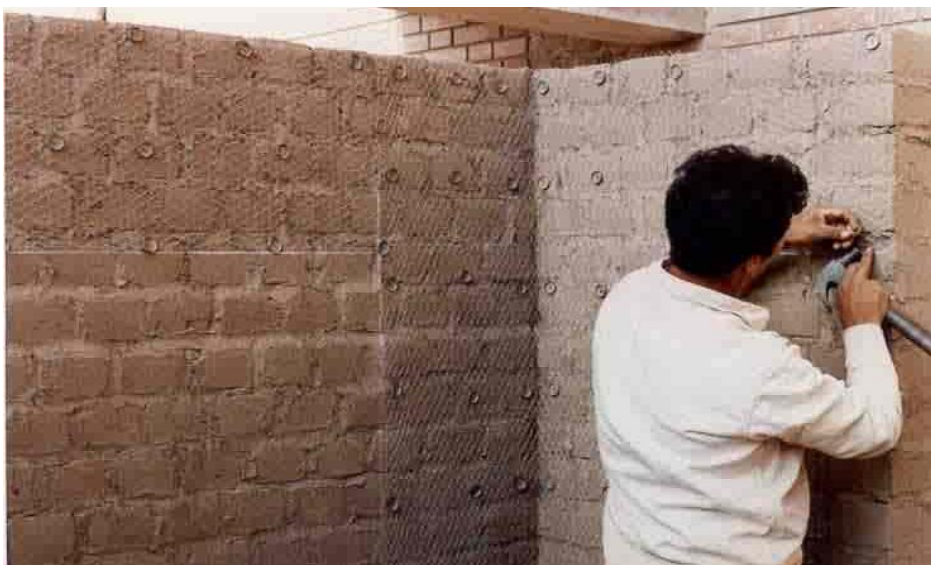
1. Eliminar todo el enlucido que reste y limpiar toda la mampostería, preferiblemente usando agua a presión.

2. Realizar las perforaciones correspondientes donde se colocarán los conectores para asegurar la malla tipo gallinero. Se recomienda realizar perforaciones de 3 x 3 cm.



**Ilustración 4.52 Perforaciones para colocar los conectores (CERESIS, 2015)**

3. Colocar los conectores y sellarlos con mortero compactándolo bien contra la mampostería. Se recomienda usar mortero hidrófugo.
4. Se clava la malla tipo gallinero a los conectores usando clavos de 2 pulgadas o 2 pulgadas y media. Se puede asegurar los clavos con chapas para asegurar la fijación de la malla.



**Ilustración 4.53 Clavado de la malla tipo gallinero (CERESIS, 2015)**



**Ilustración 4.54 Clavado de la malla tipo gallinero (CERESIS, 2015)**

La malla tipo gallinero es una malla hexagonal de triple torsión de alambre galvanizado sin nudos de fijación. Generalmente vienen en rollos de 50 metro de longitud por 1 metro de altura y un espesor de 8,00 mm.

o) Desprendimientos del enlucido por filtraciones de agua. Para los desprendimientos entre el carrizo y en enlucido de barro se puede realizar el mismo procedimiento clavando una malla tipo gallinero, pero es preferible cambiar el tumbado de carrizo por materiales más modernos, económicos y que han demostrado un mejor desempeño como es el caso del gypsum.

El gypsum son planchas fabricadas con yeso y láminas de cartón a ambos lados de 12 mm de espesor. Tienen unas dimensiones de 1,20 m por 2,40 m y se recomienda que el lugar de la edificación no supere los 30 grados Celsius de temperatura y el 75% de humedad. El Centro Histórico de Quito cumple con estas recomendaciones.

Para sujetar las planchas se necesitan anclarlas a una estructura de acero galvanizado que está sujeta a la estructura del techo.



**Ilustración 4.55 Instalación de un tumbado de gypsum (SICON, 2018)**

p) Filtraciones de agua. Para la filtración que se produce por debajo de la puerta entrada se tiene que cambiar o reparar la puerta debido a que las bisagras están oxidadas y produce que la puerta no este correctamente nivelada. Debido al mal estado de la madera de la puerta se recomienda cambiarla por una nueva.

q) Filtraciones de agua. Para reparar la mampostería de adobe en la casa 2 se puede utilizar la técnica de cosido y descosido en conjunto con las inyecciones de lechada mediante manguerillas. Adicional a esto se debe cambiar el dintel de madera que está ya muy deteriorado.



**Ilustración 4.56 Cosido y descosido en muro de ladrillos (Geodem, 2014)**



**Ilustración 4.57 Inyección de lechada mediante manguerillas (Trabajo de Titulación en la UDLA, 2017)**

Es importante recordar que el problema se originó debido a las filtraciones de agua a través de la cubierta. Por lo tanto, primero se debe reparar la cubierta de teja para después reparar el dintel de madera y el muro de adobe.

r) Ruptura de bajantes de aguas lluvia. Para los bajantes de las casa 2 y 5 (*ver ilustraciones 3.54 y 3.56*) se las puede reparar colocando un sellante para evitar las filtraciones.

Ahora, para la bajante de la casa 3 se la debe cambiar totalmente debido a su mal estado.



**Ilustración 4.58 Bajante de aguas lluvia de PVC (Calorcol, 2016)**

s) Humedad por condensación. Para evitar la humedad por condensación en ventanas se debe colocar algún producto elastómero alrededor de las ventanas para sellarla de la intemperie.



**Ilustración 4.59 Sellamiento de ventanas con un producto elastómero (Bioguía, 2014)**

Debido al estado deteriorado de las ventanas de la casa 3, se recomienda cambiarlas por unas nuevas.

t) Humedad por condensación. Lo primero que se debe realizar es una limpieza de los mechinales. Para esto se puede usar medios manuales con productos químicos.

La función de los mechinales es proporcionar una recirculación de aire en la vivienda y así, evitar la humedad por condensación.

Ahora, debido a la gran presencia de humedad y ante la imposibilidad de construir ventanas debido a que las habitaciones se encuentran a un nivel inferior de la casa 3, se propone realizar dos métodos de intervención.

El primero es construir zanjas de drenaje (*ver ilustración 4.60*). El segundo es la implementación de medios mecánicos (*ver ilustraciones 4.61 y 4.62*) para sacar el vapor de agua de las habitaciones y así evitar tener un ambiente húmedo.

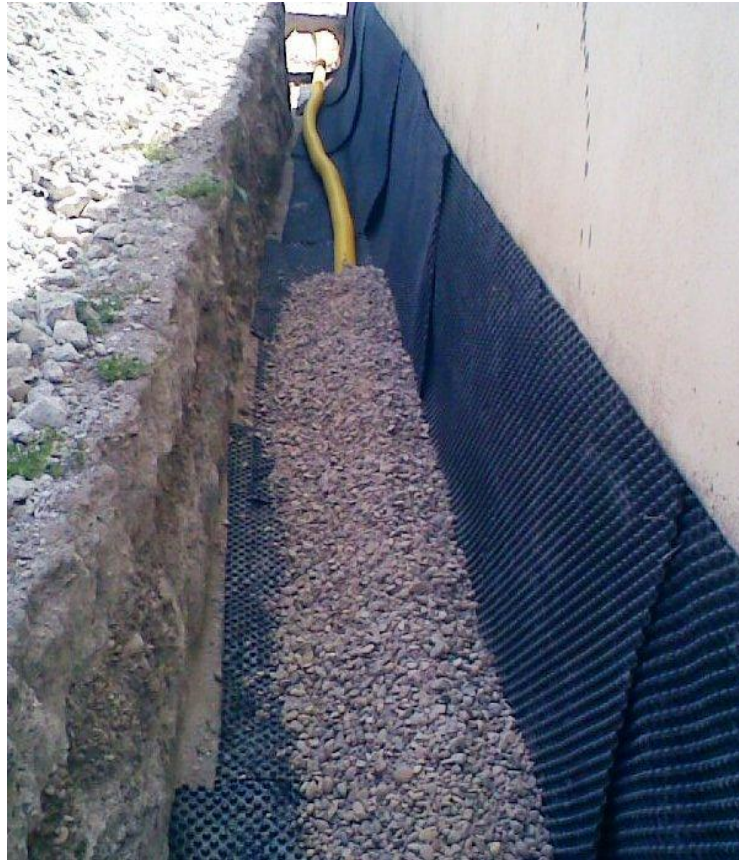


Ilustración 4.60 Zanja de drenaje (Vojtanov, 2017)

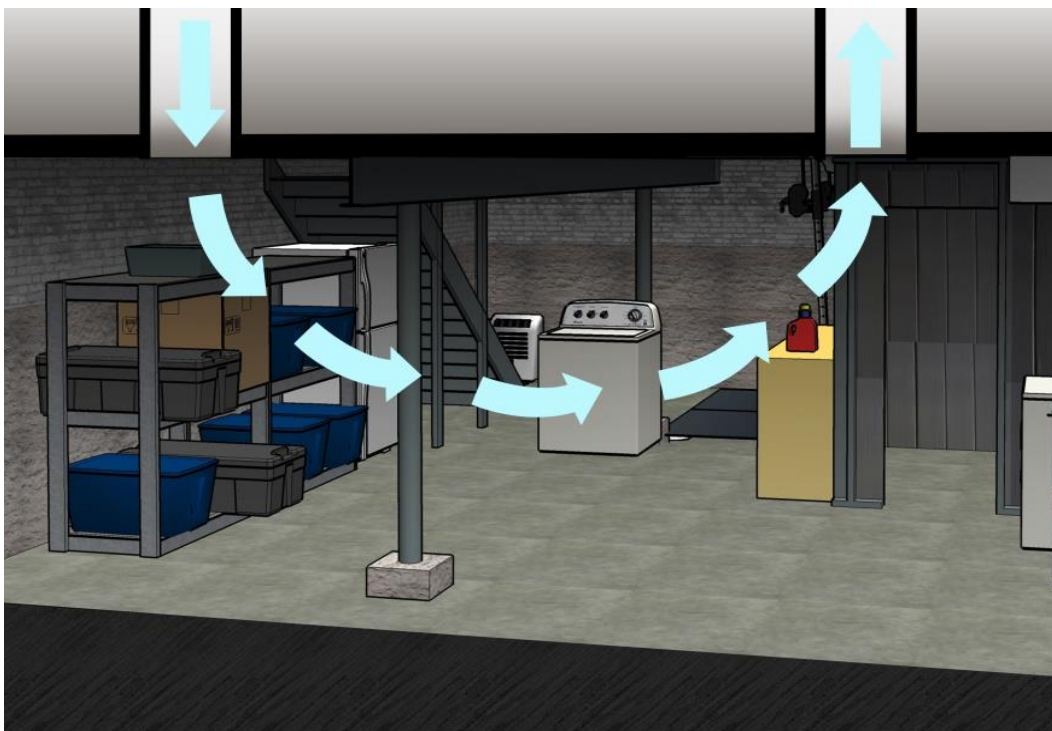


Ilustración 4.61 Extracción de humedad por medio mecánicos (Nergiza, 2019)



**Ilustración 4.62 Extractor de humedad (Archiexpo, 2017)**

A continuación, se presenta un cuadro de resumen de todas las patologías constructivas no estructurales identificadas en las cinco viviendas analizadas:

Tabla 4.1 Resumen de las patologías identificadas en las cinco viviendas analizadas (Elaboración propia, 2020)

Viviendas Analizadas	Patologías por defectos				Patologías por daños							Patologías por deterioro							
	Defectos en la construcción del proyecto				Defectos por los materiales de construcción	Mal uso de la edificación	Por agentes externos					Patologías por deterioro							
	Incorrecta colocación de materiales de construcción	Inexistente protección en cuartos húmedos	Obstaculización de desagües para aguas lluvia	Mala ubicación de la cámara de recirculación de aire	Baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción	Construcción informal	Asentamientos	Fisuras y grietas	Separación de las mamposterías	Inundaciones	Insectos xilófagos	Humedad por capilaridad	Daño en cubiertas	Desprendimientos del enlucido	Desprendimiento del enlucido por filtraciones de agua	Filtraciones de agua	Ruptura de las bajantes de aguas lluvia	Humedad por condensación	Falta de mantenimiento
CASA 1		x			x			x				x							x
CASA 2	x				x			x	x		x	x	x	x	x	x	x		x
CASA 3					x	x		x			x	x	x	x			x	x	x
CASA 4			x	x	x				x	x	x		x						x
CASA 5					x		x				x						x		x

Patologías más comunes en las cinco viviendas analizadas	1	1	1	1	5	1	1	3	1	1	3	5	2	3	2	1	3	1	5
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Patologías por defectos		Patologías por daños			Patologías por deterioro
Defectos en la construcción del proyecto	Defectos por los materiales de construcción	Mal uso de la edificación	Por agentes externos		
4	5	1	9		22
9		10			

Número de patologías presentes en cada una de las cinco viviendas analizadas	5	12	11	8	5
--	---	----	----	---	---

41
----

## 5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- ✓ Las patologías constructivas no estructurales más comunes que se lograron identificar presentes en las cinco viviendas ubicadas en el centro histórico de Quito fueron: baja calidad y/o deterioro de los materiales de construcción; humedad por capilaridad; y falta de mantenimiento (*ver tabla 4.1*). Por otro lado, las patologías no estructurales como: fisuras y grietas; presencia de insectos xilófagos; desprendimientos del enlucido; y ruptura de las bajantes de aguas lluvia se presentaron en tres de las cinco viviendas analizadas (*ver tabla 4.1*).
- ✓ Como se puede observar en la *tabla 4.1*, una de las tres patologías constructivas no estructurales que se presentaron en las cinco viviendas analizadas es la utilización de materiales de construcción de baja calidad y/o que hayan sufrido deterioro, más concretamente la utilización de ladrillos artesanales que debido a la época en la cual las cinco casas fueron construidas, no seguían ninguna norma para su elaboración. Un estudio realizado por la Universidad de Cuenca en el 2012 demostró que los ladrillos artesanales tipo C tenían una resistencia a la compresión de entre 60 a 80 (kg/cm<sup>2</sup>), siendo este valor insuficiente para la resistencia a la compresión estipulada en la INEN 294 de 80 (kg/cm<sup>2</sup>) para ladrillos tipo C.

Los ladrillos tipo C son los que son fabricados a mano y presentan imperfecciones en sus caras exteriores (INEN, 297), siendo estos los que fueron usados para la construcción de las mamposterías de las cinco viviendas analizadas.

- ✓ Para reforzar las mamposterías que estén constituidas por ladrillos de adobe o arcilla de mala calidad se coloca una malla electrosoldada. Un trabajo previo a la obtención del título de Ingeniería Civil en la PUCE realizado por los estudiantes Oscar y Javier Zabala en el 2006 demostró una notable mejoría al reforzar una mampostería de relleno original con malla electrosoldada de 4 mm. Es importante mencionar que la mampostería de relleno original ya presentaba fisuras debido a que en ella se realizó el ensayo de cargas laterales cíclicas previo a su refuerzo.

Al aplicar las cargas laterales cíclicas sobre la mampostería reforzada obtuvieron la siguiente gráfica de las envolventes:

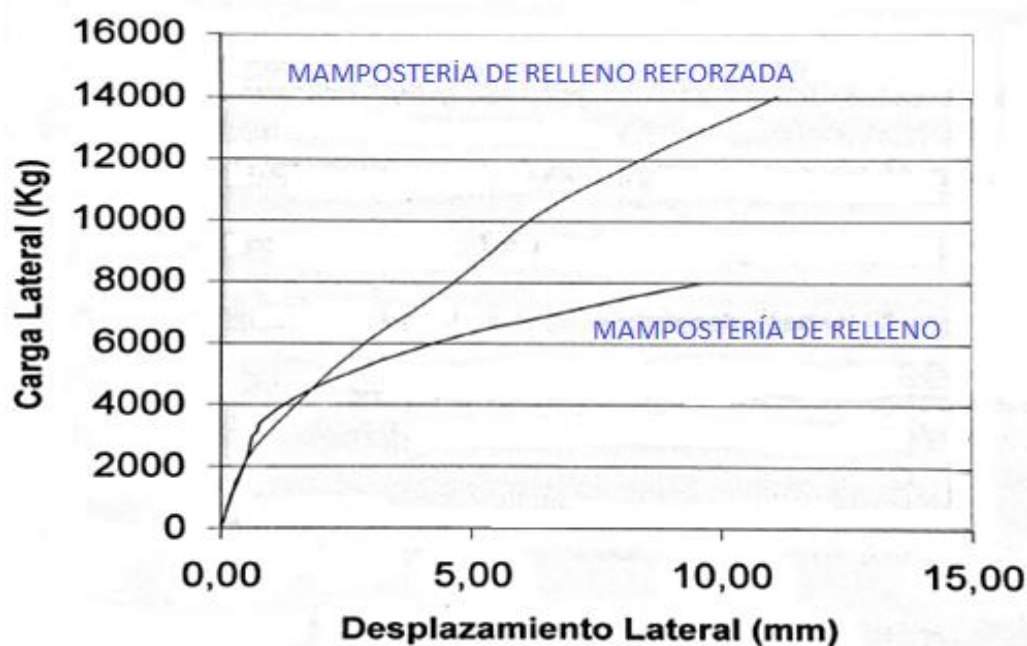


Ilustración 5.1 Envolturas de la mampostería de relleno y la mampostería de relleno reforzada (Trabajo de titulación en la PUCE, 2006)

Como se puede observar en la *ilustración 5.1*, la mampostería de relleno con malla electrosoldada muestra una mejoría en su resistencia a carga lateral soportando 14000 (kg) mientras que, la mampostería no reforzada soportó una carga lateral de 8000 (kg) según los datos obtenidos del trabajo de titulación para obtener el título de Ingeniería Civil en la PUCE realizado por los estudiantes Oscar y Javier Zabala en el 2006. También se puede observar una mejoría en rigidez donde la mampostería de relleno con malla electrosoldada tuvo un desplazamiento lateral de 4,50 mm al soportar 8000 (kg), mientras que, la mampostería no reforzada tuvo desplazamiento lateral de 9,00 mm al soportar la misma carga lateral.

- ✓ En la página 43 de la NEC-SE-DS 2015 indica que el sistema de muros portantes de mampostería no reforzada no debe ser utilizada en lugares que tengan el factor de zona  $z$  mayor o igual a 0,25 y Quito tiene un factor de zona  $z$  igual a 0,40 (NEC-SE-DS 2015, página 107), sobrepasando el valor de 0,25.

El factor de zona  $z$  es: “*el factor representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad*” (NEC-SE-DS 2015, pg. 27). En el *Anexo 1* se presenta la distribución del factor de zona  $z$  en las seis zonas sísmicas del Ecuador.

Debido a que las cinco viviendas analizadas fueron construidas antes de que se realizara este apartado en la NEC-SE-DS 2015, se las edificó con el sistema de muros portantes de mampostería no reforzada. Por lo tanto, se necesita reforzar las mamposterías con malla electrosoldada para cumplir los parámetros actuales de la NEC-SE-DS 2015.

- ✓ La segunda de las tres patologías constructiva no estructural que se presentan en las cinco viviendas indicadas en la ilustración 4.63 es la falta de mantenimiento. Esta patología puede generar daños solamente estéticos, como son las manchas en la pintura ocasionadas por la lluvia (*ver ilustraciones 3.63, 3.65 y 3.66*) o el desprendimiento del vinil por el paso del tiempo (*ver ilustración 3.62*). Sin embargo, esta patología también puede perjudicar la habitabilidad de una zona de la casa, como es el caso del balcón de la casa 3 (*ver ilustración 3.64*) donde las piezas de madera del piso se encuentran totalmente destruidas debido a que están totalmente expuestas a la intemperie imposibilitando así, el ingreso al balcón. Por lo tanto, las piezas de madera deben ser reemplazadas.
- ✓ La tercera y última patología constructiva no estructural que se presenta en las cinco casas es la humedad por capilaridad. Esta patología genera eflorescencias y descascaramientos en la pintura de las mamposterías generando un daño estético a corto plazo y el deterioro de los bloques de adobe o de los ladrillos a largo plazo. Sin embargo, uno de los mayores problemas que se genera por esta patología es la constante presencia de un ambiente húmedo en las casas que puede generar problemas de salud en sus habitantes como por ejemplo: la aparición de asma o recaída de esta enfermedad en personas que ya lo padecen; rinitis (inflamación de los tejidos nasales ocasionando estornudos, goteos y/o taponamiento nasal); reacciones alérgicas debido a los ácaros que se multiplican en ambientes húmedos; propensión a contraer resfriados, gripes o tos (European Respiratory Society, 2017).
- ✓ Un problema adicional que puede generar la humedad por capilaridad es el desgaste en los ladrillos de adobe o de arcilla debido a la constante presencia de agua. Si a esta patología no se la trata a tiempo, el desgaste en los ladrillos puede aumentar provocando daños estructurales en las viviendas y generando vulnerabilidad en la vida de sus ocupantes.

Por estas razones, a la patología de humedad por capilaridad se la debe corregir lo más pronto posible.

- ✓ Las casas 2 y 3 son en las que mayor número de patologías que se pudo identificar en este trabajo de investigación con 12 y 11 patologías respectivamente.

En caso de la casa 2 es entendible que se hayan identificado tantas patologías debido a que el bloque donde se realizó la investigación se encuentra deshabitado a la espera de poder dar un mantenimiento adecuado; sin embargo, el daño en la cubierta (*ver ilustración 3.42*) si podría estar afectando de igual manera al bloque donde las personas viven actualmente con filtraciones de agua.

Por otro lado, la casa 3 presenta tal número de patologías debido al alto costo que conlleva dar un apropiado mantenimiento y corrección de todos los problemas que necesita una edificación que tiene aproximadamente 600 m<sup>2</sup> de construcción. Un problema adicional determinado es que en la casa 3 vive solamente una persona y que debido a sus problemas de salud y elevada edad, no cuenta con los recursos necesarios para la rehabilitación de la vivienda.

- ✓ Las patologías por deterioro son las que más se lograron identificar en las cinco viviendas analizadas con 22 casos de un total de 41 (*ver tabla 4.1*). Esto quiere decir que se pudiera evitar más de la mitad de patologías constructivas no estructurales con un adecuado y periódico mantenimiento.

Este tipo de patologías se caracterizan que con el paso del tiempo se agravan y es mucho más difícil repararlas, lo que conlleva a un mayor costo para la intervención. Esto se evidencia principalmente observando la casa 3 donde no ha tenido una intervención hace muchos años y ahora presenta graves problemas en todas sus habitaciones.

## 5.2 Recomendaciones

- ✓ Como se mencionó anteriormente, en la casa 2 solamente se realizó el estudio en el bloque deshabitado; sin embargo, se pudo identificar que el daño en la cubierta también podría estar afectando al bloque donde las personas viven actualmente. Por lo

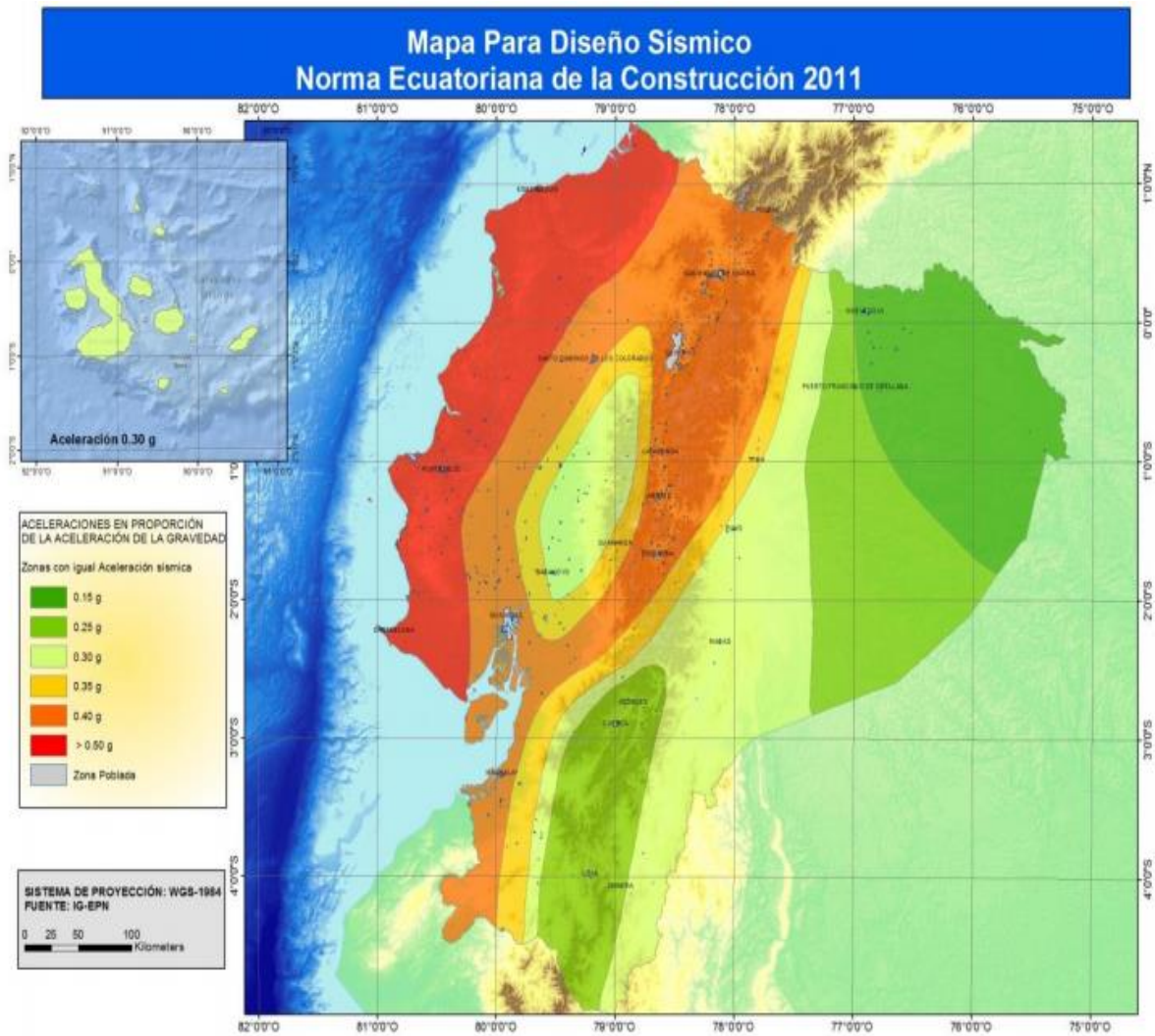
tanto, se recomienda que se tome como prioridad la rehabilitación de la cubierta y así, evitar problemas de filtraciones de agua.

- ✓ Para controlar la humedad por capilaridad existen varios métodos. Uno de ellos es la inyección de químicos basados en resinas o en hidruro de silicio propuesto para las casas 4 y 5 debido a que no presentan graves problemas por esta patología. Una desventaja que tiene este método es que no elimina el agua que sube por capilaridad a través del terreno, solo evita que ascienda las mamposterías de las viviendas, pero retiene el agua en los cimientos de la vivienda que con el paso del tiempo puede afectar la cimentación si existe una gran cantidad de agua. Es por esto que esta técnica no se recomienda para viviendas que tengan graves problemas por la humedad por capilaridad y se recomienda siempre que sea posible construir zanjas de drenaje para desalojar parte del agua de los cimientos.
- ✓ Otro método para controlar la humedad por capilaridad y que se está utilizando bastante en el último tiempo debido a su facilidad de uso es la técnica de electro-ósmosis inalámbrica; sin embargo, las opiniones están divididas sobre la eficacia de este método. La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile hace referencia a que este método es eficaz si se cumplen algunas condiciones como cantidad de agua que asciende por capilaridad o los materiales de construcción utilizados en las edificaciones.

Debido a esto, no se recomienda el uso de esta técnica hasta que se hayan realizado más estudios.

- ✓ A lo largo de este trabajo de investigación se ha propuesto métodos de intervención que conserven el aspecto original de las casas y así, conservar la arquitectura original del Centro Histórico de Quito. Si bien existen otros métodos de intervención que utilizan hormigón o acero, se recomienda utilizar las técnicas que trabajen y conserven los materiales originales con los cuales fueron construidas las viviendas.

## 6. CAPÍTULO VI. ANEXOS



Anexo 1 Zonas sísmicas en Ecuador para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z; obtenido de NEC-SE-DS, 2015

## 7. CAPÍTULO VII. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2011). Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales. Bogotá: FOPAE.

Astorga, A. (2009). Patologías en las edificaciones. Madrid: CIGIR.

Bianucci, A. (2009). El ladrillo: Orígenes y desarrollo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Cerámica Roja.

Enríquez, D. (2014). Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones patrimoniales. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Estrada, D. (1995). Adobe, características y sus principales usos en la construcción. México: ITC.

Fondo Europeo de Desarrollo Regional (2016). Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja de cerámica. Toledo: Autor.

Garcés, F. (2012). Aplicación del barro en revestimiento de paredes en el cantón Cuenca. Cuenca: Universidad de Cuenca.

IKO (2011). *Guía de instalación de tejas asfálticas*. Recuperado el 10 de diciembre del 2019 de <https://www.iko.com/na/es/learning-center/design-center/seleccionar-una-teja-asfaltica/>.

Kerakoll (2016). *Reparación de lesiones en muros de adobe y ladrillo*. Recuperado el 15 de septiembre del 2019 de [http://products.kerakoll.com/gestione/immagini/img\\_prodotti/7\\_Muros%20y%20pilares\\_2018\\_\(pe\).pdf](http://products.kerakoll.com/gestione/immagini/img_prodotti/7_Muros%20y%20pilares_2018_(pe).pdf).

Martínez, J. (2011). *Sistemas constructivos tradicionales*. Recuperado el 09 de octubre del 2019 de <http://joseluismartinezhernandez.blogspot.mx/2011/04/muros-y-sus-clasificaciones.html>.

Moreno, J. (2011). Evaluación energética de los puentes térmicos en edificaciones. Madrid: Universidad de Madrid.

Onduline (2018). *Manual de rehabilitación de tejados*. Recuperado el 10 de diciembre del 2019 de <https://es.onduline.com/productos/impermeabilizacion-de-tejados/sistema-onduline-bajo-teja>.

- Organización Panamericana de la Salud (2007). Guía para la evaluación de establecimientos de salud de mediana y baja complejidad. Quito: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud (1996). Vulnerabilidad de elementos no estructurales. México: Autor.
- Parra, B. (2014). Patología, diagnóstico y propuestas de rehabilitación de la vivienda de la familia Bermeo Alarcón. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Pérez, J. (2015). Patologías de estructuras de hormigón armado. Bogotá: Amalgama.
- Pichucho, D. (2017). Análisis de daños estructurales y arquitectónicos de muros portantes de adobe y ladrillo mambrón, luego del sismo ocurrido el 16 de abril del 2016, para la restauración de los mismos, en el Monasterio San Juan Bautista de Tilipulo, ubicado en la provincia de Cotopaxi. Quito: UDLA.
- Picco, T. (2016). Sistema articulador de áreas verdes: Centro Histórico de Quito. Quito: UCE.
- Quispe, A. (2012). Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe: Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos. Lima: PUCP.
- Ramírez, J. (1984). Patología de la construcción en España: Aproximación estadística. Bilbao: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Restrepo, C. (2010). Grietas en construcciones. Medellín: EAFIT.
- Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras (2016). Clasificación tipológica de las edificaciones en el Centro Histórico de Quito. Quito: Autor.
- Rochel, R. (2016). Diseño de elementos no estructurales. Bogotá: NSR.
- Rodríguez, G. (2008). Humedad proveniente del suelo en edificaciones. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Rodríguez, V. (2004). Manual de patología de la edificación. Madrid: UPM.
- Sánchez, M. (2016). Centro Histórico de Quito: aportes para reflexionar sobre la preservación de las casas patio. Quito: INPC.
- Soria, C. (2008). Reforzamiento de mampostería de ladrillo artesanal. Quito: EPN.
- Treviño, E. (1998). Patología de las estructuras de concreto reforzado. Monterrey: UANL.

Toirac, J. (2004). Patología de la construcción: Grietas y fisuras en obras de hormigón. Santo Domingo: INTEC.

United States Environmental Protection Agency (2016). Guía para el control de la humedad en el diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones. Pensilvania: Autor.

Vallejo, L. (2011). Conservación y restauración de pintura tabular que contribuya al rescate del patrimonio cultural tangible. Quito: UTE.

Zabala, O. (2006). Rehabilitación de mamposterías agrietadas de ladrillo artesanal. Quito: PUCE.