

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO  
DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS

Grupo de investigación  
OPTICOS

Línea de investigación  
PATOLOGIA ESTRUCTURAL

Investigadores  
GERARDO LUIS BUSTAMANTE MARTELO  
JORGE LUIS CASTILLO BRIEVA

Director  
ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ  
MSC. ESTRUCTURAS

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
CARTAGENA D.T y C

2012

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO  
DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS



Trabajo de grado para optar el título de  
INGENIERO CIVIL

Investigadores

GERARDO LUIS BUSTAMANTE MARTELO  
JORGE LUIS CASTILLO BRIEVA

Director

ING. WALBERTO RIVERA MARTINEZ  
MSC. ESTRUCTURAS

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
CARTAGENA D.T y C

2012



**Tesis de Grado:** EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE  
LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE  
CARTAGENA DE INDIAS

**Autores:** GERARDO LUIS BUSTAMANTE MARTELO  
JORGE LUIS CASTILLO BRIEVA

**Director:** M.Sc. WALBERTO RIVERA MARTÍNEZ

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Cartagena de Indias, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012



## TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN .....	1
2.	INTRODUCCIÓN .....	3
3.	MARCO TEORICO.....	8
3.1	PATOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	8
3.2	DURABILIDAD .....	8
3.2.1	Factores determinantes de la durabilidad.....	9
3.3	DETERIOROS .....	9
3.4	CAUSAS DE ALTERACIÓN DE DURABILIDAD.....	9
3.4.1	Factores Intrínsecos .....	10
3.4.2	Factores por Extracción, Fabricación y Colocación .....	11
3.4.3	Factores Extrínsecos .....	11
3.4.4	Causas Físicas.....	11
3.4.5	Causas mecánicas .....	17
3.4.6	Causas Químicas .....	23
3.5	LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN .....	24
3.5.1	Esfuerzos mecánicos.....	25
3.5.2	Agresiones Químicas .....	26
3.5.3	Comportamiento de la madera frente al agua.....	26
3.5.4	Causas de la alteración y degradación de la madera .....	26
3.6	MADERAS UTILIZADAS EN LAS CONSTRUCCIONES COLONIALES .....	27
3.7	ARQUITECTURA COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS.....	28
3.8	MUROS Y ACABADOS.....	28
3.9	CUBIERTAS.....	29
3.10	ESTRUCTURA DE CUBIERTAS.....	31
3.10.1	Estructura Par e Hilera .....	32
3.10.2	Estructura Par y Nudillo.....	33



3.11	ARCADAS .....	34
3.12	EDIFICACIONES RELIGIOSAS COLONIALES .....	35
3.13	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO EN EDIFICACIONES .	36
3.13.1	Inspección preliminar .....	36
3.13.2	Inspección visual detallada .....	37
3.14	IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN PATOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN DE EDIFICACIONES ANTIGUAS. ....	37
3.15	EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS. ....	41
4.	OBJETIVOS .....	42
4.1	OBJETIVO GENERAL .....	42
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	42
5.	ALCANCE. ....	43
5.1	LIMITACIÓN ESPACIAL. ....	43
5.2	LIMITACIÓN TEMPORAL.....	44
5.3	ALCANCE DEL PROYECTO .....	45
6.	METODOLOGÍA .....	46
7.	RESULTADOS.....	53
7.1	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS E INSTALACIONES DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO .....	54
7.1.1	Pisos .....	54
7.1.2	Entrepiso .....	56
7.1.3	Muros .....	56
7.1.4	Cubierta.....	58
7.1.5	Espadaña .....	60
7.1.6	Sistema de aire acondicionado .....	60
7.2	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN PATOLÓGICA DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO .....	61
7.2.1	Muros Laterales .....	61



7.2.2	Fachada .....	66
7.2.3	Coro o entrepiso .....	69
7.2.4	Cubierta .....	72
7.2.5	Espadaña .....	92
7.2.6	Pisos .....	99
7.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	103
7.4	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y RECOMENDACIONES .....	119
7.4.1	Medidas de mitigación.....	119
7.4.2	Recomendaciones .....	120
7.4.3	Espadaña .....	121
7.4.4	Maderas .....	121
7.4.5	Fachada .....	122
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	123
	BIBLIOGRAFIA .....	125



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Algunos agentes físicos agresores en edificios. ....	12
Figura 3-2. Humedades más habituales en edificaciones.....	14
Figura 3-3. Movimientos higrotérmicos. ....	16
Figura 3-4. Sistemas constructivos de muros coloniales. A la izquierda, detalle típico de muros de piedra y argamasa de cal. En el centro, muros en pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado. A la derecha, muros de ladrillo. ....	29
Figura 3-5. Estructura típica de cubierta con tejas. ....	31
Figura 3-6. Estructura típica de cubierta "Par e Hilera".....	33
Figura 3-7. Estructura típica de cubierta "Par y Nudillo". ....	34
Figura 3-8. Partes integrales de un arco.....	35
Figura 5-1. Ubicación geográfica de la ciudad de Cartagena de Indias.....	43
Figura 5-2. Ubicación Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo en el barrio San Diego. ....	44
Figura 7-1. Pisos nave principal. Izquierda, mosaico ubicado en los laterales de la nave principal. Derecha, mosaico del pasillo principal.....	54
Figura 7-2. Piso del entrepiso (coro).....	55
Figura 7-3. Detalle de piso del altar.....	55
Figura 7-4. Tipología vista en muros, detalle detrás del retablo. ....	57
Figura 7-5. Detalle de empalme de hilera mediante perno de acero.....	59
Figura 7-6. Descripción de equipos de aire acondicionado .....	61
Figura 7-7. Verticalidad de muros, en porcentaje. Los valores positivos indican desplomes hacia parte superior, mientras que valores negativos indican hacia parte inferior de la imagen. ....	63
Figura 7-8. Vigas afectadas de madera de cubierta según patología. ....	71
Figura 7-9. Pares y nudillos afectados según patología. ....	74
Figura 7-10. Plano mapeo de Patologías espejo de cubierta. ....	104
Figura 7-11. Plano mapeo de Patologías espejo de cubierta. ....	105



---

Figura 7-12. Mapeo de patologías Espadaña.....	106
Figura 7-13. Plano mapeo de patologías espejo de entrepiso.....	107
Figura 7-14. Plano mapeo de patologías de pisos de entrepiso.....	108
Figura 7-15. Plano mapeo de patologías espejo de entrepiso.....	109
Figura 7-16. Plano mapeo de patologías de piso nave principal. ....	110
Figura 7-17. Plano mapeo de patologías muros interiores.....	111
Figura 7-18. Plano mapeo de patologías muros de fachada.....	112





## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 7-1. Recuento Fotográfico 01.....	62
Cuadro 7-2. Recuento Fotográfico 02.....	64
Cuadro 7-3. . Recuento Fotográfico 03.....	65
Cuadro 7-4. Recuento Fotográfico 04.....	66
Cuadro 7-5. Recuento Fotográfico 05.....	67
Cuadro 7-6. Recuento Fotográfico 06.....	68
Cuadro 7-7. Recuento Fotográfico 07.....	69
Cuadro 7-8. Recuento Fotográfico 08.....	70
Cuadro 7-9. Recuento Fotográfico 09.....	71
Cuadro 7-10. Recuento Fotográfico 10.....	73
Cuadro 7-11. Recuento Fotográfico 11.....	75
Cuadro 7-12. Recuento Fotográfico 12.....	76
Cuadro 7-13. Recuento Fotográfico 13.....	76
Cuadro 7-14. Recuento Fotográfico 14.....	76
Cuadro 7-15. Recuento Fotográfico 15.....	78
Cuadro 7-16. Recuento Fotográfico 16.....	78
Cuadro 7-17. Recuento Fotográfico 17.....	79
Cuadro 7-18. Recuento Fotográfico 18.....	79
Cuadro 7-19. Recuento Fotográfico 19.....	80
Cuadro 7-20. Recuento Fotográfico 20.....	80
Cuadro 7-21. Recuento Fotográfico 21.....	81
Cuadro 7-22. Recuento Fotográfico 22.....	81
Cuadro 7-23. Recuento Fotográfico 23.....	81
Cuadro 7-24. Recuento Fotográfico 24.....	82
Cuadro 7-25. Recuento Fotográfico 25.....	83
Cuadro 7-26. Recuento Fotográfico 26.....	84



Cuadro 7-27. Recuento Fotográfico 27.....	84
Cuadro 7-28. Recuento Fotográfico 28.....	85
Cuadro 7-29. Recuento Fotográfico 29.....	86
Cuadro 7-30. Recuento Fotográfico 30.....	87
Cuadro 7-31. Recuento Fotográfico 31.....	87
Cuadro 7-32. Recuento Fotográfico 32.....	88
Cuadro 7-33. Recuento Fotográfico 33.....	89
Cuadro 7-34. Recuento Fotográfico 34.....	89
Cuadro 7-35. Recuento Fotográfico 35.....	90
Cuadro 7-36. Recuento Fotográfico 36.....	90
Cuadro 7-37. Recuento Fotográfico 37.....	91
Cuadro 7-38. Recuento Fotográfico 38.....	91
Cuadro 7-39. Recuento fotográfico 39.....	92
Cuadro 7-40. Recuento fotográfico 40.....	93
Cuadro 7-41. Recuento fotográfico 41.....	94
Cuadro 7-42. Recuento fotográfico 42.....	95
Cuadro 7-43. Recuento fotográfico 43.....	96
Cuadro 7-44. Recuento fotográfico 44.....	97
Cuadro 7-45. Recuento fotográfico 45.....	98
Cuadro 7-46. Recuento fotográfico 46.....	99
Cuadro 7-47. Recuento fotográfico 47.....	100
Cuadro 7-48. Recuento fotográfico 48.....	101
Cuadro 7-49. Recuento fotográfico 49.....	102



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Dilatación longitudinal en milímetros de piezas de 1 metro de largo de distintos materiales al experimentar una variación térmica e 30°C.....	15
Tabla 3-2. Secciones comunes de vigas en cubiertas inclinadas.....	32
Tabla 7-1. Secciones de elementos que componen la cubierta par y nudillo.....	58



## 1. RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo realizar una evaluación cualitativa y diagnóstico patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias. La importancia del estudio reside en la necesidad de iniciar el proceso de restauración del monumento, ya que a través de esta evaluación patológica se identifican y caracterizan las patologías que presenta el mismo. A partir de los resultados de este estudio se planificarán las acciones necesarias para preservar este ícono histórico y joya colonial de la ciudad, además se protegerá la vida de los feligreses asiduos a esta parroquia. A partir de una primera revisión bibliográfica de cada uno de los sistemas constructivos que componen a la edificación, se realizó una inspección visual y detallada mediante un archivo fotográfico, mediciones y toma de muestras no destructivas del inmueble, comprendiendo de esta forma un estudio de tipo no experimental. Se obtuvieron elementos con menores daños a nivel de piso, no siendo así para la cubierta inclinada, donde la alta humedad del microclima ha afectado en gran proporción el tejado en toda su extensión y los elementos del entrepiso de la parroquia. Los elementos fabricados en madera, tales como pares, la hilera y otros elementos ornamentales presentan graves patologías por efectos de humedad del ambiente, desprendimientos y por acción de insectos xilófagos. No se reportaron daños por dilataciones térmicas en estos materiales. De igual manera, se encontraron elementos en concreto reforzado gravemente afectados por pérdidas de sección y corrosión de aceros, de los cuales se han reportado desplomes recientes. Ante los resultados observados en el levantamiento patológico, se concluye con la necesidad de realizar reparaciones inmediatas a elementos de madera que comprenden la cubierta inclinada, así como el reforzamiento de elementos en concreto por la muestra de inestabilidad en todas sus formas. Otros elementos como muros y pisos no requieren acciones instantáneas, pero sí de mantenimiento y conservación.



**Palabras Clave:** Arquitectura religiosa colonial, diagnóstico patológico, madera, patología estructural, restauración.

## **ABSTRACT**

*The present study aims to conduct a qualitative and pathological diagnosis of the state of the Church of Santo Toribio de Mogrovejo Cartagena de Indias, justified by its importance as a historical icon, colonial jewel of the city and preservation of the monument to the extraordinary events that risk lives of devotees and tourists who frequent it. From an initial literature review of each building systems that make up the building, there was a detailed visual inspection and by a photographic, measurements and non-destructive sampling of the property, comprising a study of this type is not experimental. Elements were obtained with less damage at ground level, not so for the pitched roof, where high humidity microclimate has affected a large proportion of the roof in its entirety and elements of parish mezzanine. The items made of wood, such as pairs, the row and other ornamental elements present serious diseases by effects of humidity, landslides and xylophages action. No damage was reported by thermal expansion in these materials. Similarly, elements found in reinforced concrete severely affected by loss of corrosion of steel section and of which overhangs have been reported recently. Given the results observed in pathological survey concluded with the need to make immediate repairs to wooden elements comprising the sloping roof, and the reinforcement of concrete elements in the sample of instability in all its forms. Other elements such as walls and floors do not require instant action, but if maintenance and conservation.*

**Keywords:** Colonial religious architecture, pathological diagnosis, wood, structural pathology, restoration.



## 2. INTRODUCCIÓN

El patrimonio histórico de un país es una parte fundamental de la memoria de la nación, y su conservación forma parte, por ende, de la conservación del patrimonio nacional. Ciertas manifestaciones del patrimonio histórico pueden ser de tal envergadura que formen parte del patrimonio de toda la humanidad, lo que trae como consecuencia que su preservación tenga mayor trascendencia.

La conservación de una estructura histórica de mampostería constituye un difícil reto. Su valor cultural y el deseo de preservarla para futuras generaciones demandan un alto nivel de protección contra diferentes agentes de daños. Una de las mayores dificultades de la conservación en estructuras consideradas monumentos, es poder determinar las causas del deterioro de la edificación que permita plantear las soluciones a sus problemas, esto debido a la limitación que existe en algunas a ensayos destructivos en su estructura. Por eso las evaluaciones patológicas, acompañadas de ensayos no destructivos a las estructuras, se convierten en un componente fundamental en cualquier programa de conservación.

Cartagena de indias cuenta con una gran mezcla arquitectónica, de las que se destacan las estructuras militares, como murallas, baluartes y fuertes, también resalta la arquitectura colonial presente en las calles, plazas y viviendas; y por supuesto todos los templos, santuarios e iglesias construidos a partir de las tradiciones españolas durante la época colonial. Todas estas manifestaciones del pasado hacen parte del patrimonio histórico y cultural de la ciudad de Cartagena<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Wikipedia, Enciclopedia libre. Cartagena de Indias, Colombia. [Base de datos en línea]. [Consultado 23 de Feb. 2012]. Disponible en: <[http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena\\_de\\_Indias](http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena_de_Indias)>



La iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, es uno de los monumentos religiosos más importantes de la ciudad, hito arquitectónico y sello de identidad para sus ciudadanos. Se encuentra localizada en una de las esquinas de la plaza Fernández Madrid, en el antiguo barrio San Diego, entre la calle Curato y la Calle del Sargento Mayor. La iglesia de Santo Toribio fue construida a principios del siglo XVIII. Fue la última iglesia en levantarse durante la época colonial. Su obra se debe al obispo de la ciudad, don Gregorio de Molledo y Clarke<sup>2</sup>.

De acuerdo con las crónicas de Cartagena, la construcción de esta iglesia se inició en 1666, bajo el nombre de Santo Tomás de Villanueva, cuando era gobernador de Cartagena don Benito de Figueroa y Barrantes. Durante la colonia, esta iglesia conservaba muy bellas imágenes antiguas, fue muy cotizada por la aristocracia cartagenera. Entre sus reliquias aún se conserva el retablo principal, la única pieza barroca religiosa de Cartagena.

El templo fue construido con donativos de los feligreses y expensas de ilustre prelado y abrió su primer libro de despacho en 1790, según datos recogidos por el padre e historiador Carlos E. Meza, en su obra “*Claretianos en Colombia*”, quien afirma que “firmó la primera partida de bautismo el 19 de marzo”. En octubre del año siguiente, daba cuenta el Obispo a S.M que el 29 de julio se había entronizado el Santísimo Sacramento, “después de haberse concluido no solo la obra material de la iglesia con el título de Santo Toribio de Mogrovejo que, ha fabricado para el pronto pasto espíritu de mis feligreses, sino también en lo formal de sus adornos interiores”.

---

<sup>2</sup> Ucro Travel Colombia. Catalogue of Churches for your wedding, 2012. [Base de datos en línea]. [Consultado 23 de Feb. 2012]. Disponible en: <[http://www.ucrostravel.com/Iglesias\\_Conventos\\_Churches\\_Convents\\_Cartagena\\_Barranquilla\\_SantaMarta\\_Bodas\\_Matrimonios\\_Wedding.php](http://www.ucrostravel.com/Iglesias_Conventos_Churches_Convents_Cartagena_Barranquilla_SantaMarta_Bodas_Matrimonios_Wedding.php)>



La parroquia e iglesia de Santo Toribio alcanzó su mayor auge en el período en que estuvo atendida por la comunidad Claretiana que abarca desde 1909 hasta 1957, año en que dicha comunidad la abandona, sucediéndola en el ministerio parroquial distintos sacerdotes del clero secular hasta el año de 1972 en que fue entregada a la congregación de sacerdotes Eudistas que ha desarrollado una importante tarea pastoral en ella.

Actualmente la parroquia presenta, a simple vista, problemas en su integridad estructural debido al abandono y a efectos causados por factores ambientales, físicos y químicos, tanto interior como exteriormente. Esto hace necesario que sea sometida de manera inmediata a procesos de conservación, que detengan su deterioro de manera que pueda continuar como patrimonio religioso de la ciudad. La espadaña, por ejemplo, estructura en donde están ubicadas las campanas, se encuentra a punto de colapsar. Sus elementos presentan fracturas, desprendimientos, humedades, corrosión, entre otras patologías; el compromiso de estos elementos, por las patologías mencionadas, potencia el riesgo de un inminente colapso. Otra muestra de los problemas en su estructura se encuentra en su cubierta y artesonado que por problemas de humedad se encuentra en un estado crítico. Los elementos de madera que los constituyen presentan cambios de color, pérdida de material, putrefacción, ataque por comején, etc. También, aunque en menor grado de severidad, presenta problemas en sus muros, pisos, entrepiso y fachadas.

Por lo mencionado anteriormente se hace necesario someter a la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo a procesos de rehabilitación para que pueda continuar siendo un patrimonio religioso de la ciudad. Es precisamente esto, lo que le da la importancia a este trabajo de grado. Puesto al realizar una descripción y evaluación de las patologías de la iglesia se podrá llevar a cabo el proceso de rehabilitación de la misma.

Todo lo anterior motivó la realización del presente trabajo. Este tuvo como objetivo realizar la evaluación y el diagnóstico patológico para identificar, localizar y caracterizar las patologías que presentase la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, a





través de la inspección visual detallada de su estructura, con el fin de proponer medidas y recomendaciones para su rehabilitación estructural. Lo anterior nos lleva a plantearnos lo siguiente ¿Cuáles eran las patologías que presenta la estructura de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo, en donde se localizan dichas patologías, cuáles eran sus características y en qué estado de deterioro estructural se encontró el monumento?

Es necesario que tanto los ingenieros como los arquitectos que estén dedicados a las restauraciones de los monumentos de la ciudad de Cartagena, cuenten con información fundamentada en la caracterización de las patologías y una guía para hacer inspecciones visuales detalladas de una estructura correctamente. Es de vital importancia que tanto ingenieros como arquitectos reconozcan la importancia de realizar las evaluaciones patológicas antes de planificar intervenciones en monumentos y en cualquier tipo de edificaciones antiguas. Es ahí donde reside la importancia de este trabajo de grado, pues servirá de guía para evaluaciones patológicas futuras para cualquier edificación histórica de la ciudad.

La evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias permitió conocer el estado actual de la estructura y planificar las acciones necesarias para mitigar el daño estructural de la misma. Además, sirvió a la iglesia como base para iniciar su proceso de restauración, pues a través del conocimiento de su estado real se despertó un interés por rehabilitar la estructura

El estudio se realizó a través de una inspección visual detallada de la estructura de la parroquia, un recuento fotográfico detallado y un registro de todo lo observado y obtenido a través de los ensayos no destructivos realizados.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, este trabajo de grado contó con las herramientas necesarias para su realización, además de asesorías de personas con conocimientos avanzados en el área. Es necesario destacar que todas las actividades que se



llevaron a cabo durante el desarrollo de este trabajo de grado estuvieron supervisadas y asesoradas por el director de la investigación, ingeniero Walberto Rivera Martínez, quien ha venido realizando diferentes estudios de patología estructural a diferentes edificaciones antiguas de la ciudad de Cartagena, además se encuentra dictando la electiva de profundización en el programa de ingeniería civil llamada durabilidad y patología de estructuras en concreto.

Cabe destacar que este trabajo de grado estuvo enmarcado en la Sub-línea Reforzamiento, Vulnerabilidad y Patología de las Estructuras de la línea de investigación de Seguridad Estructural del grupo de investigación OPTICOS de la Universidad de Cartagena.



### 3. MARCO TEORICO

Para la evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo, que es el tema central de este trabajo de grado, se hace necesario tener una fundamentación teórica sólida sobre la problemática que se trata, es por eso que desarrollamos un recuento de los conceptos, teorías y términos que fueron utilizados a lo largo del estudio.

#### 3.1 PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

Es el **estudio de las enfermedades** como procesos anormales de causas conocidas o desconocidas. Para probar la existencia de una enfermedad, se examina la existencia de una lesión en sus niveles estructurales. Este concepto general puede ser aplicado a las estructuras, encontrando así una definición acertada de patología estructural. Se entiende, entonces, por patología estructural como el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición<sup>3</sup>.

#### 3.2 DURABILIDAD

Capacidad del material de comportarse satisfactoriamente a la acción del clima, a los agentes químicos, a la erosión o cualquier otro proceso destructivo, manteniendo en forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto al medio ambiente<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> SÁNCHEZ DE GUZMÁN Diego, Durabilidad y Patología. Instituto del Concreto, ASOCRETO, ISBN 958-96709-7-0

<sup>4</sup> SÁNCHEZ DE GUZMÁN Diego, Durabilidad y Patología. Instituto del Concreto, ASOCRETO, ISBN 958-96709-7-0



Todas las variables anteriores deben permitir que la estructura conserve durante su vida de servicio y hasta el final de la misma, un coeficiente de seguridad de un valor aceptable.

### **3.2.1 Factores determinantes de la durabilidad**

- Medio ambiente
- Materiales empleados
- Diseño y calculo estructural
- Practicas constructivas
- Protección y curado

### **3.3 DETERIOROS**

Nombre dado a cualquier cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes<sup>5</sup>.

### **3.4 CAUSAS DE ALTERACIÓN DE DURABILIDAD**

El conjunto de agentes responsables del deterioro de un inmueble es tan amplio, que se hace necesaria su clasificación, que por practicidad se han agrupado en causas físicas, mecánicas y químicas. De igual forma, se han definido de acuerdo al modo de alteración de las estructuras, en factores intrínsecos, factores por extracción, fabricación y colocación y factores extrínsecos.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>6</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 87.



Es importante recordar que para frenar todo proceso patológico en la estructura, es necesario identificar con claridad el tipo de afectación y sus causas, y así erradicar a estas últimas del inmueble enfermo. No es sustentable la idea de atacar una lesión si se desconoce el causal de ésta, debido a la poca eficacia del proceso, los altos costos que significarían los intentos de solucionar el problema y la extensión en tiempo del edificio intervenido. De esta forma, las lesiones se tienden a dividir en dos grupos según sus causas:

- **DIRECTAS:** Cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.
- **INDIRECTAS:** Cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir.<sup>7</sup>

#### 3.4.1 Factores Intrínsecos

Constantemente se aprecia que los daños en las edificaciones no solo obedecen a las características del clima local, sino también de los materiales y sus cualidades, como la resistencia, el aislamiento, la calidad, la durabilidad, el color, entre otros. De manera general, las cualidades tales materiales se dividen en:

- Esenciales, o Propiedades del material, bien sea su composición química, forma, etc.
- Circunstanciales, refiriéndose al comportamiento del material ante un evento, como lo son la resistencia mecánica ante sollicitaciones de cargas, resistencia al fuego, entre otros.

Según el comportamiento, los materiales pueden subdividirse en:

- Elásticos, cuando son aptos de sufrir elongaciones y recuperar su forma y volumen inicial.

---

<sup>7</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 87.



- Plásticos, cuando al ser sometidos a elongaciones, no son capaces de recuperar su forma y volumen original.
- Frágiles, cuando no son aptos de sufrir elongaciones y, por el contrario, su falla es súbita.

### **3.4.2 Factores por Extracción, Fabricación y Colocación**

Son un conjunto de causantes que actúan entre el proceso de fabricación del material y su disposición final, entre los que se encuentran los fallos siguientes.

- Fallos durante la fabricación.
- Fallos de proyecto.
- Fallos de ejecución.
- Falta de mantenimiento.

### **3.4.3 Factores Extrínsecos**

Son agresiones externas al inmueble que dependen del ambiente al que se someta la estructura, así como también de las acciones humanas sobre ella.

### **3.4.4 Causas Físicas**

Son aquellas que se manifiestan mientras se mantiene la causa que los ha originado<sup>8</sup>, y que implican alteraciones en su forma y apariencia. En otras palabras, cuando se corrigen las variaciones físicas que ha sufrido un elemento, este debe obtener sus cualidades originales.

Entre los tipos de causas físicas más importantes, se resaltan las siguientes:

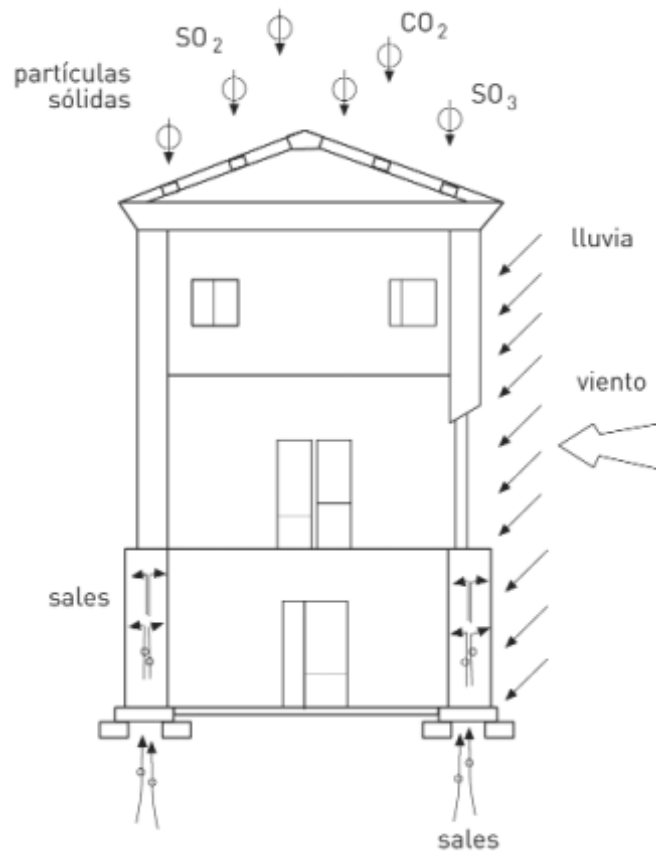
- Humedad.
- Erosión.
- Procesos biofísicos.
- Suciedad.

---

<sup>8</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 87.



Figura 0-1. Algunos agentes físicos agresores en edificios.



Fuente: Carles Broto i Comerma, 2006.

### 3.4.4.1 Humedad

Es el contenido de agua no deseado por un período de tiempo variable, siempre y cuando ésta se encuentre en estado líquido. Este efecto se da comúnmente por razones climatológicas a través de procesos físicos, como las aguas lluvia, encerramientos, entre otros, y que se pueden presentar en la superestructura por precipitaciones e instalaciones varias, o en la subestructura, por efectos del nivel freático e infiltraciones.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 83.



Por las condiciones climatológicas del ambiente local, la proximidad a cuerpos de agua, las altas temperaturas y las precipitaciones anuales, la humedad de Cartagena de Indias constituye tal vez la mayor dificultad en las edificaciones del centro histórico.

Es importante resaltar que, a pesar de que el agua es una de las materias primas utilizadas en la construcción, existen otros materiales que tienden a absorberla, como la madera, la cerámica o la piedra (incluyendo el hormigón), fenómeno llamado *absorción* y que, a largo plazo, podrían significar problemas de tipo químico.<sup>10</sup>

De forma general, las humedades pueden considerarse como:

- De obra, por el contenido residual de agua utilizada en proyectos constructivos.
- Capilar, cuando el agua infiltrada en el suelo tiende a ascender por los elementos de la edificación.
- De filtración, causada por la lluvia y el viento.
- De condensación, cuando por efectos del aire, se forman pequeñas gotas en ciertas zonas del inmueble.
- Accidental, por falta de mantenimiento, instalaciones mal realizadas o por fallos puntuales<sup>11</sup>.

---

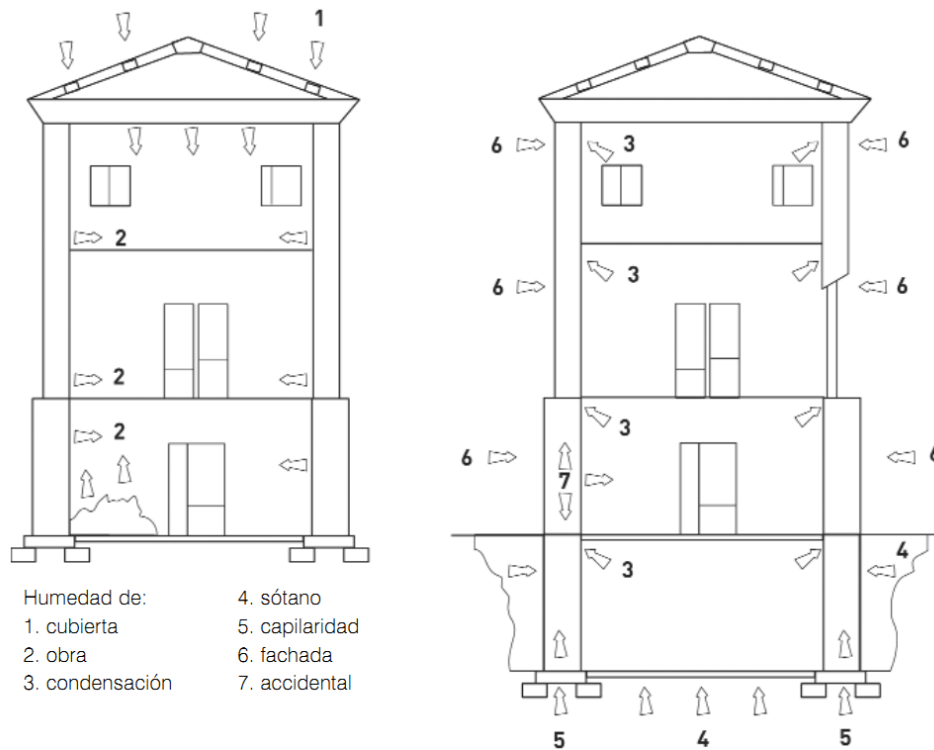
<sup>10</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>11</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 87.





Figura 0-2. Humedades más habituales en edificaciones.



Fuente: Carles Broto i Comerma, 2006.

### 3.4.4.2 Erosiones

Es el resultado de la destrucción de los materiales a causa de agentes atmosféricos mediante proceso físicos, sin variar la composición química de estos. Los principales tipos de erosiones en materiales son los siguientes:

- Por el agua, que generalmente actúa en forma de lluvia. Con el tiempo, este agente se ha vuelto más dañino por el aumento de las cargas polutivas en las atmósferas urbanas. El fenómeno se da cuando, al golpear las gotas de lluvia en las fachadas y cubiertas, se genera un desgaste que con el tiempo podría generar desprendimientos y arrastre de partículas.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.



- Por el sol, por las variaciones térmicas que producen alteraciones en el volumen o variaciones higrotérmicas (contracción y retracción), induciendo tensiones internas en los elementos que pueden convertirse en grietas y fisuras. Este tipo de eventos son característicos en las grietas y fisuras en las maderas cuando ésta sufre una pérdida considerable de agua contenida en sus fibras (por evaporación)<sup>13</sup>

Tabla 0-1. Dilatación longitudinal en milímetros de piezas de 1 metro de largo de distintos materiales al experimentar una variación térmica e 30°C<sup>14</sup>

Material	Mm
Mármol	0.15
Hormigón	0.3 – 0.4
Caliza	0.15
Granito	0.25
Mortero cal/arena	0.3 – 0.4
Ladrillo y terracota	0.15 – 0.20
Hierro	0.3
Vidrio	0.3
Aluminio	0.7
Resinas termoplásticas	1.5 – 3.0

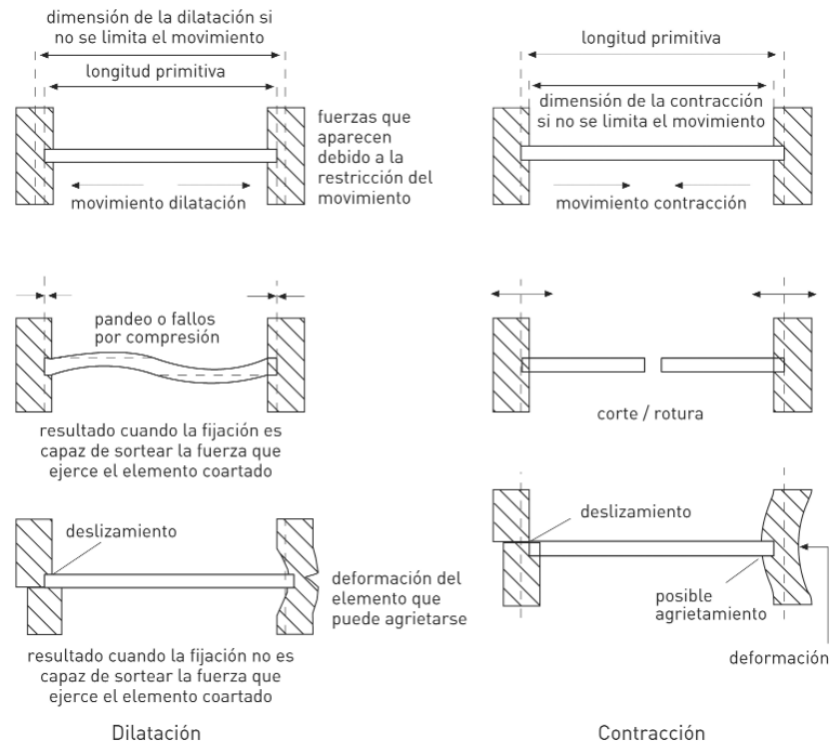
Fuente: Carles Broto i Comerma, 2006.

<sup>13</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>14</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 89.



Figura 0-3. Movimientos higrotérmicos.



Fuente: Carles Broto i Comerma, 2006.

Es importante tener en cuenta que los movimientos por variación del contenido de humedad son mayores en los exteriores del edificio, no estando exentos los materiales del interior de acuerdo al microclima. Además, tales variaciones dependerán del tipo de material

- Por el viento, el cual arrastra partículas sobre las superficies de modo que las desgasta. En el caso del lugar de estudio, el viento es un factor muy importante por las velocidades que se presentan por su cercanía al mar, además de las concentraciones de sales por su proximidad al cuerpo marítimo del Caribe.<sup>15</sup>

Las zonas de mayor exposición a este agente son las partes altas, las esquinas y las zonas situadas detrás de obstáculos perpendiculares a la acción del viento por formación de remolinos eólicos.

<sup>15</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas. Pág. 90.



#### **3.4.4.3 Procesos biofísicos**

Estos procesos incluyen destrucción física del material por segregación de sus componentes constitutivos a causa de, principalmente, hongos e insectos xilófagos.

#### **3.4.4.4 Suciedad**

Es el depósito o acumulación de partículas no deseadas en los poros de los elementos de fachada y de interior de la edificación. Entre las tipologías de suciedades, se resaltan las siguientes:

- Ensuciamiento por depósito, o simple, se produce al depositarse partículas contaminantes sobre la superficie del material.
- Ensuciamiento por lavado diferencial, fenómeno dado cuando se acompaña de agua la superficie del material. De acuerdo al comportamiento de la humedad sobre la superficie de los elementos, así será el ensuciamiento de éste. Esta conducta incide directamente sobre el color que presente un componente del edificio.

#### **3.4.5 Causas mecánicas**

Son todas aquellas alteraciones que sufre una estructura que implican un esfuerzo mecánico no previsto o mayor al calculado en diseño. Estas muestras de daños se dan paulatinamente hasta llegar a un estado último que es el colapso de la estructura, aunque esto es muy difícil que se produzca, bien por el proceso que debe atravesar primero (donde la estructura da aviso de su incapacidad de resistir cargas), o bien por que la fuerza o impacto debe ser muy grande para ocasionar fallas súbitas.<sup>16</sup> En general, las lesiones de origen mecánico se suelen englobar en las siguientes categorías:

- Deformaciones
- Grietas y Fisuras

---

<sup>16</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.



- Desprendimientos
- Erosión mecánica

#### **3.4.5.1 Deformaciones**

Es el cambio de forma de un cuerpo ante la acción de un esfuerzo, bien sea mecánico, por térmico, por humedad u otro aspecto. Las deformaciones se asumen como variaciones lineales, y están muy relacionadas con la elasticidad de los materiales. Normalmente, se sugieren cuatro tipos de deformaciones en estructuras:

- Flechas, resultado de la flexión en elementos horizontales debido a cargas verticales, como sucede en las vigas de pórticos.
- Pandeos, producto de esfuerzos de compresión sobre elementos verticales, sea lineal o superficial.
- Alabeos, resultado de una rotación del elemento por esfuerzos torsionales.
- Desplomes, ocasionado por el desplazamiento de la cúspide de los elementos por empujes horizontales o asentamientos.

Cualquiera de estas deformaciones puede generar otros daños mecánicos en la estructura, como la aparición de grietas, fisuras y desprendimientos.

#### **3.4.5.2 Fisura**

Es la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizará según su dirección, ancho y profundidad utilizando los siguientes adjetivos: longitudinal, transversal, vertical, diagonal, o aleatoria. Se deben utilizar comparadores de fisuras o fisurómetros para medirlas y monitorearlas.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.



### 3.4.5.3 Patrón de fisuración

Se refiere a la cantidad de las fisuraciones sobre la superficie, pudiendo ser localizada, media o amplia<sup>18</sup>. Razones para limitar el ancho y número de fisuras:

- Durabilidad: Resistir acciones químicas y biológicas
- Funcionabilidad: Cierta tipo de estructuras requieren de mayor control
- Estética: La apariencia estética de la edificación evita la reducción de su valor económico
- Riesgos psicológicos: El usuario asocia las fisuras con una manifestación patológica de la estructura.

Anchos máximos de fisura según la norma técnica colombiana define siete clases de exposición y los valores máximos de anchos de fisuras<sup>19</sup>.

- Clase 1.- Ambientes sin riesgos de corrosión, tal como interiores de edificios no sometidos a condensaciones, protegidos de la intemperie.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.
- Clase 2.- Edificaciones donde se presentan condiciones de humedad alta y media, procesos de humedecimiento y secado, tal como sótanos no ventilados, donde se puede presentar corrosión inducida por carbonatación.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.

---

<sup>18</sup> TEJADA CAROFALO Pedro, Seminario “Patología y Rehabilitación de Edificios”, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, Centro de Actualización Conocimientos Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de Cuba, VIII Etapa – XXIV Jornadas de Ingeniería Civil 30 de Junio dl 4 de Julio de 1997.

<sup>19</sup> NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5551. Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto. ICONTEC. Edición 2007



- Clase 3.- Estructuras marinas por encima del nivel de pleamar, estructuras sumergidas o en zona de cambio de marea, donde se pueda presentar corrosión inducida por cloruros del agua de mar.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.
- Clase 4.- Estructuras en contacto con cloruros diferentes al agua de mar, sometidas a humedad moderada debido a exposición directa a salpicadura con cloruros, provenientes de procesos industriales; ciclos de humedecimiento y secado de aguas con contenidos de cloruros (Piscinas, plantas de tratamiento, etc.).  
Valor de abertura máxima de fisura 0.3 mm.
- Clase 5.- Estructuras expuestas al fenómeno de hielo y deshielo.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.2 mm.
- Clase 6.- Estructuras expuestas a ataque químico.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.2 mm.
- Clase 7.- Estructuras sometidas a desgaste superficial, abrasión o cavitación, como pilas de puentes, vertederos, diques, pavimento, etc.  
Valor de abertura máxima de fisura 0.6 mm.<sup>20</sup>

#### **3.4.5.4 Tipos de fisura**

Los tipos de fisuras pueden ser inevitables, necesarias, necesarias o patológicas.

##### **3.4.5.4.1 Fisuras Inevitables**

Suelen presentarse por cambios volumétricos y/o temperatura, que se manifiestan y tienen características propias según el tipo de concreto utilizado, contenido y tipo de cemento, cantidad de aire incorporado, cuantías y tipo de refuerzo, proceso de curado, etc.

Esos cambios de acuerdo a las restricciones internas se traducen en esfuerzos o tensiones, con manifestaciones que dependen de la edad del concreto ya sea recién colocado, durante su endurecimiento o endurecido.

---

<sup>20</sup> NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5551. Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto. ICONTEC. Edición 2007



En las fisuras inevitables tenemos antes y durante el endurecimiento:

- Asentamientos plásticos
- Contracción plástica
- Movimientos base
- Movimientos formaleta

Después del endurecimiento, en el aspecto físico encontramos cambios de humedad y cambios de temperatura.

En los cambios de humedad, las fisuras se presentan cuarteaduras, contracción por secado, etc. En los cambios de temperatura, las fisuras se presentan contracción térmica inicial, dilatación y contracción por temperatura, ataque por fuego, acción de hielo y deshielo, etc.

#### **3.4.5.4.2 Fisuras Admisibles.**

Se presentan como expresión de un comportamiento estructural previsto y controlado. En general las estructuras de concreto reforzado se dimensionan y diseñan para admitir fisuraciones desde un estado de servicio de cargas. No se puede interpretar todas las fisuras como un síntoma de que la edificación ha sido mal proyectada o mal construida<sup>21</sup>.

Las Fisuras debidas a acciones Mecánicas son consideradas por efecto de las fisuras de esfuerzos de:

- Tracción pura
- Flexión simple y compuesta
- Torsión
- Cortante

---

<sup>21</sup> TEJADA CAROFALO Pedro, Seminario “Patología y Rehabilitación de Edificios”, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, Centro de Actualización Conocimientos Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de Cuba, VIII Etapa – XXIV Jornadas de Ingeniería Civil 30 de Junio dl 4 de Julio de 1997.





#### **3.4.5.4.3 Fisuras Patológicas**

Se presentan como sintomatología de problemas estructurales. Estas fisuras pueden originarse por sobrecargas, acciones químicas, acciones biológicas. Representan en cualquiera de los casos un problema que requiere de inmediata intervención. Las fisuras patológicas se presentan por diversos tipos de fallas entre esas tenemos:

- Falla por compresión simple en columnas
- Fallas por Flexión en vigas de pórtico
- Falla de columna por Flexo-Compresión
- Falla por Flexión y Cortante
- Falla por Pandeo
- Retracción plástica en cabeza de columnas
- Fisuras patológicas por acciones químicas<sup>22</sup>

#### **3.4.5.5 Desprendimientos**

Es la separación no controlada de elementos integrales de la edificación a causa de eventos locales como grietas, procesos físicos, químicos o por sucesos puntuales, como tormentas, sismos, asentamientos, entre otros. Los desprendimientos en inmuebles son de alto riesgo por la probabilidad de ocasionar lesiones en los usuarios, y es un claro índice del colapso parcial o total del inmueble.

#### **3.4.5.6 Erosión mecánica**

Pérdida del material de superficie por esfuerzos mecánicos como impactos, roces, entre otros.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>23</sup> BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.



### 3.4.6 Causas Químicas

Son afectaciones patológicas de origen químico, donde se dan reacciones de sales, ácidos o álcalis, que terminan ocasionando descomposiciones en los materiales de la edificación. A largo plazo, dichas afectaciones terminaran aminorando la capacidad estructural del inmueble y con ello, la disminución de los requisitos para los cuales fue diseñado. Las causas químicas se agrupan en cuatro grandes grupos, como sigue:

- Eflorescencias.
- Oxidaciones y corrosiones.
- Erosión química.
- Procesos bioquímicos.

#### 3.4.6.1 Eflorescencia

Depósito de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies. En muchos casos estas irregularidades en el color, las cuales generalmente son descritas como decoloración se pueden atribuir a la eflorescencia del calcio<sup>24</sup>. Ocurre cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral. Aunque la eflorescencia no es un problema estructural, puede ser estéticamente objetable.

#### 3.4.6.2 Picaduras

Desarrollo de cavidades relativamente pequeñas en la superficie debido a fenómenos tales como la corrosión o cavitación o desintegración localizada. El picado está caracterizada por la aparición de pequeños puntos de oxido fácilmente observables en áreas poco afectadas por la corrosión

---

<sup>24</sup> BUCHNER, Gerald. La eflorescencia en el hormigón. [Base de datos en línea]. [Consultado 26 de abril. 2012]. Disponible en: <[http://www.ich.cl/docs/presentaciones/texto\\_lutz\\_kohnert\\_4\\_esp.pdf](http://www.ich.cl/docs/presentaciones/texto_lutz_kohnert_4_esp.pdf)>



### **3.4.6.3 Corrosión**

Desintegración o deterioro del concreto o del refuerzo por el fenómeno electroquímico de la corrosión. La corrosión del hormigón por agentes químicos suele ser la que mayores daños ocasiona en las estructuras. La durabilidad de un hormigón se puede medir por la velocidad con la que el mismo se descompone como resultado de acciones químicas. En la mayor parte de los casos, el ataque de los agentes agresivos químicos se produce sobre el cemento; en otras ocasiones el ataque se producirá sobre los áridos. Las diferentes acciones de tipo químico que se producen en el hormigón se pueden ser: ataque por sulfatos, cloruros, carbonatos y otros iones; ataque por ácidos; reacción árido-álcalis; re-acción en áridos con sulfuros susceptibles de oxidarse, etc.

### **3.4.6.4 Goteras**

Humedad causada por las aguas lluvias bajo la cubierta Las goteras pueden obedecer a varias causas pero lo general es que se deban a desorganización del tejado o a rotura de algunas tejas.<sup>25</sup>

## **3.5 LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN**

La madera como material en estructuras presenta alta resistencia por unidad de peso, tanto a compresión como a tracción. Estructuralmente, puede concebirse a la madera como una estructura tubular longitudinal, cuyos ejes son paralelos al eje del árbol, cruzada por otra estructura tubular transversal en la dirección de los planos radiales del árbol<sup>26</sup>. Su capacidad de soportar cargas vivas y muertas ha hecho de ésta una materia prima que ha perdurado por generaciones, y que a día de hoy aún es usada para la construcción de cubiertas,

---

<sup>25</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>26</sup> ZANINI, Enrique. Patología de la madera. Degradación y Rehabilitación de Estructuras de Madera. Editorial Brujas. Brujas, 2008.



cerchas, escaleras y demás, con mucha más frecuencia en países europeos, en tanto que a nivel local se utilizan en zonas de restauración del patrimonio.

### **3.5.1 Esfuerzos mecánicos**

La resistencia de las maderas aumenta proporcionalmente a su densidad, y disminuye en tanto aumenta su humedad; para maderas en construcción, la Norma Colombiana de Construcción Sismoresistente vigente, NSR-10, considera un contenido máximo de humedad del 19%. Cabe mencionar que este material muestra deflexiones a largo plazo cuando las cargas de servicios son constantes, llamado “creep” de la madera.

#### **3.5.1.1 Esfuerzos de compresión, tracción, flexión y corte**

La resistencia a compresión de un elemento de madera es máxima cuando el esfuerzo es paralelo al tronco, y mínima cuando es perpendicular a él. En el primer caso, la falla se generará luego de una fisuración, unos diferenciales longitudinales y giros transversales por la separación de las fibras, mientras que el segundo caso describirá un período elástico muy corto y la falla se vuelve inminente. La resistencia a esfuerzos de tracción, al igual que cuando se presenta compresión, son máximos cuando la fuerza se aplica paralela a su eje, y mínimos cuando es normal a ellos.

Los esfuerzos a flexión, por el contrario, originan zonas de compresión y flexión de acuerdo al sentido de las cargas; en este caso, la resistencia será mayor cuando la fuerza sea perpendicular al eje del elemento. Contrario a otros materiales, la madera ofrece un buen comportamiento cuando sobrepasa su límite elástico por elongación del material, por lo que se aprovecha esta capacidad para la fabricación de maderas curvas. En estos casos, se optan por maderas poco lignificadas y con alto grado de humedad.

En cuanto a los esfuerzos de corte, estos aparecen si el elemento recibe esfuerzos en el plano de su eje. Sin embargo, si dicho plano es paralelo a él, la pieza trabaja a deslizamiento. Los coeficientes de minoración se calculan en  $1/7$  para el esfuerzo a corte y en  $1/9$  para el deslizamiento.



### 3.5.2 Agresiones Químicas

El orden de las fibras, la baja humedad, el alto contenido de celulosa y lignina y la baja permeabilidad, permiten incrementar la resistencia a agentes químicos, como los álcalis y ácidos. Los álcalis están presentes en las colas de caseína y de fenol-formaldehído, mientras que los ácidos pueden estar en la aplicación de resinas sintéticas, en el ácido clorhídrico emanado del cloro de las piscinas, y en el ácido sulfuroso por contaminación aérea

### 3.5.3 Comportamiento de la madera frente al agua

La madera puede ser más o menos higroscópica en función de su estructura celular, y es capaz de captar la humedad del aire que, impregnado a las paredes celulares que se hinchan y esponjan, provoca el entumecimiento de la madera en sentido tangencial, donde hay menor cantidad de fibras, así como una pequeña dilatación en el longitudinal.

Si el ambiente es muy húmedo, estas paredes celulares se impregnan hasta la saturación y aparece el agua en el vacío del interior de las células y en los espacios libres intercelulares. La humedad máxima absorbible en forma de vapor se conoce como punto de saturación de las fibras (PSF) y se encuentra en el intervalo  $PSF = 22$  a  $35\%$  según especies y zonas del árbol.

### 3.5.4 Causas de la alteración y degradación de la madera

De acuerdo al tipo de patología, se tiende a agrupar los agentes en dos grupos:

- Abióticos o Físicoquímicos: Se refieren a todos aquellos factores físico-químicos del ambiente, como el clima y la radiación solar (físicos), o las sales, ácidos o sulfatos (químicos).
- Bióticos o Biológicos: son también conocidos como agentes xilófagos por degradar la madera utilizándola como alimento o como hábitat. Van desde microorganismos hasta roedores, insectos, moluscos, entre otros. Cuando el ataque es por hongos, se cataloga como pudrición; cuando es por insectos, se conoce como infección.



### 3.6 MADERAS UTILIZADAS EN LAS CONSTRUCCIONES COLONIALES

**Cañalete:** (*Cordia gerascanthus* Jacq.) Es una madera recia, dura y compacta, de color castaño con vetas oscuras, cuyo árbol es frondoso, alcanzando hasta 15 metros de altura. Se empleó para la fabricación de horcones en la arquitectura colonial, así como para los remos de las canoas que transportaban carga a través de las rutas fluviales.

**Cañaguato:** (*Guaiacum sanctum* Linnaeus) (Voz caribe) (DRAE Cañahuate). Es una madera recia proveniente del guayacán amarillo, utilizada en Cartagena para los horcones en gruesos troncos desbastados en las construcciones hechas durante la Colonia.

**Carreto:** (*Aspidoderma Dugandii* Stand.). Madera recia de árbol alto (aproximadamente 20 a 25 metros), de tronco recto, color grisáceo, textura rugosa, escasa fronda formada por ramas escuetas de hojas menudas, ovoidales, de verde brillante, madera recia, compacta y finísima, utilizada tanto para obras de construcción rústica como corrales de vareta y puertas de golpe en fincas y potreros, como en el enmaderamiento de construcciones, techos, pasamanos de escaleras, muebles torneados, etc. Fue una de las maderas más codiciadas por sus variaciones de colores.

**Ceiba Colorada o Tolúa:** Madera recia que alcanza hasta 20 metros de altura y su tronco 2m de diámetro. Tiene espinas y una frondosísima copa de hojas menudas parecidas a las del ciruelo macho o jobomacho; Crece a la orilla de ciénagas y playones y fueron muy densos los bosques de tolúa que hubo en los playones del Cesar y del Ariguaní.. Su madera, muy apreciada en la construcción de puertas, ventanas y muebles finos, es roja, fuerte y fácil de trabajar. Es muy común encontrarla en elementos como dinteles, cubiertas y portones coloniales.

**Guayabo:** Madera empleada en la arquitectura cartagenera para las varas del techo. Su árbol alcanza hasta los 35 m y un diámetro de 1.0 m, describiendo un tronco cónico, recto. En su base, aletones poco pronunciados. La corteza externa es de color plomo claro o pardo



gris, de textura poco áspera con placas verticales entre fisuras angostas y se desprende en plaquetas de 2 a 3 cms.

### **3.7 ARQUITECTURA COLONIAL EN CARTAGENA DE INDIAS**

La historia de Cartagena es la historia de los asedios constantes de los piratas contra ella y de las penurias causadas por las guerras de la independencia, todo lo cual la dejó hasta finales del siglo XIX en un estado lamentable<sup>27</sup>. La ciudad colonial, nombre por el cual hoy se conoce, esta constituida por tres barrios: el barrio de la Catedral, distinguido por albergar oficinas gubernamentales y las viviendas de las familias de mayor estrato de la época colonial; San Diego, conformado por viviendas de estrato medio, y Getsemaní, donde se formaron asentamientos de artesanos y familias populares en general. La tipología de estas tres zonas fue profundamente marcada por los diversos factores económicos y valores sociales que datan del siglo XVI y XVII, muestra de ello son las diversas formas, materiales, configuraciones y métodos constructivos.

### **3.8 MUROS Y ACABADOS**

La construcción colonial local es una síntesis criolla de tradiciones mediterráneas, adaptadas al clima y a los materiales caribeños. Los muros y acabados de las edificaciones antiguas de la ciudad se construyeron a base de arcilla ante la dificultad fabricar ladrillos de buena calidad. La arcilla, además, era un, material abundante en la zona, de poca resistencia a la usura y la intemperie. En general, los muros de las edificaciones se construyeron con base a:

1. Piedra y argamasa de Cal: Este sistema se implementó ampliamente, hasta que el precio de la piedra se incrementó y se sustituyó por el ladrillo.

---

<sup>27</sup> ANGULO G, Francisco. Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.



2. Pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado: Esta composición formaba con la argamasa una mezcla muy maciza y resistente a la intemperie. Este fue el sistema que más se utilizó en la vivienda colonial cartagenera.
3. Ladrillo: La practicidad del sistema y lo económico que resultaba lo introdujo a la construcción como una buena alternativa en muros. Muchas veces se fabricaba mezclado con retal de coral y siempre se utilizaba una junta gruesa de argamasa.

Figura 0-4. Sistemas constructivos de muros coloniales. A la izquierda, detalle típico de muros de piedra y argamasa de cal. En el centro, muros en pedazos de ladrillo, piedra y coral triturado. A la derecha, muros de ladrillo.



Fuente: Javier Covo Torres, 1988.

### 3.9 CUBIERTAS

Son elementos cuya funcionalidad es proteger el inmueble y a sus habitantes de eventos ambientales como la lluvia, la temperatura y el viento. La cubierta colonial se caracterizó esencialmente por sus grandes alturas libres para mitigar el efecto del calor en las habitaciones; se requirieron construir techados con inclinaciones considerables para evacuar





lo antes posible las aguas de lluvia, técnica que se perfeccionó con los desagües y que permitió luego implementar cubiertas planas en las edificaciones.<sup>28</sup>

En general, los tipos estructurales utilizados en cubiertas en Cartagena de Indias fueron:

1. Cubierta plana en “azotea” o “terrazza”.
2. Cubierta tipo “par e hilera” atirantada.
3. Cubierta tipo “par y nudillo” atirantada.

La madera fue ampliamente utilizada como material en la cubierta, siendo seleccionadas entre ocho y diez especies por lo general: la madera morada, los guaycanes, la madera de carreta y amarilla, el granadillo, los cedros, la madera de trébol, el palo de Brasil, entre otros.<sup>29</sup>

Las dos soluciones de cubierta inclinada se usaron simultáneamente en la época y en ocasiones dentro de una misma edificación, no siendo ninguna de las dos la predominante en la localidad. En cuanto al sistema constructivo, para ambos tipos de cubierta se colocó un entablado y, sobre éste, teja de arcilla artesanal (moruno), de sección decreciente y curvatura más pronunciada que la teja romana. El montaje de éstas se realizó sellándolas con argamasa en los traslapos entre teja y teja.

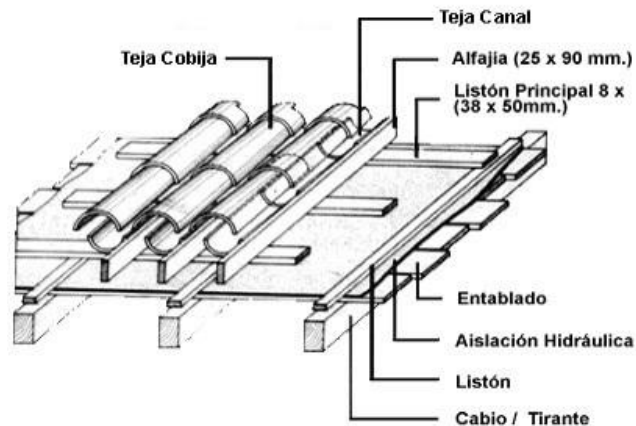
---

<sup>28</sup> ANGULO G, Francisco. Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

<sup>29</sup> TELLEZ, G. MOURE, E. Repertorio Formal de Arquitectura Doméstica. Corporación Nacional de Turismo. Bogotá, 1982. Pág. 45.



Figura 0-5. Estructura típica de cubierta con tejas.



Fuente: Arquigrafico. Architecture, Engineering, Construction, 2012.

### 3.10 ESTRUCTURA DE CUBIERTAS

Las cubiertas inclinadas comprendieron toda una estructura para su firmeza en las edificaciones. Se siguió siempre la forma básica de una armadura, el triángulo, por su rigidez, estabilidad y economía en materiales y mano de obra. El principio fundamental de los dos sistemas de armadura de cubiertas más frecuentemente utilizados en la construcción cartagenera es el de una estructura auto-suficiente, que solo depende de sus apoyos para transmitir peso, más no esfuerzos flectores o cortantes. Teóricamente, ésta condición permite eliminar el uso de machones o contrafuertes, excepto en el caso de muros de alturas superiores a 10 a 12 varas (8.56 a 10.27m), y permite una distribución de cargas verticales muy pareja a lo largo de los apoyos<sup>30</sup>. Estas estructuras se construyeron bajo ciertas limitaciones, esencialmente debido a limitaciones en las longitudes máximas de maderas disponibles, por lo que se aprecian en viviendas luces superiores a 6.50 metros entre apoyos, y en iglesias y conventos luces un poco superiores. Las secciones más usadas en cubiertas fueron las indicadas en la tabla.

<sup>30</sup> TELLEZ, G. MOURE, E. Repertorio Formal de Arquitectura Doméstica. Corporación Nacional de Turismo. Bogotá, 1982. Pág. 45.



Tabla 0-2. Secciones comunes de vigas en cubiertas inclinadas.

<b>Cumbreras</b>	3'' x 6'' ó 7''
<b>Pares</b>	3'' a 4'' x 7'' a 8''
<b>Tirantes</b>	6'' x 8''
<b>Durmientes</b>	10'' a 12'' x 12''

Fuente: TELLEZ, G. MOURE, E, 1982

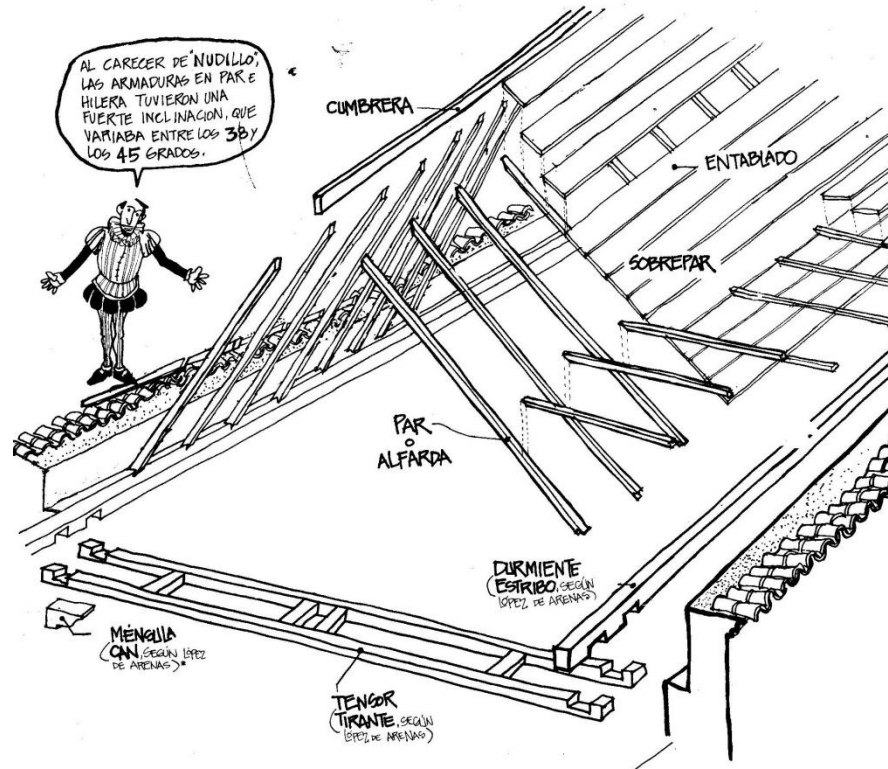
### 3.10.1 Estructura Par e Hilera

Este tipo de cubierta consta de una viga cumbrera, cuya función es servir de amarre para las vigas “pares” que soportan el entablado y a su vez el tejado. Estos pares se apoyan en otras vigas llamadas “durmientes”, los cuales a lo largo de su longitud descansan sobre los muros de la habitación. Para contrarrestar los efectos de flexión en los muros producidos por las cargas verticales transmitidas a través de los pares, se añadieron “tensores” o “tirantes” que conformaban la base del triángulo, anulando así las fuerzas diagonales de la cubierta que los muros no eran aptos de resistir; estos elementos, como su nombre lo indica, funcionan predominantemente a tensión. Es importante mencionar que la construcción de estas cubiertas fue meramente empírica.

El sistema par e hilera requería cubiertas de mayor altura y por ende, de mayor inclinación, para aliviar las cargas horizontales en los durmientes, inclinaciones que variaban entre los 38° y 45°. Finalmente, para ocultar a la vista los durmientes, se construían en el remate de los muros unos ladrillos frente a la viga y luego se pañetaban.



Figura 0-6. Estructura típica de cubierta "Par e Hilera".



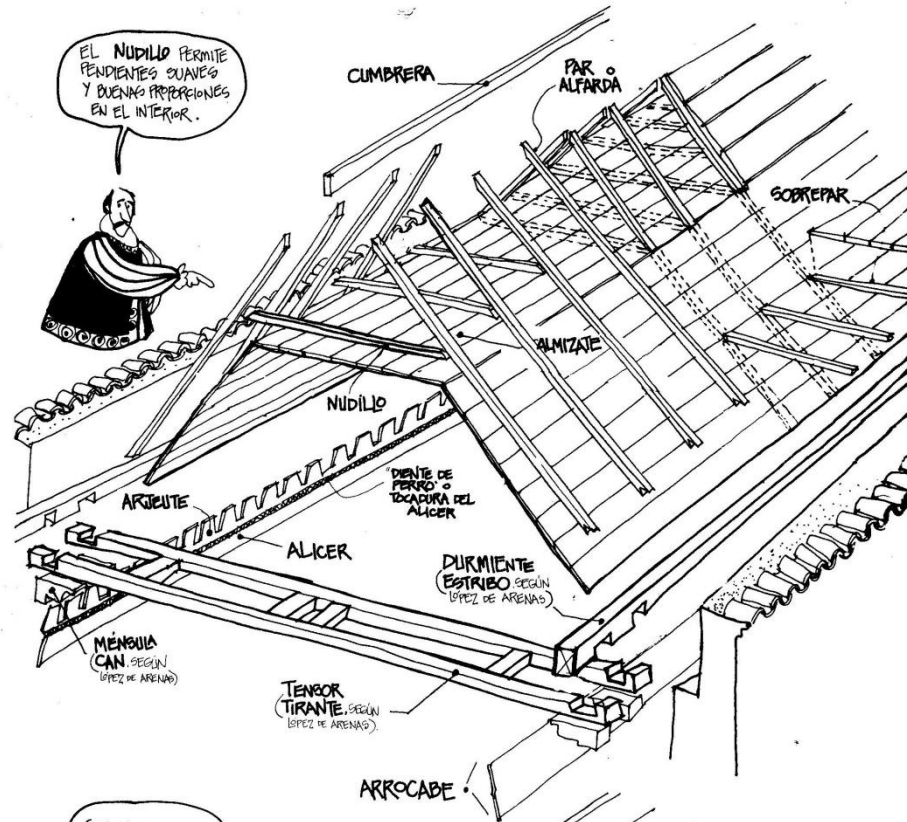
Fuente: Javier Covo Torres, 1988.

### 3.10.2 Estructura Par y Nudillo

El sistema “par y nudillo” difiere del anterior en que éste incluye un travesaño horizontal o nudillo entre los pares, con el que se obtiene una rigidez adicional en el vértice de la estructura, y que generalmente era ubicado en el tercio medio del triángulo formado por los pares y los tensores. Sirvió para cubiertas con mayores luces, de menor altura y mayor peso muerto, viéndose ampliamente usado en templos y conventos, y por su buena capacidad de ser decorados, también se incluyó en salas de viviendas altas. El uso del nudillo permitió inclinaciones de cubierta de entre 25 y 35 grados, además de la inclusión de un entablado a la altura del travesaño, llamado “almizate”, como parte estética de la estructura, conformando las llamadas “cubiertas artesonadas”, por su similitud con las artesas.



Figura 0-7. Estructura típica de cubierta "Par y Nudillo".



Fuente: Javier Covo Torres, 1988.

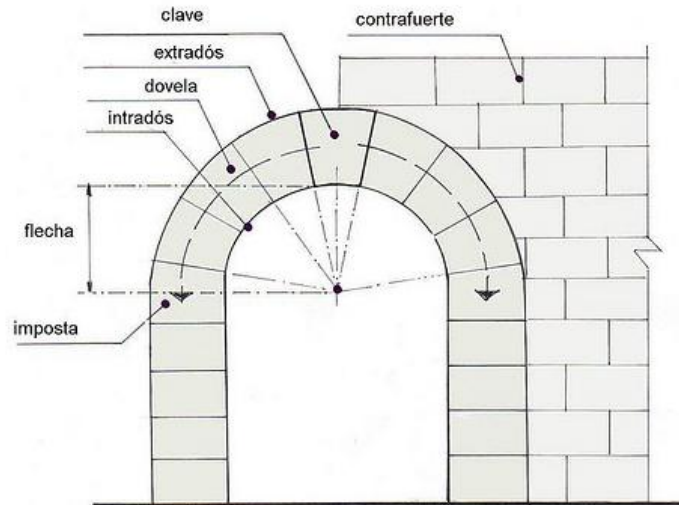
### 3.11 ARCADAS

Fueron elementos abundantemente construidos desde la antigüedad por tradición de la cultura romana, muy comunes en la edificación colonial en Cartagena. La geometría del arco romano hace posible la distribución de las cargas uniformes a lo largo de él, y permite transmitir las hacia los estribos o apoyos, formando compresiones entre las dovelas que lo componen. Los inconvenientes generados por implementar este tipo de estructuras era el de adicionar contrafuertes en los laterales, ya que el arco como tal, a pesar de inducir compresiones entre sus dovelas por cargas vivas y muertas, transmitía empujes laterales en los apoyos, distinto a los dinteles, donde el travesaño trabajaba a flexión y solo transmitía



cargas verticales en los apoyos. Es por esto último que la mayoría de vanos en la ciudad fueron hechos con arcos y no con dinteles, por la libertad de crear mayores luces en los inmuebles.

Figura 0-8. Partes integrales de un arco.



Fuente: Arquigrafico. Architecture, Engineering, Construction, 2012.

### 3.12 EDIFICACIONES RELIGIOSAS COLONIALES

La tipología de esta arquitectura colonial dentro del carácter religioso en Cartagena de Indias responde más a las necesidades y patrones de uso, que a los estilos imperiales en la época en que fueron edificados. Estas edificaciones presentan por lo general una mayor influencia de los movimientos artísticos imperantes en Europa o España en los siglos XVI al XVIII<sup>31</sup>. De acuerdo a la jerarquía eclesiástica, las edificaciones religiosas pueden clasificarse, en su orden descendente, como sigue:

- Catedrales con palacio episcopal o arzobispal.

<sup>31</sup> DEL RIO, G. FLORES, C. El Santo de Mogro en la Ciudad de Piedra. Institución Tecnológica Colegio Mayor de Bolívar. Pág. 8.



- Iglesias parroquiales con baptisterio y casa cural.
- Capillas.
- Ermitas y oratorios.
- Colegiatas.

### 3.13 EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO EN EDIFICACIONES

Es el conjunto de pasos a seguir para una correcta elaboración de estrategias de reparación de una estructura afectada por patologías que comprometan su resistencia, estabilidad y durabilidad en el tiempo. Queda claro que la evaluación y diagnóstico patológico de una estructura es una tarea compleja que requiere destrezas y conocimientos sobre los materiales y el comportamiento estructural. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y más cuando se trata de una combinación de circunstancias<sup>32</sup>.

#### 3.13.1 Inspección preliminar

Se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general y evaluar el tipo de problemas que la afectan<sup>33</sup>. Tiene como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentra la edificación. En la inspección preliminar se reporta la apariencia general de los daños, áreas afectadas, tipos de grieta visibles, situación de los puntos más importantes del elemento o la estructura<sup>34</sup>.

---

<sup>32</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>33</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>34</sup> PANOZCO, Mario A. Patología de las estructuras. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de marzo 2012]. Disponible en: <<http://www.slideshare.net/angelcaido646x/patologia-de-las-estructuras>>



### **3.13.2 Inspección visual detallada**

Es una evaluación minuciosa de la estructura, esta se realiza después de haber ubicado las zonas afectadas por fallas y deterioros estructurales. En esta se lleva a cabo la caracterización de las patologías a través de distintos ensayos.

Con la inspección visual detallada se obtendrá un levantamiento grafico de las patologías en la edificación. El propósito de realizar un detallado inventario de los daños mediante un levantamiento grafico, es determinar el grado de compromiso de la estructura por tales efectos, además permite la cuantificación de la rehabilitación<sup>35</sup>. La realización de este levantamiento grafico se hace después de la elaboración de planos de la estructura a escala. Con los planos se realiza un detallado levantamiento de daños transcribiendo en ellos todas las afectaciones que presente la edificación. Se deben efectuar las anotaciones lo más precisas posibles indicando el área afectada, la longitud que cubre el daño, tamaño de las fisuras, características principales, zonas de humedades y manifestaciones externas de daño.<sup>36</sup>

### **3.14 IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN PATOLÓGICA PARA LA RESTAURACIÓN DE EDIFICACIONES ANTIGUAS.**

La restauración de una construcción antigua en mampostería estructural, requiere un avanzado conocimiento y comprensión de los procesos históricos que han acompañado a la estructura. Mientras que el comportamiento estructural de una construcción moderna es relativamente fácil de determinar, debido a la existencia de códigos de estandarización del diseño y construcción, y del conocimiento preciso de los materiales, la predicción de la

---

<sup>35</sup> MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.

<sup>36</sup> PANOZCO, Mario A. Patología de las estructuras. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de marzo 2012]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/angelcaido646x/patologia-de-las-estructuras>





respuesta estructural de un monumento histórico es todavía un verdadero reto. De hecho, las construcciones antiguas no pueden ser fácilmente reducidas a los sistemas estructurales estándares, esto se debe, precisamente, a la incertidumbre de su comportamiento como también a propiedades de los materiales. Por tal razón, el mantenimiento de los edificios antiguos ha atraído el interés de multitud de investigadores a lo largo del mundo en las últimas décadas. Hoy en día, muchos enfoques teóricos y computacionales están disponibles en la literatura científica correspondiente.<sup>37</sup>

En los últimos años, ha habido un crecimiento en la literatura científica en lo referente a las herramientas numéricas, y a casos de estudio sobre análisis de la respuesta estructural de edificaciones antiguas, mostrando así la importancia que está ganando la temática entre los académicos del área.

Betti y Vignoli<sup>38</sup> por ejemplo, en su estudio de la estructura de la basílica Farneta Abbey localizada en Cortona, Italia, afirman que identificar y caracterizar las fallas de una estructura juega un papel fundamental al momento de hacer un análisis completo de su comportamiento estructural. En este estudio se usa la metodología de los elementos finitos para el análisis de la estructura de la basílica. Para la modelación se usó el software estructural ANSYS v. 5.5.2.

---

<sup>37</sup> BETTI, Michele; BARTOLI, Gianni; ORLANDO, Maurizio. Evaluation study on structural fault of a Renaissance Italian palace. EN: Engineering Structures. Agosto, 2008. Vol. 30, Issue 8, p. 2114-2126.

<sup>38</sup> BETTI, Michele; VIGNOLI, Andrea. Assessment of seismic resistance of a basilica-type church under earthquake loading: Modelling and analysis EN: Advances in Engineering Software. Febrero 2007. Vol. 39, p. 258-283.



Apostopoulos y Sotiropoulos discuten sobre el caso del templo Virgin Mary of the strangers localizada en Lefkada, Grecia.<sup>39</sup> En dicho estudio los autores utilizaron el software para modelación en ingeniería ANSYS v.5.5.2 para hacer el modelo tridimensional de elementos finitos. Afirman que la importancia del caso se debe a que esta estructura ha estado sometida a varios sismos de importancia considerable en su historia. Enfatizan sobre la importancia de estudios que identifiquen y caractericen las fallas de las estructuras, además del efecto de la humedad en las estructuras antiguas y la respuesta de éstas ante los sismos.

En Colombia, también se han adelantado estudios al patrimonio histórico de la nación, entrando en esta categoría los edificios del patrimonio arquidiocesal. Podemos mencionar el caso de la iglesia mayor de Villa de Leyva, en donde se hicieron estudios a los morteros, pañetes y maderas de la misma<sup>40</sup>. En este estudio, el autor concluye que cualquier programa de conservación de un monumento debe incluir la caracterización de sus materiales constitutivos, sus productos de alteración, la determinación precisa de las causas de esos deterioros, para así poder dar respuestas científicas para su intervención.

El estudio que se le hizo a la iglesia mayor de Villa de Leyva, se centra en caracterizar los materiales constitutivos de la misma y en determinar las causas de su deterioro. No se hace una evaluación patológica completa al monumento que permita determinar el estado actual de la estructura.

---

<sup>39</sup> APOSTOPOULOS, Charis. SOTIROPOULOS, Panagiotis. Venetian churches of Lefkada, Greece Construction documentation and seismic behaviour “Virgin Mary of the Strangers” EN: Construction and Building Materials. Enero 2007. Vol. 22, p. 434-443.

<sup>40</sup> USECHE, L. A. Estudio de morteros, pañetes y maderas de la Iglesia Mayor de Villa de Leyva, Instituto Nacional de Vías, INVÍAS, Villa de Leyva, julio de 1996.



En la ciudad se ha empezado a reconocer la importancia de la recuperación de los monumentos arquidiocesales, por lo que se han iniciado intervenciones a los diferentes monumentos que lo componen. Aunque estas intervenciones se centran más en la parte arquitectónica que en la estructura de los monumentos, es de vital importancia para el patrimonio de la ciudad que se esté llevando a cabo la conservación de dichos monumentos.

Podemos mencionar la investigación hecha por Castillo<sup>41</sup>, en la cual se hace un estudio químico – biológico a los materiales de construcción de la Catedral “Santa Catalina de Alejandría” de Cartagena de Indias, en éste se determinan los principales agentes deteriorantes de los materiales. El autor concluye que la Catedral como cualquier monumento con elementos silíceos expuestos a los diferentes factores del medio, se encuentra con claros síntomas de deterioro. Entre estos se encuentran la contaminación invasiva por crecimiento descontrolado de algas verdes unicelulares, debido a una condensación excesiva de humedad en el interior de la iglesia. También se observa la presencia de costras negras producto de agentes químicos, físicos y biológicos de deterioro los cuales contribuyen en gran medida a una lenta pero inexorable y progresiva pérdida de minerales, de cementantes y en general de la estabilidad mecánica de materiales.

Con base en la propuesta dada por este estudio se llevó a cabo la rehabilitación de los materiales estudiados en la Catedral. Además sirvió de base para la propuesta de rehabilitación del retablo mayor de la Catedral, pues en este se evidenciaron problemas similares a los analizados en el estudio mencionado.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> CASTILLO, José E. Estudio químico – biológico de los principales agentes deteriorantes de algunos de los materiales antiguos de construcción. Arquidiócesis de Cartagena, Agosto de 1999.

<sup>42</sup> VARGAS, Gabriela. OSTA, Salim. Diagnostico, propuesta técnica y económica para la rehabilitación del retablo mayor de la Catedral de Cartagena de Indias. Arquidiócesis de Cartagena, Agosto de 1999.



Al analizar los estudios hechos en Colombia podemos concluir que, comparandolos con la literatura a nivel mundial, son incompletos. No hacen una investigación exhaustiva a los procesos de restauración y/o rehabilitación a los cuales la estructura ha estado sometida a lo largo de su historia. Además le dan poca relevancia a la caracterización de las patologías, centrándose solamente en buscar las causas y dar recomendaciones para solucionarlas.

### **3.15 EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CARTAGENA DE INDIAS.**

La evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo se basó en todas las teorías y conceptos expuestos anteriormente. Los investigadores hicieron uso de los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación profesional y el adquirido en el desarrollo del presente estudio

Este estudio verificó lo consignado en la literatura consultada. Se pudo ver, a lo largo de todo el trabajo y como se plantea en la literatura, los graves efectos que puede producir cuando una lesión no es detectada a tiempo. También se verificó que el agua, sea cual sea su procedencia, es un catalizador de problemas en cualquier estructura, sin importar en que material se está construida. Estos son algunos ejemplos, que se pueden corroborar a lo largo de este documento, de cómo se verifica a través de este estudio la literatura existente en la temática tratada.



## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación y el diagnóstico patológico para identificar, localizar y caracterizar las patologías que presente la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, a través de la inspección visual detallada de su estructura, con el fin de proponer medidas y recomendaciones para su rehabilitación estructural.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y localizar las patologías que presenta la estructura de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Valorar cualitativamente el estado actual de los materiales de construcción utilizados en la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Realizar la cualificación y clasificación del daño en la estructura de la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias.
- Hacer el levantamiento gráfico de las patologías encontradas en la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo.
- Proponer medidas de mitigación en los casos que el daño estructural encontrado en el templo lo amerite.



## 5. ALCANCE.

### 5.1 LIMITACIÓN ESPACIAL.

La ciudad de Cartagena, capital del departamento de Bolívar, se encuentra ubicada en la región Caribe de Colombia, en las coordenadas 10° 25' 30" Latitud Norte y 15° 32' 25" Longitud Oeste. (Ver imagen 1).<sup>43</sup>

Figura 5-1. Ubicación geográfica de la ciudad de Cartagena de Indias.



Fuente: Google Imágenes, 2012.

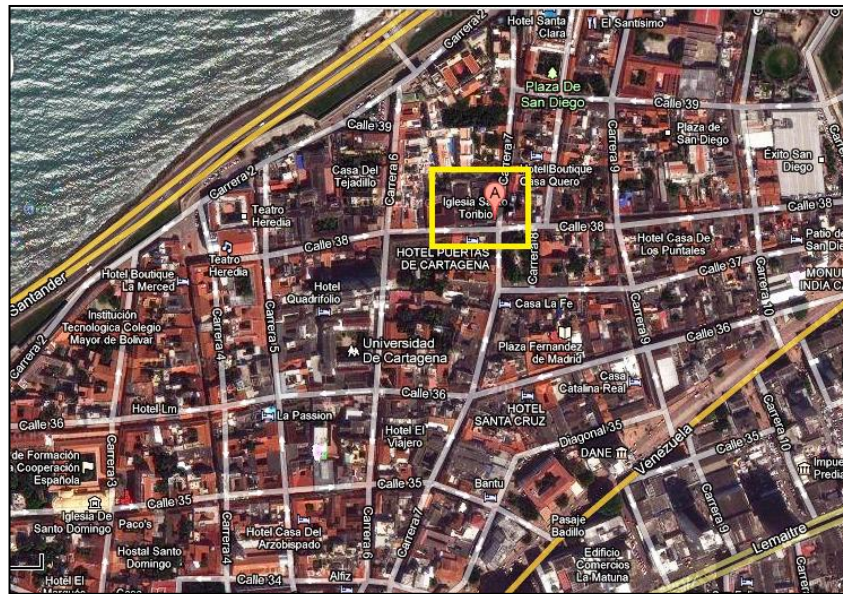
<sup>43</sup> Wikipedia.com. Enciclopedia libre. Cartagena de Indias, Colombia. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de Feb. 2012]. Disponible en:

<[http://](http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena_de_Indias) [http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena\\_de\\_Indias](http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena_de_Indias)



Este trabajo investigativo tuvo como objeto la iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo, templo localizado en una de las esquinas de la Plaza Fernández de Madrid, en el antiguo barrio San Diego de la Ciudad de Cartagena, entre la calle Curato y la Calle del Sargento Mayor.<sup>44</sup>

Figura 5-2. Ubicación Iglesia de Santo Toribio de Mogrovejo en el barrio San Diego.



Fuente: Google Maps, 2012.

## 5.2 LIMITACIÓN TEMPORAL

El proyecto se llevó a cabo durante el segundo semestre del año 2012 y se finalizó a mediados del mes de septiembre del mismo año, la duración del estudio difiere con la planteada en la propuesta presentada debido a que se hizo una reestructuración de las horas de trabajo, lo que permitió reducir el tiempo del estudio.

<sup>44</sup> Cartagena de Indias, ediciones DMC. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de Feb. 2012].

Disponible en: <<http://www.cartagena-indias.com/Lugares/iglesia-santotoribio.html>>



### 5.3 ALCANCE DEL PROYECTO

La evaluación y diagnóstico patológico de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias se limitó a una inspección visual detallada de toda la estructura reportando la apariencia general de las patologías, identificando las áreas afectadas y evaluando su nivel de daño.

El estudio contempló el trabajo investigativo sobre los antecedentes constructivos del templo, cuya información histórica era escasa. Hay que aclarar que el estudio planteado solo se llevó a cabo en el templo, sin incluir la casa cural. Se incluyó la estructura del entresuelo de la iglesia y la espadaña.

El estudio se limitó a un trabajo descriptivo que determinó la ubicación y caracterización de las patologías estructurales y de esta manera permitió proponer medidas de mitigación a los problemas que se encontraron en el monumento. Esta investigación contempló la caracterización de los materiales a través de ensayos no destructivos, pues debido a lo amplio y costoso de una caracterización completa a través de ensayos destructivos, se hacía inviable para el tiempo en que se debía desarrollar el estudio e inasequible por los costos que se podían solventar, Se hizo uso de la observación y pruebas no invasivas para establecer los resultados obtenidos. Además por ser un monumento histórico los permisos para intervenirlo eran difíciles de obtener. Debido a lo anterior no se contempló en el estudio la modelación de la estructura que permitiría evaluar su comportamiento y vulnerabilidad ante movimientos telúricos y presiones de viento. Las medidas de mitigación de daño se hicieron en los casos que se consideró apropiado, es decir, cuando la vida de las personas, que frecuentan el templo, podría estar en riesgo o cuando la integridad estructural de la iglesia se encontró comprometida. Esta investigación no contempló el diseño de dichas medidas y recomendaciones, todas fueron hechas a través de una revisión bibliográfica de la literatura ya existente y atendiendo las recomendaciones hechas por expertos en el área.





## 6. METODOLOGÍA

El presente trabajo de grado estuvo enmarcado dentro del tipo de investigación mixta. Su objeto de estudio fue la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo localizada en una de las esquinas de la Plaza Fernández de Madrid, en el antiguo barrio San Diego de la Ciudad de Cartagena, entre la calle del Curato y la Calle del Sargento Mayor.<sup>45</sup> El estudio se llevó a cabo entre los meses de junio y septiembre del año 2012 como trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil de la Universidad de Cartagena. La primera parte del estudio fue descriptiva y su propósito fue identificar, localizar y caracterizar las patologías estructurales que se encontraron en la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, con el fin de iniciar su proceso de restauración desde el punto de vista ingenieril. Para llevar esto a cabo, se hizo el levantamiento arquitectónico de la iglesia, se identificaron las patologías estructurales mediante una inspección preliminar y detallada del inmueble, incluyendo registros fotográficos e identificación de lesiones, se trazaron sobre los diferentes planos del templo y se caracterizaron para poder así determinar el estado de daño actual en la iglesia.

La segunda parte del estudio fue una revisión bibliográfica, con el fin de proponer medidas de mitigación de daños y proponer recomendaciones para la rehabilitación de la estructura y el inmueble en general. Esto se hizo a partir de los resultados obtenidos en la primera parte del estudio y de las recomendaciones que se encontraron en la literatura para cada problema estructural encontrado. Estas medidas de mitigación y recomendaciones se hicieron en los casos que el daño estructural lo ameritó, es decir, en los casos que la vida de las personas que frecuentan y utilizan el templo se consideró podría estar en riesgo o la integridad estructural del mismo se encontrara comprometida.

---

<sup>45</sup> Cartagena de Indias, ediciones DMC. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de Feb. 2012]. Disponible en: <<http://www.cartagena-indias.com/Lugares/iglesia-santotoribio.html>>



El diseño de este estudio fue de tipo no experimental; se hizo uso de la observación detallada y de pruebas no invasivas para cumplir el objetivo trazado. En la descripción detallada del procedimiento, que se encuentra a continuación, se evidencia lo anteriormente mencionado.

La metodología de trabajo que se estableció en este trabajo de grado para alcanzar los objetivos propuestos previamente se dividió en las siguientes etapas:

- 1. Investigación histórica del monumento:** En esta primera etapa se llevó a cabo la investigación histórica de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, la cual, como se había planteado anteriormente, era escasa. Esto nos permitió conocer de una mejor manera la estructura de la iglesia a través del entendimiento de su evolución y transformación en el tiempo.

La investigación se inició con entrevistas a los distintos sacerdotes que han estado a cargo del monumento, con los que se pudo establecer contacto. Resultado de estas entrevistas se encontró un artículo de el periódico El Universal de Cartagena del día 13 de febrero del 2000 en donde se halló un registro histórico de la iglesia hecho por el Dr. Samudio, restaurador de fama a nivel local. También consultamos las bibliotecas de diferentes universidades de la ciudad que podrían poseer algún tipo de información. Entre estas, la universidad Jorge Tadeo Lozano, en donde también se encontró referencia del artículo anteriormente mencionado. En el colegio Mayor de Bolívar pudimos acceder a un trabajo de grado, que tuvo como objeto de estudio la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo, de él se obtuvieron algunos datos faltantes de la historia. Al hacer contacto con el archivo de Indias se encontró con que esta entidad no poseía registro digitalizado de la iglesia salvo documentos religiosos y no afines a los propósitos del presente informe.



**2. Levantamiento arquitectónico del monumento:** La siguiente etapa fue la elaboración de los planos de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias. El monumento no poseía planos de ningún tipo en sus archivos, los únicos planos registrados se encontraban en la biblioteca Luis Ángel Arango de Bogotá pero fue imposible tener acceso a ellos por estar catalogado como un archivo de la sección de manuscritos y libros raros. Por tal razón se hizo un levantamiento de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo.

El levantamiento se llevó a cabo por los investigadores, un auxiliar de ingeniería y un arquitecto asesor. Se utilizaron cintas métricas, distanciometros, jalones y teodolito. Pero estos planos no fueron los utilizados finalmente en este trabajo, pues como resultado del proceso de investigación histórica de la iglesia se encontró un registro de unos planos arquitectónicos mucho más completos que los elaborados en el marco de este trabajo de grado, y gracias al consejo arquidiocesal de la ciudad se pudo acceder a ellos y utilizarlos en este trabajo de grado. Cabe aclarar que los planos fueron actualizados con los datos obtenidos del levantamiento realizado por los investigadores y editados de tal manera que sirvieran para el uso que se le darían en esta investigación.

**3. Recolección de datos:** En esta etapa se recolectó la información necesaria sobre la estructura de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias para hacer su evaluación y diagnóstico patológico. Se midieron variables como humedad, temperatura, ancho de fisuras, longitud de fisuras, verticalidad de muros, ahuellamientos en pisos, etc. Mediante el uso de la observación minuciosa, un registro fotográfico detallado, y de pruebas no destructivas se procedió a realizar la evaluación patológica de la parroquia.

La humedad relativa y la temperatura del monumento se midieron sin el sistema de aires acondicionados funcionando y de igual manera se realizaron las pertinentes mediciones cuando el sistema se encontraba en funcionamiento, estableciéndose así la



incidencia que tiene el sistema en el microclima de la estructura. La medición de estas variables se hizo con los equipos permitentes para esta labor. Estos aparatos fueron suministrados por la arquitecta Lidis Peroza, quien prestó asesoría para la realización de la evaluación en elementos arquitectónicos. Las lecturas de temperatura y humedad se hicieron a lo largo de toda la investigación, durante los días que el templo hacía uso del sistema de aires acondicionados, que durante el curso de esta investigación fueron casi todos los viernes y todos los sábados. Dichas mediciones se hicieron en diferentes puntos de la estructura para vislumbrar mejor el efecto del sistema de aire acondicionado en el microclima de la iglesia. Los puntos fueron constantes a lo largo de la investigación y fueron distribuidos en 3 zonas, encima del entrepiso, debajo del mismo y en el altar.

La verticalidad de muros se realizó de forma tradicional, mediante el uso de plomada y cinta métrica. De forma similar, para el cálculo de los ahuellamientos en pisos y deflexiones de vigas de entrepiso, se trazaron cordones de nylon totalmente horizontales y se realizaron mediciones verticales.

La recolección de la información para la evaluación y diagnóstico patológico de la estructura se hizo bajo las recomendaciones hechas por ASOCRETO en el seminario “Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto”, como se plantea en dicho seminario, el primer paso para la recolección de información fue una inspección preliminar, esta tuvo como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encontraba la edificación. Se hizo un recorrido por todo el inmueble y mediante una fundamentada observación logramos identificar los focos claves para el desarrollo de la investigación. Este recorrido se hizo en compañía del ingeniero Walberto Rivera, asesor de la investigación. Como resultado de esta inspección identificamos las zonas con mayores problemas, que en orden de importancia para el estudio, por lo menos en este momento, fueron: La estructura de la espadaña, la cubierta, el entrepiso y por último la



nave principal, en esta incluimos muros interiores, muros de fachada, pisos, accesos, puertas y ventanas.

En esta inspección se hicieron 54 fotografías generales de la edificación, distribuidas en todas sus zonas, para así dejar registro de los sistemas constructivos encontrados en el templo y para servir de base para la planificación de las fases posteriores de este trabajo. El equipo utilizado para esta labor fue una cámara Sony DSC W 300 con 13.6 MP super HAD y lente Carl Zeiss con zoom óptico 3x, lo que garantiza unas fotos de excelente calidad, optima para el estudio realizado.

Luego, una vez identificada y jerarquizadas las zonas claves para el estudio, se procedió con la inspección visual detallada. En esta fase se hizo una evaluación minuciosa de la estructura. Se caracterizaron las patologías a través de la observación y pruebas no destructivas tales como medición con fisurómetros para los casos de fisuras y fracturas, uso de plomada para chequear verticalidad en los muros, tacto, golpes y pequeñas perforaciones con puntillas para el caso de los elementos de madera. Todas estas pruebas fueron hechas siguiendo los lineamientos sugeridos en la literatura y a las recomendaciones y pautas dadas por el director de la investigación, ingeniero Walberto Rivera Martinez.

De igual manera, en esta fase se hizo un registro fotográfico, aunque mucho mas detallado que el anterior, para dejar evidencia del trabajo realizado y memoria del estado en que se encontró la parroquia en el momento del estudio. Las fotografías fueron tomadas con una cámara Sony DSC W 300 con 13.6 MP super HAD y lente Carl Zeiss con zoom óptico 3x y dos cámaras auxiliares de dispositivos móviles de excelente calidad, un iphone 4s con cámara de 8 MP y un Samsung Galaxy SII con cámara de 8 MP. Para el estudio de los elementos que se encontraban a una altura mayor a 2 m se hizo uso de andamios de seguridad y demás equipos pertinentes para el trabajo altura. Esto permitió observar con mayor precisión los elementos de cubierta, entepiso, muros,



y demás. En esta fase se tomaron 929 fotos distribuidas como se encuentra a continuación:

- Pisos (Nave principal, altar y entrepiso o coro). Se tomaron en total 170 fotos.
- Espadaña, que incluye un total de 102 fotos.
- Entrepiso o coro, con 196 fotos.
- Cubierta inclinada (tejas y maderas, contando el artesonado y el almizate), son 402 fotos.
- Muros y arcadas, son 59 fotos.

La información recolectada fue organizada en una base de datos que consta con: 1- Nombre de la foto, 2- Código de la foto, 3- Ubicación y 4- Observaciones respecto a las patologías apreciadas en cada foto. Los elementos clasificados como críticos (vistos a lo largo de la inspección detallada), fueron en su totalidad cubiertos en las fotografías, así como probados según las circunstancias de cada caso.

Con los resultados obtenidos de la inspección visual detallada se hizo un levantamiento gráfico de las patologías halladas en el monumento. Este levantamiento tuvo como propósito realizar un detallado inventario de los daños en la estructura, para que de esta manera se pudiera determinar el grado de afectación de la misma. La elaboración de este levantamiento se hizo posterior a la edición de los planos conseguidos como parte de la investigación histórica. En estos planos se encuentran detalladas todas las patologías halladas en el estudio, los cuales tienen indicaciones precisas sobre el nivel de daño, características físicas, tipo de patología, etc.

Además, como parte de la inspección visual detallada, se realizó un recuento fotográfico de las patologías encontradas en la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo, catalogados como Fichas Técnicas que soportan la validez del presente informe, anexados a un recuento literario que relata el estado actual del inmueble bajo estudio.



Estas fichas incluyen la explicación del contenido de la foto, su ubicación en la iglesia y un grupo de observaciones específicas de cada tipo de lesión encontrada según el elemento y el material que lo conforma

- 4. Análisis de información, resultados y conclusiones:** El análisis de la información obtenida se realizó con el apoyo del director de la investigación y de asesores externos. El análisis de las variables se llevó a cabo según las recomendaciones expuestas por ASOCRETO, en lo concerniente a evaluación y diagnóstico patológico de estructuras, y a las consideraciones planteadas en las normas técnicas colombianas y en la bibliografía consultada para la investigación. De igual forma, las variables de humedad y temperatura, medidas para determinar el efecto del sistema de aires acondicionados en el microclima de la estructura, se analizaron bajo las consideraciones de la norma técnica colombiana NTC 5551. A partir de la información obtenida en la inspección visual detallada, se clasificó el nivel de daño estructural en el monumento según las consideraciones planteadas en la literatura, tomando como base las fotografías recolectadas en el paso anterior, así como la realización de planos patológicos, donde se plasmaron todas las lesiones apreciadas durante el estudio. Una vez finalizados, se apreciaron los patrones de patología y la tendencia de afectaciones por zonas, teniendo en cuenta agentes puntuales, como aires acondicionados, ventanas o goteras, y patrones generales, haciendo referencia al macroclima. Cabe mencionar que este proceso incluyó la realización de diagramas de barra de la cantidad de elementos “enfermos” según tipo de patología, resumiendo de esta manera las cantidades de elementos a intervenir.

Finalmente, se elaboraron estrategias de mitigación y de solución definitiva según el tipo y grado de afectación de los elementos que conforman la parroquia; se obtuvo información de la bibliografía citada, así como también de parte del director de proyecto de grado y de la asesoría externa con la que se contó para llevar a cabo este proyecto.



## 7. RESULTADOS

La iglesia Santo Toribio de Mogrovejo es una edificación que data del siglo XVIII, fue la última iglesia en levantarse durante la época colonial. La construcción de esta iglesia se inició en 1666, bajo el nombre de Santo Tomás de Villanueva. Sin embargo quedó paralizada en la fase de los cimientos, hasta que don Gregorio de Molledo y Clarke, en el año de 1730, descubrió los vestigios de la misma, y considerando la necesidad del templo, reanudó la obra sobre parte de los viejos basamentos. La construcción del templo culminó en el año de 1732 y su consagración a Santo Toribio de Mogrovejo fue el 7 de octubre de 1736.

Este estudio realizó una evaluación y un diagnóstico patológico de la estructura de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo. Inicialmente se realizó una inspección preliminar del templo para identificar y dividir las zonas en las que se realizó la evaluación patológica detallada. Como se planteó en la metodología de este trabajo, se clasificó cada tipo de sistema constructivo de los elementos de la iglesia, bien sean muros, cubierta, pisos, etc. En cada zona, identificadas durante la inspección preliminar, se hizo un registro fotográfico detallado de las patologías encontradas, se hicieron pruebas y mediciones para determinar características de las patologías y se hizo un reporte detallado de la observación.

La presentación de los resultados del estudio está dividida en 4 partes. La primera es una descripción de los elementos e instalaciones (aire acondicionado) de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo, la segunda es la evaluación patológica del templo, aquí se muestra toda la información, organizada, recolectada durante la investigación. La tercera parte comprende el análisis de los resultados arrojados por el estudio. La cuarta y última parte contempla las medidas de mitigación y recomendaciones hechas para cada uno de los problemas encontrados en la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo. A continuación se amplía lo expuesto anteriormente.





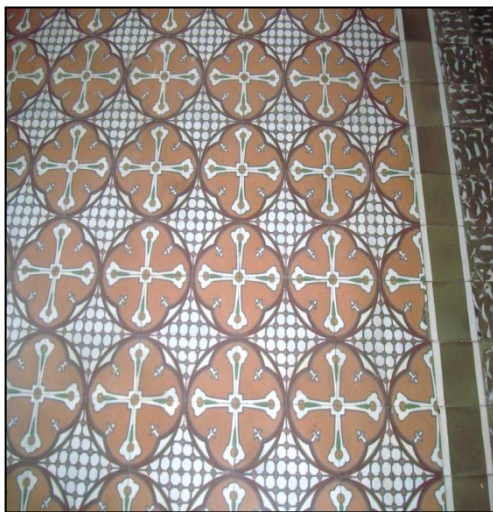
## 7.1 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS E INSTALACIONES DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

### 7.1.1 Pisos

Se encuentran diversos tipos de cerámica en los pisos del templo, por ejemplo, en la nave principal se encuentra una cerámica que, por su tipología, se presume es republicana. Aunque no existe una fuente segura que corrobore lo anterior al ser iguales a los encontrados en la capilla auxiliar, construida en la época republicana, nos da la certeza para afirmar, por lo menos, que no son originales. En general, se han agrupado los pisos en tres grandes grupos, como siguen:

1. Pisos de nave principal. Cubren un área de 208.74m<sup>2</sup>, incluyendo pasillo central, laterales izquierdo y derecho y vanos en arcadas de muros laterales izquierdos. De distintos colores y ornamentación, son predominantemente de color naranja con adornos blancos y rojos en los laterales, mientras que el pasillo principal de la parroquia es color verde con betas blancas. Dimensiones: 20x20cm.

Figura 7-1. Pisos nave principal. Izquierda, mosaico ubicado en los laterales de la nave principal. Derecha, mosaico del pasillo principal.



Fuente: Propia



2. Pisos de coro o entrepiso. Cuenta con un área total de  $41.22\text{m}^2$ . Son baldosas tradicionales de color rojo mate. Dimensiones:  $35 \times 35\text{cm}$ .

Figura 7-2. Piso del entrepiso (coro).



Fuente: Propia

3. Pisos del altar. Corresponden a  $47.63\text{m}^2$  en el atrio. Dimensiones:  $30 \times 30\text{cm}$ .

Figura 7-3. Detalle de piso del altar



Fuente: Propia



### **7.1.2 Entrepiso**

Es un espacio destinado para la ubicación de los músicos que musicalizan las eucaristías de la iglesia. Estructuralmente, está compuesto de un sistema de vigas empotradas a los muros de 14cms de base y espaciadas a 30cms, formando una planta en forma de “C”, rematadas en una viga de borde, también apoyada sobre los muros. Los tramos laterales izquierdo y derecho cuentan con luces de 1.30m y 1.40m respectivamente, mientras que el tramo central cuenta con la mayor luz, de 4.20m. Los elementos estructurales, por inspección preliminar, son de madera (existe un entablado que cubre todos los elementos estructurales, por lo que no es factible definir el verdadero material de las vigas), mientras que los pisos se mantienen en cerámica como bien se mencionó anteriormente. Se aprecian algunos reemplazos en el entablado del fondo por la abrupta interrupción de patologías en estos elementos.

#### **7.1.2.1 Escaleras de acceso a espadaña**

Son peldaños de 20x60cm, espesor de 6cm, en concreto reforzado empotrados a los muros coloniales, por lo que la escalera no cuenta con pantallas de apoyo ni mucho menos un sistema de vigas y columnas. Cuenta con un descanso apoyado sobre el muro – fachada principal.

### **7.1.3 Muros**

Se aprecia tipología en piedra y argamasa de cal los primeros dos metros sobre el nivel de piso y sobre éste, un sistema de mampostería con ladrillo cocido o “tolete”. No se pudo corroborar si este sistema constituye todo el perímetro de la iglesia por el impedimento de afectar visualmente el patrimonio mientras esté en servicio, aunque sí se valieron los autores de pequeños orificios en los muros (producto de clavos y perforaciones menores) donde aún se apreciaba lo anterior. Cuentan con espesores que van de los 88 centímetros a los 1.15 metros, los cuales se elevan hasta un nivel máximo de 12.25 metros sobre el piso de la nave principal.



Figura 7-4. Tipología vista en muros, detalle detrás del retablo.



Fuente: Propia.

En forma general, los muros han sido divididos en 3 grupos:

1. Fachada, la cual cuenta con un pórtico en piedra caliza y portones de madera.
2. Muro lateral derecho, el cual cuenta con un acceso (acceso lateral a la Iglesia) y 4 ventanales, uno de ellos en el altar.
3. Muro lateral izquierdo, que cuenta con 6 arcadas y un pórtico inmediatamente al lado del acceso principal.

#### **7.1.3.1 Fachada principal**

Cuenta con un espesor promedio de 1.10m, y una altura total de 19.95m, la máxima que se presenta en la edificación por rematar la espadaña. Del lado interno, funciona como muro portante para los escalones que antiguamente ascendían hacia la espadaña.



### 7.1.3.2 Muros laterales

El muro lateral derecho cuenta con grandes ventanales sobre los 1.5m de altura sobre el piso de la nave principal, además de ventanas menores a la altura de la cubierta. Cuenta además con una entrada secundaria, hacia la Calle del Curato. Por otro lado, el muro izquierdo cuenta con 5 arcadas de 6.70m x 3.40m, una menor de 5.80m de alto en el atrio del inmueble y un pórtico justo al costado de la entrada principal.

### 7.1.4 Cubierta

La estructura de cubierta está conformada por un sistema par y nudillo en la nave principal hasta la arcada que conforma el almizate en el atrio, cuyos elementos son todos en su totalidad en madera. Por el aspecto físico, la época de la que data la edificación y la disponibilidad del material, se tratan de ceibas (tanto los pares como los nudillos y la hilera), de las que algunas se aprecia que fueron reemplazadas sin encontrarse registro alguno. Sobre estos, un entablado y una losa de espesor variable para así sostener las tejas de barro que rematan el tejado de la iglesia. Los elementos estructurales tienen diferentes secciones, tal como se muestran en la tabla 7-1.

Tabla 7-1. Secciones de elementos que componen la cubierta par y nudillo.

Pares	7'' x 5''
Hilera o cumbrera	4'' x 6''

Fuente: Propia

#### 7.1.4.1 Tejas

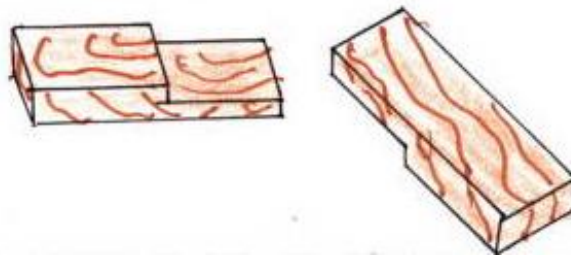
El material de las tejas es barro cocido, la típica cubierta colonial, realizados artesanalmente. Se encuentran niveladas sobre un revoque de espesor variable y que en ciertos sectores es apreciable a simple vista por fracturas en el tejado. Describe la misma pendiente de los pares (igualmente a dos aguas), y remata sobre los muros laterales con disminución de su inclinación. A pesar de que la estructura de cubierta es variable (la nave principal en artesonado y el atrio en almizate), la cubierta es totalmente homogénea, sin variaciones de niveles ni de materiales.



#### 7.1.4.2 Hilera

A través del entrepiso se encuentra acceso a la zona encofrada por el entablado de la cubierta, donde se aprecia este elemento empotrado en el muro fachada de la iglesia, y continua hasta el muro colindante del templo. Se encuentra un solo punto de empalme en el tramo de la nave principal, hecho por un perno de hierro y empalme a media madera, como se muestra en la imagen.

Figura 7-5. Detalle de empalme de hilera mediante perno de acero.



Fuente: Propia

#### 7.1.4.3 Pares

Elementos construidos a una pendiente del 78.12% y de 5.30m de longitud. Soportan un entablado, el revoque y el tejado de la iglesia. Se empalman en un extremo con los durmientes sobre los muros y en su otro extremo con la viga cumbreira o hilera. De igual forma, poseen un punto de empalme en el primer tercio medio medido de arriba abajo, dónde se cargan los nudillos. El entablado sobre los pares se encuentra desde los espejos, en la base de estos sobre los muros, hasta el empalme con los nudillos.

#### 7.1.4.4 Nudillos

Se encontraron elementos en madera con decoraciones longitudinales menores, soportados en el primer tercio de los pares. El entablado continúa desde el empalme con un par hacia el otro par, y de esta forma regresando hacia la base de éste último. De esta manera, se logra conformar el artesanado de la Iglesia.



### **7.1.5 Espadaña**

Estructura en la cima de la Iglesia donde se aloja el campanario de esta. La espadaña esta conformada en su fachada por un muro presuntamente colonial, pero la estructura de voladizo presenta materiales mucho más contemporáneos, como concreto reforzado (tanto la losa como los pies derechos, la baranda, la balaustrada y las vigas aéreas). Es rematado por una cubierta inclinada con tejas de barro similares a las que cubren la cubierta de la iglesia. Estructuralmente, posee unos canes de 40x25cm en concreto reforzado empotrados al muro de fachada, los cuales sostienen una losa en concreto de espesor 10cm. En los extremos, dos pies derechos de sección variable (delimitando el nivel de la baranda), los cuales cargan las vigas aéreas o de amarre de la cubierta. Finalmente, una balaustrada con elementos cilíndricos en concreto reforzado igualmente espaciados.

### **7.1.6 Sistema de aire acondicionado**

Se encuentra un sistema de aire acondicionado con recirculación a nivel de primer piso. La iglesia cuenta con 5 rejillas de aire acondicionado de 1.00x0.30m de dimensiones a 3.25m de altura sobre el piso, mientras que las de recirculación cuentan con 1.20x0.60m de dimensión, al nivel de piso. Al tomarse las mediciones se obtuvo que la temperatura mínima en el primer nivel, al estar encendido el sistema es de 18 ° obteniéndose en el 72% de las mediciones. La temperatura máxima en el entrepiso alcanzó los 30° al estar encendido el sistema de aire acondicionado en un 40% de las mediciones. Las humedades oscilaron en el primer nivel en el rango de 70% y 75% de humedad relativa; en el entrepiso oscilaron en el rango de 83% y 87%. No se consideran alarmantes estos resultados, debido a que, la exposición máxima a este gradiente de temperatura y humedad relativa es de máximo 4 horas y solo los viernes y sábados.

Aun así se recomienda ventilar el área de entrepiso que se encuentra sofocada puesto que la ventanearía fue tapada para, según lo consultado, optimizar el sistema de aire acondicionado. Destapando las ventanas se garantiza una mejor circulación del aire caliente que asciende al encenderse el sistema en el primer nivel



Figura 7-6. Descripción de equipos de aire acondicionado



Fuente: Propia

## 7.2 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN PATOLÓGICA DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

A continuación se presentan los datos recolectados durante toda la investigación. Para mejor análisis de los mismos se organizan de la misma forma que en el inciso anterior, es decir por elemento constructivo que se esté evaluando.

Se presentan recuentos fotográficos de las patologías, análisis estadísticos de los datos recolectados, descripción detallada de lo observado durante la evaluación patológica, etc.

### 7.2.1 Muros Laterales

Los muros en general se encuentran en buen estado. Es importante mencionar que, a pesar de no localizar patologías de gran importancia en la nave principal de la iglesia, es probable la presencia de pequeñas fisuraciones no detectadas en el estudio. Puesto que, debido al constante trabajo de pintura en el interior de la parroquia para eventos religiosos, algunas fisuras pueden haber sido tapadas por los mismos, imposibilitando detectarlas en este estudio. Lo anterior debido a que la inspección visual de los muros se hizo sin hacer calas en los mismos, con el fin de no incurrir en incumplimiento a las restricciones colocadas por la parroquia.





Es importante resaltar que se encontraron lesiones químicas menores en puntos de anclaje de ganchos, aros, entre otros elementos metálicos, lo que ha traído consigo coloraciones, erosiones químicas y desprendimientos. No se aprecian afectaciones por procesos bioquímicos. Lo anterior se aprecia en la ficha fotográfica N°1 presentada a continuación:

Cuadro 7-1. Recuento Fotográfico 01.

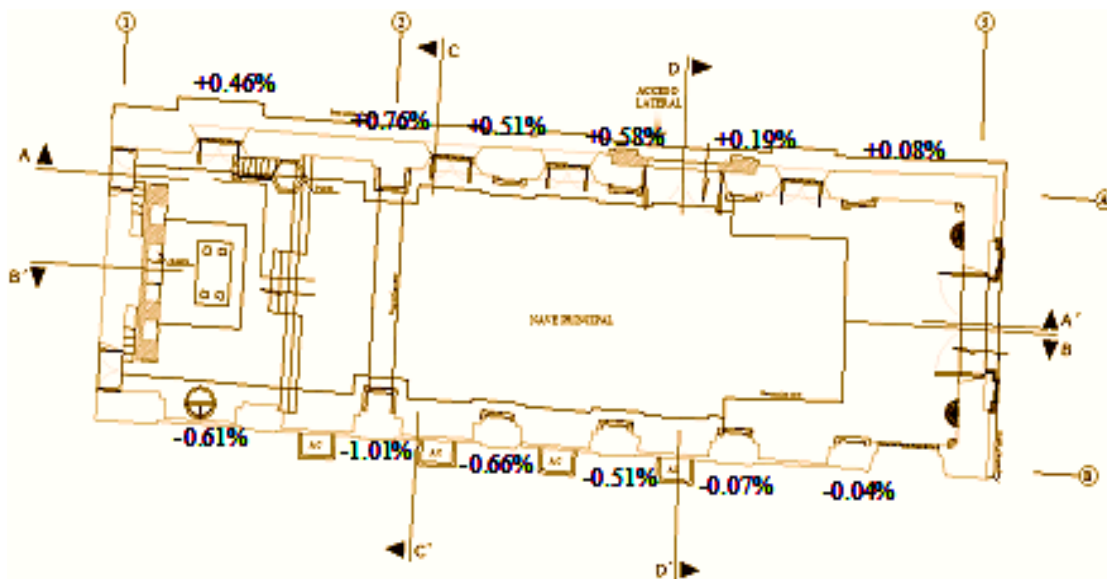
<p><b>RECuento</b> Lesiones químicas por corrosión de elementos metálicos</p> <p><b>FOTOGRAFICO No. 01</b> anclados a muros.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



En cuanto a lesiones mecánicas, se obtuvieron desplomes menores al 1%. Si bien, no existen datos sobre la cimentación y mucho menos de su estado, la verticalidad de los muros se encuentra dentro de un rango estructuralmente aceptable y solo mostrando desfases de tipo arquitectónico, a pesar de que a simple vista se observen unos muros muy bien conservados y totalmente aplomados. Es muy probable que los efectos de inclinación de estos muros se formen por cierto alabeo, a lo largo de los muros, incrementado en cada pilastra, inclusive con que sobre ellas se cargan los tensores de la cubierta. Se observó una tendencia al aumento de derivas de los muros en proximidades al arco principal de la iglesia, que conforma el almizate y delimita el artesonado de la nave principal.

Figura 7-7. Verticalidad de muros, en porcentaje. Los valores positivos indican desplomes hacia parte superior, mientras que valores negativos indican hacia parte inferior de la imagen.



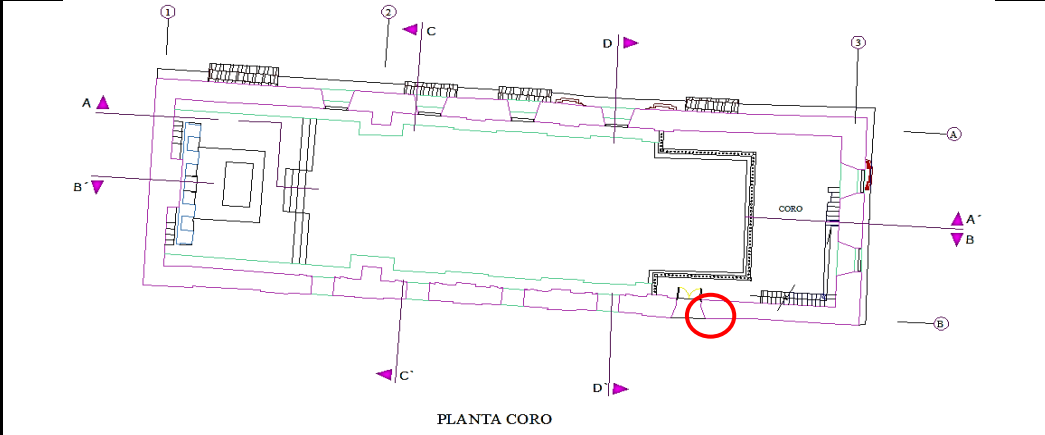


Fuente: Propia

Las lesiones físicas apreciadas se dan comúnmente por humedades en los contactos con las maderas. En las edificaciones coloniales, estos puntos de intersección presentan muy a menudo problemas por infiltraciones de agua y de agentes biológicos, por lo que se



acostumbra a aplicar emulsiones impermeabilizantes en ellos. No se encuentran afectaciones en las bases de estos provenientes de la subestructura.

Cuadro 7-2. Recuento Fotográfico 02.

 <p>PLANTA CORO</p>	
	
<b>RECUESTO FOTOGRAFICO No. 02-</b>	Lesión física por desgaste y desprendimiento a raíz de humedad en la zona.
Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva	Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias
	

Fuente: Propia



Cuadro 7-3. . Recuento Fotográfico 03.

<p style="text-align: center;">PLANTA CORO</p>		
<p><b>RECuento</b>                      Erosión física de muro por humedad del entrepiso.</p> <p><b>FOTOGRAFICO No. 03-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



**7.2.2 Fachada**

Los muros de fachada no presentan afectaciones similares a las vistas en el interior del inmueble. Se observan, sin embargo, en la base y tejadillo del portón principal de caliza coloraciones oscuras producto de la humedad del material. Se denota además que el muro funciona como hábitat de insectos y de aves.

Cuadro 7-4. Recuento Fotográfico 04.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 04-</b></p>	<p>Patologías apreciadas en el pórtico principal, se observan humedades y suciedad en el material calizo.</p>	
<p>Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva</p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico</b> <b>Patológico de la Iglesia Santo</b> <b>Toribio de Mogrovejo de</b> <b>Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Por otra parte, se encuentra una grave fisura en el vano izquierdo del muro-fachada del entre Fuente: Propia piso, la cual corre todo el espesor del muro.

Cuadro 7-5. Recuento Fotográfico 05.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO N° 5</b></p>	<p>Patologías apreciadas en el pórtico principal del recinto. En general, se observan humedades y suciedad en el material calizo que conforma esta portada.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Finalmente, por las condiciones en las que se encuentra la espadaña (lugares de difícil acceso y de alta acumulación de humedad), se observan coloraciones sobre los muros a los que se encuentra adosado el voladizo del campanario, así como formación de verdín en la intersección con las tejas de barro y el revoque.

Cuadro 7-6. Recuento Fotográfico 06.

<p><b>RECUESTO FOTOGRAFICO No. 06-</b></p>	<p>Coloraciones apreciadas en muro de espadaña, tramo adosado a campanario y voladizo.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

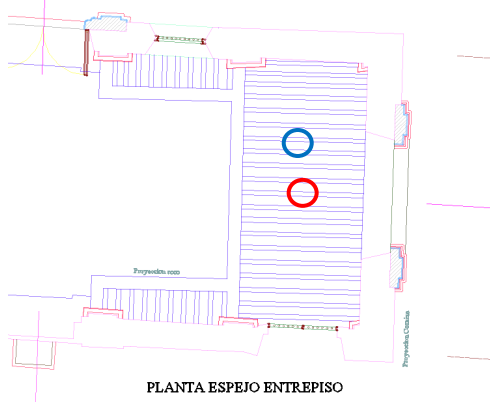


Fuente: Propia



### 7.2.3 Coro o entrepiso

Las maderas del coro presentan abundantes cambios de color por efecto de infiltraciones de aguas lluvia que proceden de la cubierta inclinada. La falta de tejado sobre los escalones del coro, además de la adición de pasantes en el piso sin ningún tipo de aislamiento ni impermeabilizante, hacen que las aguas lluvias penetren el inmueble e infiltren la madera, acentuándose por tales orificios.

Cuadro 7-7. Recuento Fotográfico 07.

 <p>PLANTA ESPEJO ENTREPISO</p>		
 		
<p><b>RECUENTO FOTOGRAFICO N°7</b></p>	<p>Se aprecian en las maderas del entrepiso variaciones de color por la alta humedad. En algunos de éstos elementos se aprecian desprendimientos por corrosiones de puntillas de soporte.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

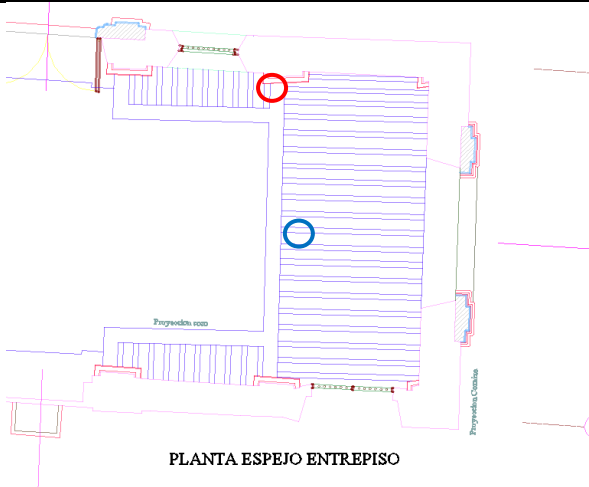



Fuente: Propia





Si bien, no existe información de cambios de uso del entrepiso, se denotan deflexiones considerables a media luz en las vigas, incrementándose este efecto en la zona central del coro. A continuación, se presentan el número de elementos afectados según la patología.

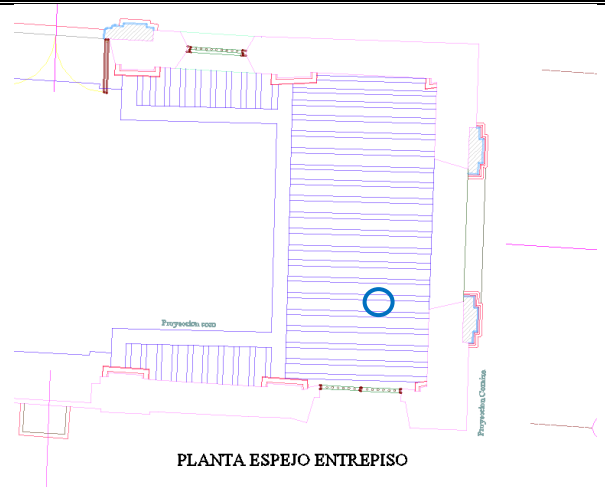


Cuadro 7-8. Recuento Fotográfico 08.

 <p>PLANTA ESPEJO ENTREPISO</p>	
 	
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 08-</b></p>	<p>La falta de mantenimiento de estos elementos ha dado paso a la generación de insectos xilófagos, afectando la resistencia y durabilidad de las vigas del entrepiso.</p>
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p> 

Fuente: Propia



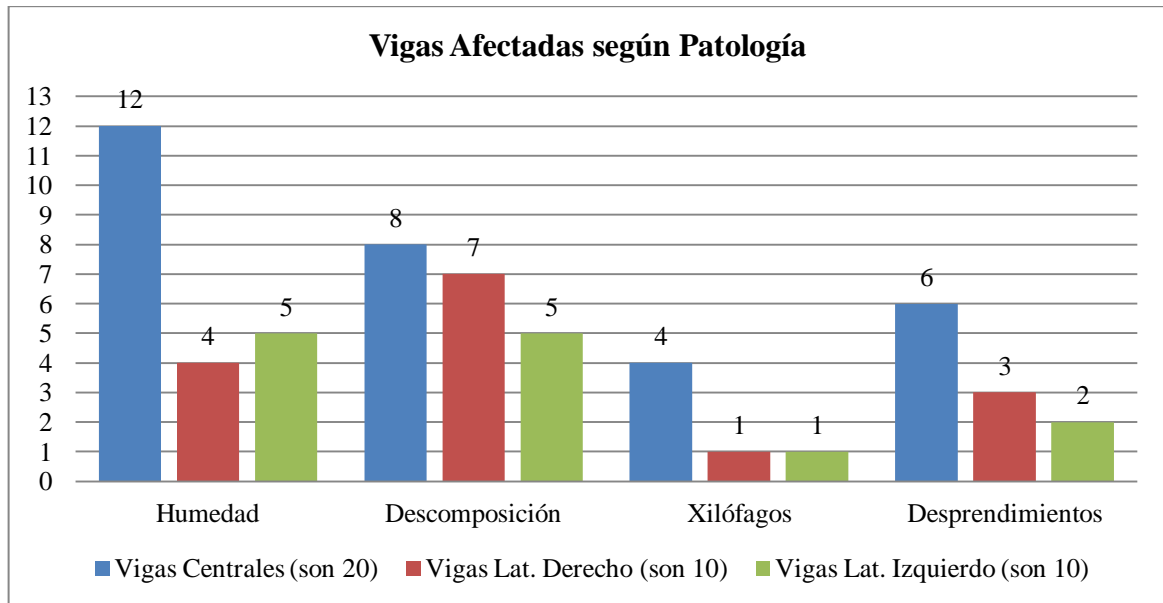
Cuadro 7-9. Recuento Fotográfico 09.

 <p>PLANTA ESPEJO ENTREPISO</p>		
		
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 09-</b></p>	<p>Detalles típicos de desprendimientos en elementos ornamentales del coro. Muchas de estas decoraciones son de peso considerable, arriesgando el bienestar de la población que frecuenta la parroquia.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Figura 7-8. Vigas afectadas de madera de cubierta según patología.



Fuente: Propia

#### 7.2.4 Cubierta

El estado externo de la cubierta presenta patologías por humedades e infiltraciones. Las tejas de barro, por su porosidad y alta exposición a la humedad, no están exentas de sufrir problemas de goteras y fisuración. En general, todo el tejado muestra una constante saturación incluso en horas de sol, proceso que ha desarrollado la formación de verdín en el revoque, como se aprecia en la figura. Este proceso ha conllevado al daño en la plantilla de nivelación de las tejas, eliminando cualquier manto o capa impermeabilizante y creando goteras en el interior de la iglesia, razón por la que todos los elementos en madera de la cubierta interior se encuentran gravemente afectados por temas de humedad, tal como se mencionará en un siguiente apartado.

El revoque bajo las tejas no pudo ser sondeado por temas de patrimonio. Sin embargo, en algunas zonas donde las tejas estaban fracturadas se observan desgastes e infiltraciones (por



arriba), asunto corroborado al chequear el entablado que sostiene la plantilla sobre los pares (por debajo).

Cuadro 7-10. Recuento Fotográfico 10.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 10-</b></p>	<p>Detalle de formación de moho o verdín en revoques de la cubierta inclinada.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

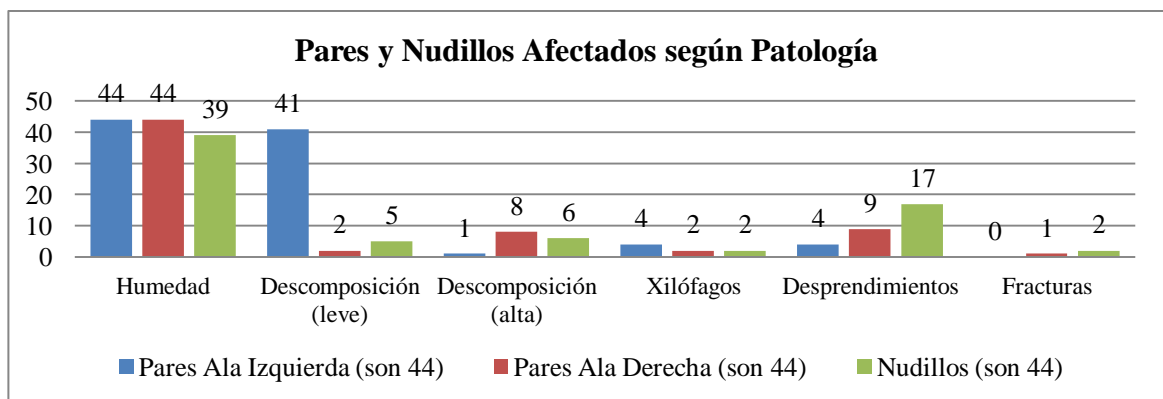


En cuanto a la viga cumbreira de la cubierta, ésta se encuentra totalmente afectada por pérdidas considerables de sección, al punto de observar desprendimientos de algunos pares (recordemos que la viga cumbreira o hilera cumple una función de amarre de todos los pares de la cubierta).

### 7.2.4.1 Artesonado

Se encuentran afectados predominantemente por humedades debido a infiltraciones de la cubierta. Los cambios de color por contenido de agua es la constante en toda la extensión del artesonado, agravándose la situación en los puntos de goteras (a la fecha del estudio se presentaron lluvias moderadas que dieron aviso de la presencia de una serie de goteras en la nave principal, tema no visto en el almizate). Si bien, gracias a la inspección detallada realizada a lo largo de este estudio, se ha logrado identificar que la continuidad de tales goteras e infiltraciones en general procedentes del exterior han causado serias lesiones en los elementos que conforman el “par y nudillo”. Desde el nivel de la iglesia, piso al cual pueden acceder los devotos religiosos y los turistas, se observan coloraciones en la cubierta y desprendimientos menores de elementos de maderas. Algunas decoraciones como espejos, dientes de perro y ornamentación en general de tensores y del artesonado se han desprendido de su sitio original, quedando clavadas a las maderas puntillas totalmente corroídas que afectan la integridad de estos materiales.

Figura 7-9. Pares y nudillos afectados según patología.



Fuente: Propia




Cuadro 7-11. Recuento Fotográfico 11.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 11-</b></p>	<p>Humedades observadas en el artesonado por infiltraciones de agua lluvia.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia




Cuadro 7-12. Recuento Fotográfico 12.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 12-</b></p>	<p>Detalle de espejo de artesanado. Muchos de estos elementos se han desprendido, mientras otros dan muestra de la alta humedad a la que están sometidos.</p>
<p>Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva</p>	<p>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</p> 

Fuente: Propia

Cuadro 7-13. Recuento Fotográfico 13.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 13-</b></p>	<p>Se aprecia abundante humedad y ataque de comején en las intersecciones con espejos, muros y elementos de cubierta como pares y canes.</p>
<p>Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva</p>	<p>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</p> 

Fuente: Propia



Cuadro 7-14. Recuento Fotográfico 14.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 14-</b></p>	<p>Detalle de entablado sobre artesonado, donde se aprecian los últimos tramos de los pares y la hilera. Se observan suciedades y desprendimientos en el entablado.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

**7.2.4.1.1 Pares**

En los primeros dos tercios, desde el durmiente hasta el nudillo, se observan maderas levemente afectadas con constantes cambios de color y desprendimientos. Sin embargo, del nudillo hacia la cumbrera, se encuentran elementos totalmente dañados, afectados por comején, humedad y pérdidas de sección. Las condiciones del espacio entre el entablado sobre el nudillo y los pares es tan precaria que todos los elementos poseen desprendimientos considerables que comprometen la estabilidad de la estructura de cubierta.





Cuadro 7-15. Recuento Fotográfico 15.

<p><b>RECuento</b> Humedades observadas en el artesonado por infiltraciones de agua  <b>FOTOGRAFICO No. 15-</b> lluvia.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b>  <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-16. Recuento Fotográfico 16.

<p><b>RECuento</b> Detalle de ataque por insectos xilófagos en intersecciones con los  <b>FOTOGRAFICO No. 16-</b> espejos y el durmiente. Se aprecian pérdidas considerables de sección, al igual que desprendimientos y fisuras menores.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b>  <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-17. Recuento Fotográfico 17.

 		
<p><b>RECuento</b> Se encuentran humedades y desprendimientos en muchas maderas <b>FOTOGRAFICO No. 17-</b> de la cubierta, lo que conllevan a la pérdida de sección.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-18. Recuento Fotográfico 18.

 		
<p><b>RECuento</b> Detalle de desprendimientos por comején (xilófagos). <b>FOTOGRAFICO No. 18-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-19. Recuento Fotográfico 19.

<p><b>RECuento</b> Detalle de desprendimientos por comején (xilófagos). <b>FOTOGRAFICO No. 19-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-20. Recuento Fotográfico 20.

<p><b>RECuento</b> Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente. <b>FOTOGRAFICO No. 20-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-21. Recuento Fotográfico 21.

<p><b>RECUENTO FOTOGRAFICO No. 21-</b></p>	<p>Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-22. Recuento Fotográfico 22.

<p><b>RECUENTO FOTOGRAFICO No. 22-</b></p>	<p>Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-23. Recuento Fotográfico 23.

<p><b>RECuento FOTOGRAFICO No. 23-</b></p>	<p>Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-24. Recuento Fotográfico 24.

<p><b>RECuento FOTOGRAFICO No. 24-</b></p>	<p>Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-25. Recuento Fotográfico 25.

		
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 25-</b></p>	<p>Las maderas de los pares sobre el artesonado se encuentran en estado crítico por la alta pérdida de sección, agentes xilófagos y la humedad constante del ambiente.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

#### 7.2.4.1.2 Nudillos

Muestran continuos cambios de color al igual que los pares, por el contenido de humedad de estas maderas. Muchos de estos elementos se encuentran huecos por toque al tacto, lo que sugiere una probabilidad de pérdida de material en su interior. Se presentan de igual manera ataques por xilófagos.



Cuadro 7-26. Recuento Fotográfico 26.

<p><b>RECuento</b> Humedades, desprendimientos y comején en nudillos de cubierta.  <b>FOTOGRAFICO No. 26-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b>  <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b>  <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b>  <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia





Cuadro 7-27. Recuento Fotográfico 27.

<p><b>RECuento</b> Humedades, desprendimientos y comején en nudillos de cubierta.  <b>FOTOGRAFICO No. 27-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b>  <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b>  <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b>  <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-28. Recuento Fotográfico 28.

			
			
<b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 28-</b>		Desgastes y desprendimientos en nudillos por lesiones biológicas.	
Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva		Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias	
			

Fuente: Propia

#### 7.2.4.1.3 Hilera

Se encuentra elemento totalmente afectado por pérdidas considerables de sección, al punto de observar desprendimientos de algunos pares (recordemos que la viga cumbreira o hilera cumple una función de amarre de todos los pares de la cubierta).





Cuadro 7-29. Recuento Fotográfico 29.

		
		
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 29-</b></p>	<p>Detalle de lesiones observadas sobre la viga cumbreira o hilera. La humedad y el ataque de xilófagos han conllevado a la pérdida de sección y reducción considerable de la capacidad estructural de este elemento.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-30. Recuento Fotográfico 30.

<p><b>RECuento</b> Detalle lesiones en viga cumbreira. <b>FOTOGRAFICO No. 30-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-31. Recuento Fotográfico 31.

<p><b>RECuento</b> Detalle de lesiones en viga cumbreira. Se aprecia la progresiva <b>FOTOGRAFICO No. 31-</b> pérdida de sección de este elemento en toda su longitud.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia





Los tensores se encuentran en buen estado al no observarse grietas longitudinales, tal como se esperarían en elementos esforzados axialmente. Algunos elementos de ornamentación se han desprendido por el óxido de las puntillas que los sostenían. Los canes, al igual que los pares, poseen moderados grados de humedad y ya inician a denotar fisuras en su centro. En cuanto a los espejos y dientes de perro, están totalmente averiados por la humedad, denotando ya desprendimientos e inseguridad en estos elementos decorativos.

#### 7.2.4.2 Almizate

Se encuentran elementos afectados por humedad, con putrefacciones en cercanías a los durmientes. Las maderas esquineras muestran afectaciones por corrosión de puntillas, donde, en algún tiempo, se lucieron elementos decorativos que a día de hoy se han desprendido. Cerca del 80% de los dientes de perro se encuentran podridos y desprendidos de su ubicación original. En general, es una de las partes más “enfermas” del templo por su aspecto físico y su inestabilidad estructural.

Cuadro 7-32. Recuento Fotográfico 32.

 	
<b>RECuento FOTOGRAFICO No. 32-</b>	Humedades apreciadas en los testereros del almizate. Algunos elementos decorativos ya se han desprendido.
Gerardo Bustamante Martelo Jorge Castillo Brieva	Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias



Cuadro 7-33. Recuento Fotográfico 33.

<p><b>RECuento</b> Humedades apreciadas en los testeros del almizate. Algunos <b>FOTOGRAFICO No. 33-</b> elementos decorativos ya se han desprendido.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-34. Recuento Fotográfico 34.

<p><b>RECuento</b> Alta humedad en almizate. <b>FOTOGRAFICO No. 34-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-35. Recuento Fotográfico 35.

<p><b>RECuento</b> Humedades apreciadas en los testeros del almizate. Algunos <b>FOTOGRAFICO No. 35-</b> elementos decorativos ya se han desprendido.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-36. Recuento Fotográfico 36.

<p><b>RECuento</b> Detalle de coloraciones y desprendimientos en testeros del almizate. <b>FOTOGRAFICO No. 36-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	



Cuadro 7-37. Recuento Fotográfico 37.

<p><b>RECuento</b> Desprendimiento en una de las esquinas del almizate. Se aprecia <b>FOTOGRAFICO No. 37-</b> muro de arcada sin pintura.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia

Cuadro 7-38. Recuento Fotográfico 38.

<p><b>RECuento</b> Zona superior del almizate, donde se aprecia desprendimiento de <b>FOTOGRAFICO No. 38-</b> uno de los pares de la hilera.</p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	



### 7.2.5 Espadaña

La espadaña es sin lugar a dudas la zona más afectada y de mayor preocupación estructural por su insuficiente muestra de estabilidad. Los desprendimientos de elementos menores son inminentes, mientras que no existe certeza de hasta qué punto soportará el campanario ante sollicitaciones por viento y efectos climáticos. La balaustrada de la espadaña se encuentra totalmente averiada. Los balaustres muestran fisuras longitudinales y radiales, hasta tal punto que algunos han perdido sección, mientras otras denotan descascaramientos y desprendimientos.

Cuadro 7-39. Recuento fotográfico 39.

<p><b>RECuento</b> Fisuras y grietas en cabezales de pies derechos.  <b>FOTOGRAFICO No. 39-</b></p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b>  <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>



Cuadro 7-40. Recuento fotográfico 40.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 40-</b></p>	<p>Lesiones presentes en la balastrada de la espadaña. Se aprecian desprendimientos que comprometen más del 60% del cuerpo de los elementos, además de la alta corrosión del acero de refuerzo.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia





Los pies derechos no están exentos del grave estado del voladizo, debido a que también presentan agrietamientos moderados en sus extremos, donde los esfuerzos cortantes se acrecientan. De igual manera, se encuentran en pésimo estado las vigas aéreas, que trabajan portando la cubierta y amarrando los pies derechos de la espadaña. Estos elementos se comportan igualmente a flexión, por las cargas verticales que reciben del tejadillo.



Cuadro 7-41. Recuento fotográfico 41.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 41-</b></p>	<p>Desprendimientos de recubrimientos de vigas aéreas. Se aprecian las barras de refuerzo y su corrosión, al igual que coloraciones varias producto de la humedad y el ambiente salino.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-42. Recuento fotográfico 42.

	
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 42-</b></p>	<p>Humedades apreciadas en la parte interior de la espadaña, muy probablemente la causa de los descascaramientos y corrosión de los aceros de refuerzo.</p>
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>
	

Fuente: Propia

Por otra parte, se encuentran humedades en la parte inferior de la losa del voladizo, presentándose en una zona desprendimientos y exposición de acero, lo cual conllevó a su completa corrosión. En general, este elemento no presenta mayores fisuraciones y grietas, más si coloraciones constantes. En cuanto a los canes, que son vigas empotradas a los muros y que soportan la losa, se encuentran totalmente desgastados en los extremos, donde el concreto realiza la forma particular de los canes de madera (comúnmente conocida como “pecho de paloma”). Los aceros se aprecian corroídos y sin capacidad estructural alguna.



Cuadro 7-43. Recuento fotográfico 43.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 43-</b></p>	<p>Desprendimiento de recubrimiento y corrosión de acero de losa. A pesar de ser el elemento con menores lesiones, su estabilidad se encuentra comprometida por el grave estado de los aceros de refuerzo.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



Cuadro 7-44. Recuento fotográfico 44.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 44-</b></p>	<p>Estado actual de los canes de la espadaña. Se observan coloraciones por humedad, desprendimientos, fisuras varias y corrosión de aceros de refuerzo.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	



Cuadro 7-45. Recuento fotográfico 45.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 45-</b></p>	<p>Detalle de fisuración (2.5mm de espesor) de can, donde se aprecian coloraciones y exposición de acero por desprendimientos. Se prevén desprendimientos inminentes en la dirección de la grieta.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico</b> <b>de la Iglesia Santo Toribio de</b> <b>Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



**7.2.6 Pisos**

Se encuentran cerámicas en buen estado en general a pesar del desgaste por uso. Se hallan baldosines levemente fracturados en los extremos de la iglesia (laterales derecho e izquierdo), pero que no muestran indicios de asentamientos críticos en el suelo. Se desconoce el tipo de relleno y la cimentación de la iglesia, por lo que no se asegura la tendencia de ahuellamientos de estos elementos a futuro.

Cuadro 7-46. Recuento fotográfico 46.

<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 46-</b></p>	<p>Lesiones en baldosa y reparaciones típicas. Se aprecian daños menores, pero se denotan leves ahuellamientos en los laterales de la nave principal. La zona de tumbas (lateral derecho) presenta la mayor cantidad de reparaciones por las modificaciones en las cerámicas.</p>
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>



Cuadro 7-47. Recuento fotográfico 47.

	
	
<p><b>RECUESTO FOTOGRAFICO No. 47-</b></p>	<p>Los pisos del entrepiso presentan ahuellamientos leves en las alas laterales. Sin embargo, la presencia de pasantes sin su adecuado tratamiento de impermeabilización han afectado las maderas de soporte y seguramente la estructura interna del coro.</p>
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p> 

Fuente: Propia

Finalmente, los peldaños de las escaleras del entrepiso se encuentran totalmente dañados y en desuso por el riesgo que implica transitar este espacio. El simple tacto o movimiento implican desplomes de material debido a la alta corrosión de los aceros de refuerzos. A continuación se muestran as lesiones físico-químicas observadas en esta zona.



Cuadro 7-48. Recuento fotográfico 48.

<p><b>RECuento</b>                      Detalle de desprendimientos y corrosiones de aceros de escaleras del enrejado, que dirigen hacia la espadaña.</p> <p><b>FOTOGRAFICO No. 48-</b></p>		
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia





Cuadro 7-49. Recuento fotográfico 49.

		
		
<p><b>RECuento</b> <b>FOTOGRAFICO No. 49-</b></p>	<p>Detalle de desprendimientos y corrosiones de aceros de escaleras del enrepiso, que dirigen hacia la espadaña.</p>	
<p><b>Gerardo Bustamante Martelo</b> <b>Jorge Castillo Brieva</b></p>	<p><b>Evaluación y Diagnóstico Patológico de la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias</b></p>	

Fuente: Propia



### 7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al analizar la información obtenida en el estudio y compararla con lo contenido en la literatura sobre la temática y a las recomendaciones dadas por los expertos consultados a lo largo del estudio podemos enunciar que el orden, en cuanto a gravedad de los daños encontrados, es:

1. La estructura de cubierta y artesonado de la parroquia
2. La espadaña
3. Entrepiso y escaleras de acceso a espadaña
4. Pisos
5. Muros

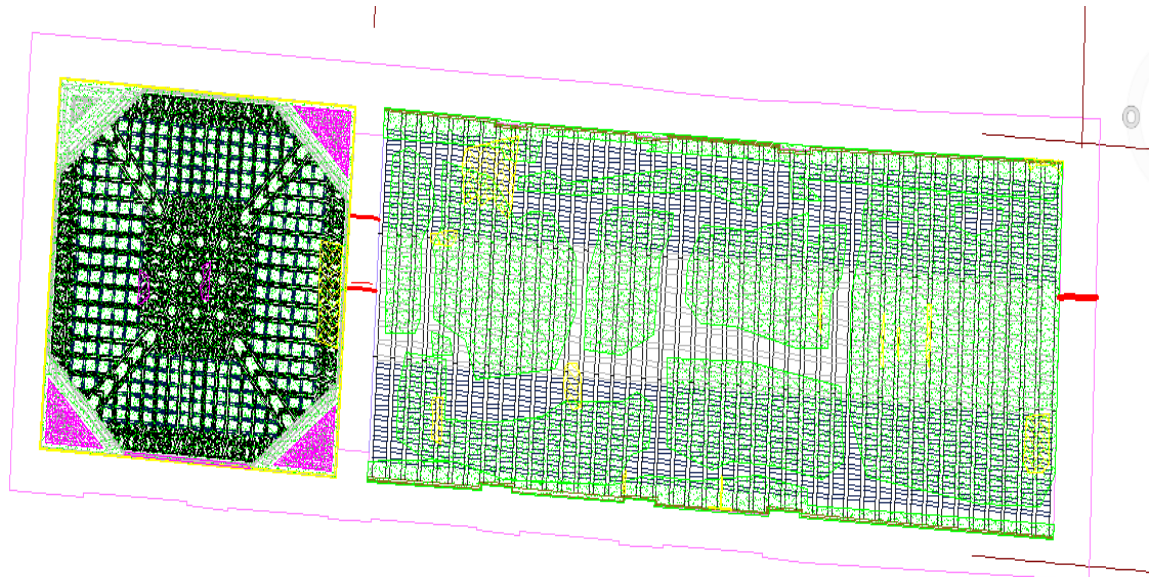
Primeramente, la estructura de cubierta y artesonado de la parroquia se encuentra afectada al 100% por la humedad proveniente de infiltraciones de agua lluvia. Esto llevo a que todos sus elementos su pudrieran, fueran atacados por comején, perdieran sección, presentaran cambio de color, entre otras patologías. Lo anterior produjo que su estructura se encuentre en un punto de colapso inminente, es decir, que se puede producir un fallo y colapso de la misma en cualquier momento. Es precisamente esto lo que hace que se ubique en el primer lugar de la jerarquía planteada anteriormente.







Como es lógico, la única solución para el daño que presenta la cubierta y el artesonado de la parroquia es un reemplazo total de sus elementos. Una solución altamente costosa pero irremplazable. Aquí podemos corroborar lo expuesto en la literatura consultada, en lo referente a la importancia que se le debe dar al cuidado y prevención de las humedades, especialmente en estructuras de madera, puesto que es esta una de las principales causas de patologías graves en las estructuras.



En el siguiente plano se puede observar el grado de afectación que presenta la cubierta y el artesonado de la parroquia.

Figura 7-10. Plano mapeo de Patologías espejo de cubierta.



CONVENCIONES					
	Fisura $e < 1\text{mm}$		Fisura $1\text{mm} < e < 2\text{mm}$		Fisura $2\text{mm} < e$
	Desprendimiento		Humedad		Xilófagos

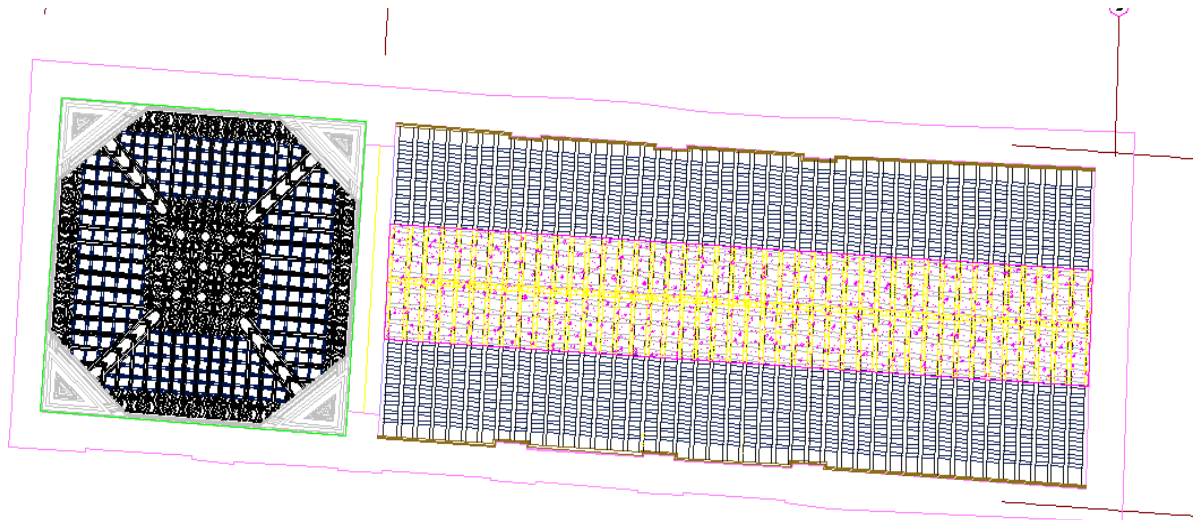


PLANTA ESPEJO CUBIERTA

Fuente: Propia



Figura 7-11. Plano mapeo de Patologías espejo de cubierta.



CONVENCIONES		
	Fisura $e < 1mm$	Fisura $1mm < e < 2mm$
	Desprendimiento	Humedad
	Xilófagos	

PLANTA ESPEJO  
HILERA Y PARES SOBRE ARTESONADO

\_x

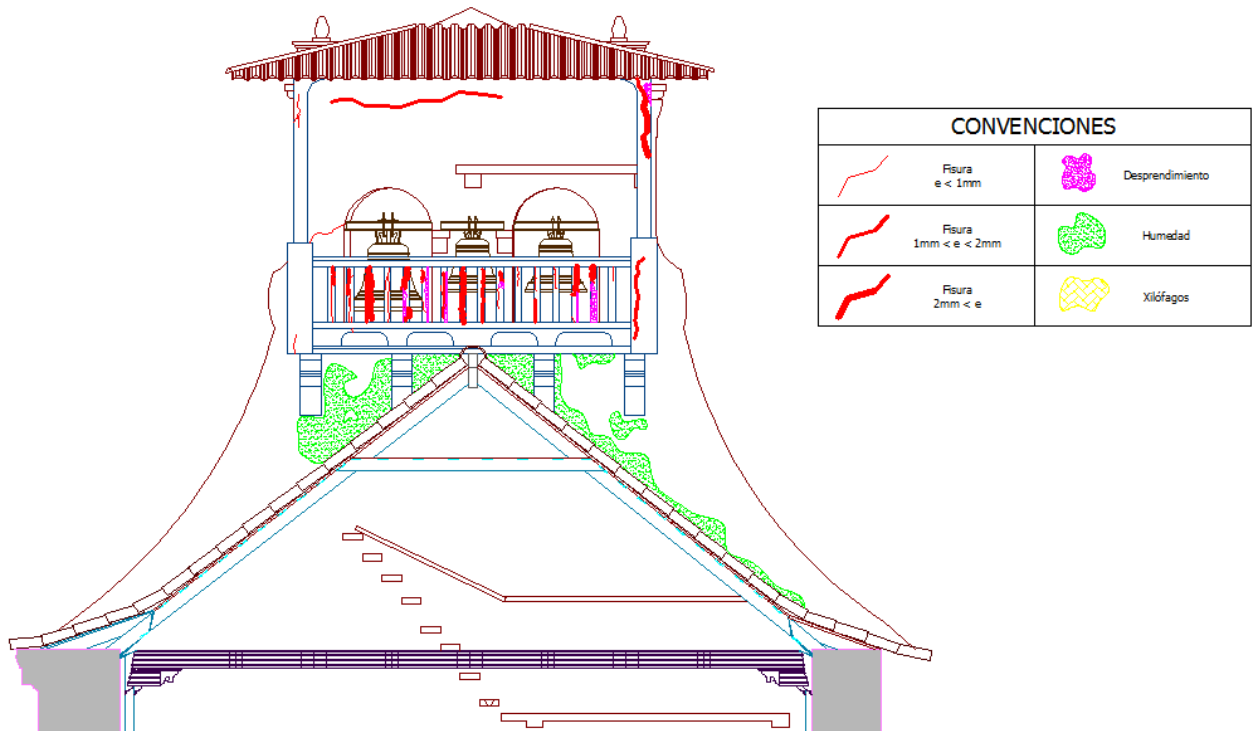
Fuente: Propia

La espadaña, estructura que soporta las campanas de la iglesia y su balcón para su acceso, se encuentra también en un punto de colapso inminente, pero por no estar accesible a los visitantes de la parroquia se ubica en segundo lugar en la jerarquía planteada. Todos sus elementos se encuentran afectados hasta tal punto, por fisuras y fracturas producto de los procesos de corrosión del acero estructural, que ha hecho que el daño sea irreparable. La solución también es una reconstrucción total de sus elementos.

En el siguiente plano podemos observar la ubicación de las patologías en la estructura de la espadaña de la parroquia, lo que nos permite tener una mejor idea del grado de afectación de la misma.



Figura 7-12. Mapeo de patologías Espadaña.



Fuente: Propia

El entresijo y escaleras de acceso a la espadaña se ubican en el tercer lugar, ya que aunque su daño es considerado como grave no representa un peligro para los feligreses de la parroquia, si se siguen las recomendaciones dadas en este trabajo de grado. La escalera de acceso se encuentra inutilizable, puesto que en el 60% de sus peldaños el acero se encuentra a la vista y el 35% de los mismos han sufrido desplome y desprendimiento de material. Se necesita una reconstrucción total de la escalera, pero no es de carácter urgente, ya que el acceso a la espadaña se encuentra restringido y se puede acceder a ella a través de una escalera metálica ubicada en la casa cural.

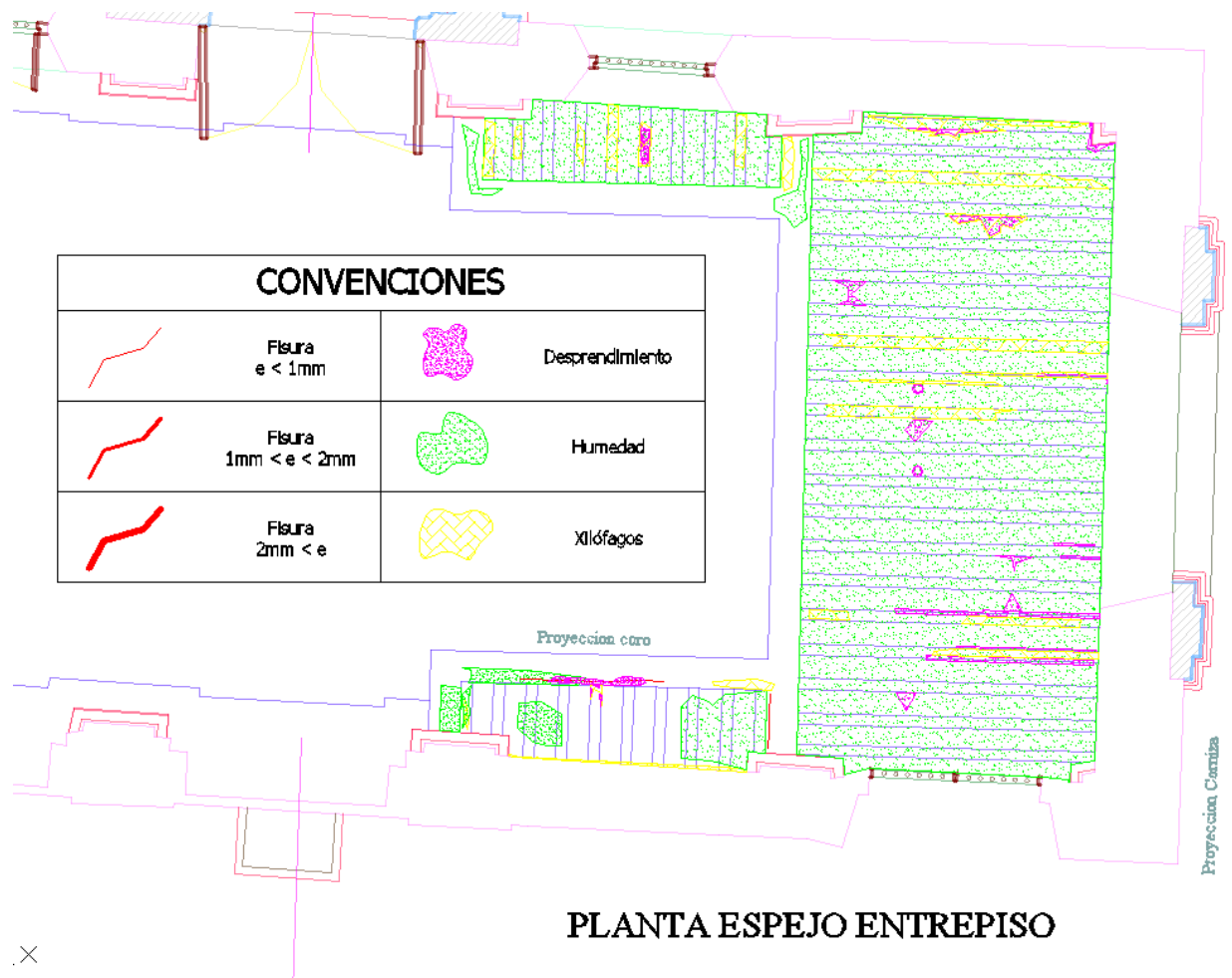
El entresijo se encuentra afectado en su totalidad por humedad pero solo el 8% de sus elementos estructurales empieza a presentar putrefacción y el 20% de los mismos se encuentra afectado por comején. Es necesario hacer una cala para observar la estructura



interna de la losa del entrepiso, ya que por costos y alcance de este estudio no se llevo a cabo. Se recomienda restringir el uso del entrepiso, usado por los músicos durante el oficio de la misa.

A continuación presentamos los planos con el mapeo de patologías del entrepiso, el espejo del entrepiso y las escaleras de acceso a espadaña

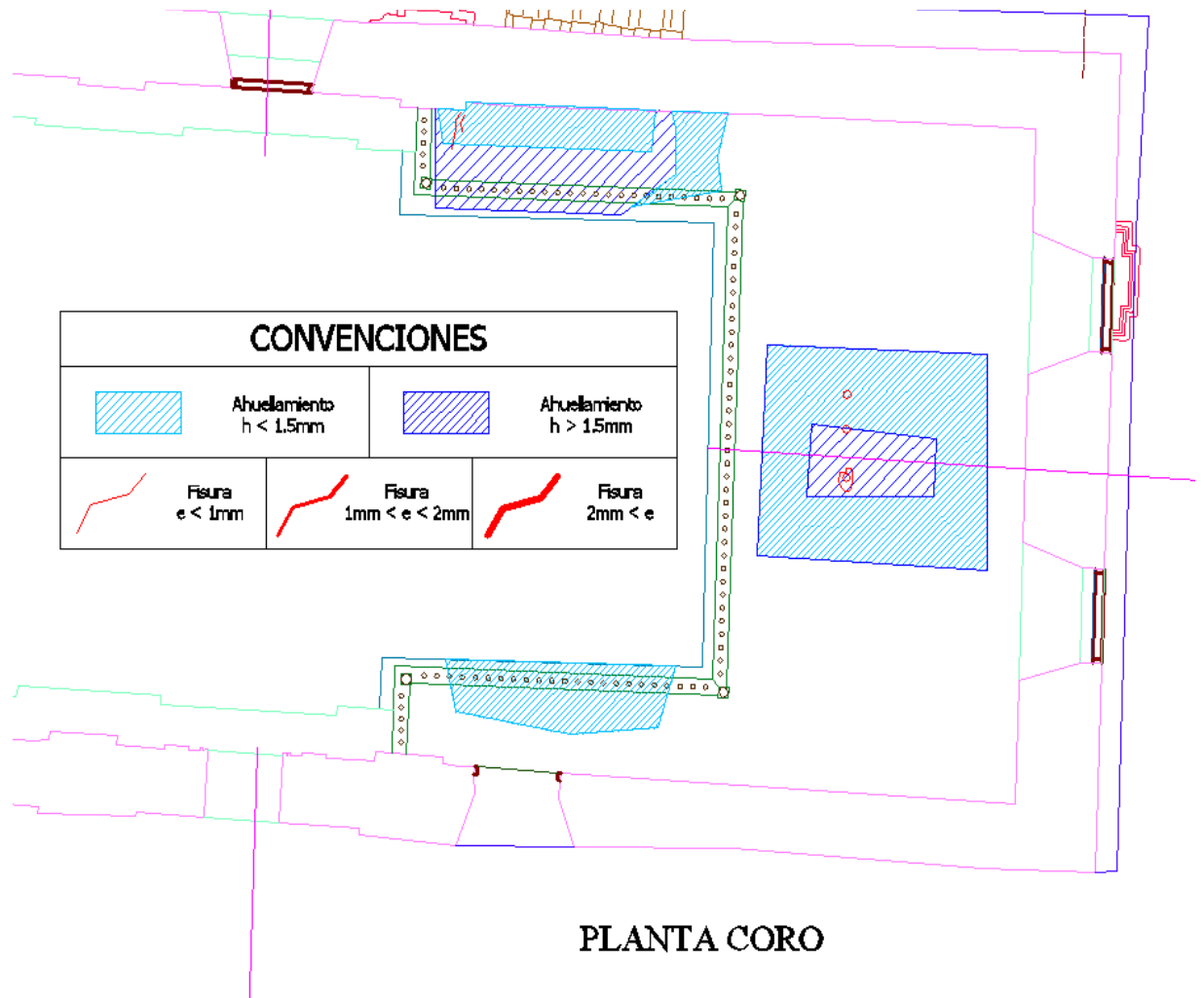
Figura 7-13. Plano mapeo de patologías espejo de entrepiso.



Fuente: Propia



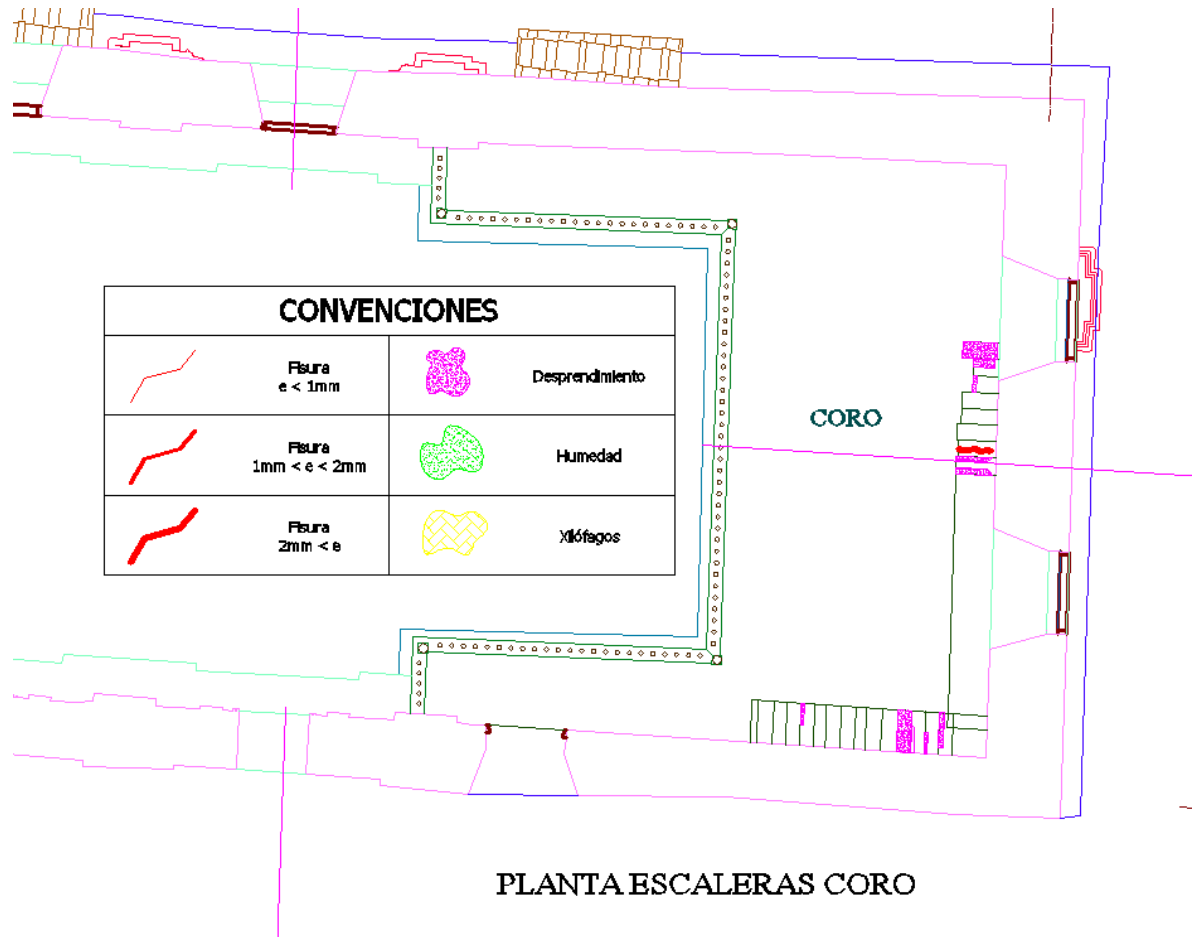
Figura 7-14. Plano mapeo de patologías de pisos de entresuelo.



Fuente: Propia



Figura 7-15. Plano mapeo de patologías espejo de entrepiso.



Fuente: Propia

En los últimos dos lugares ubicamos los pisos y muros, como hemos mostrado a lo largo de este trabajo estos se encuentran en un estado aceptable. El daño que presentan no es tan grave comparándolo con los otros que presenta la parroquia. Se recomienda de todos modos hacer las reparaciones necesarias en la medida de lo posible.

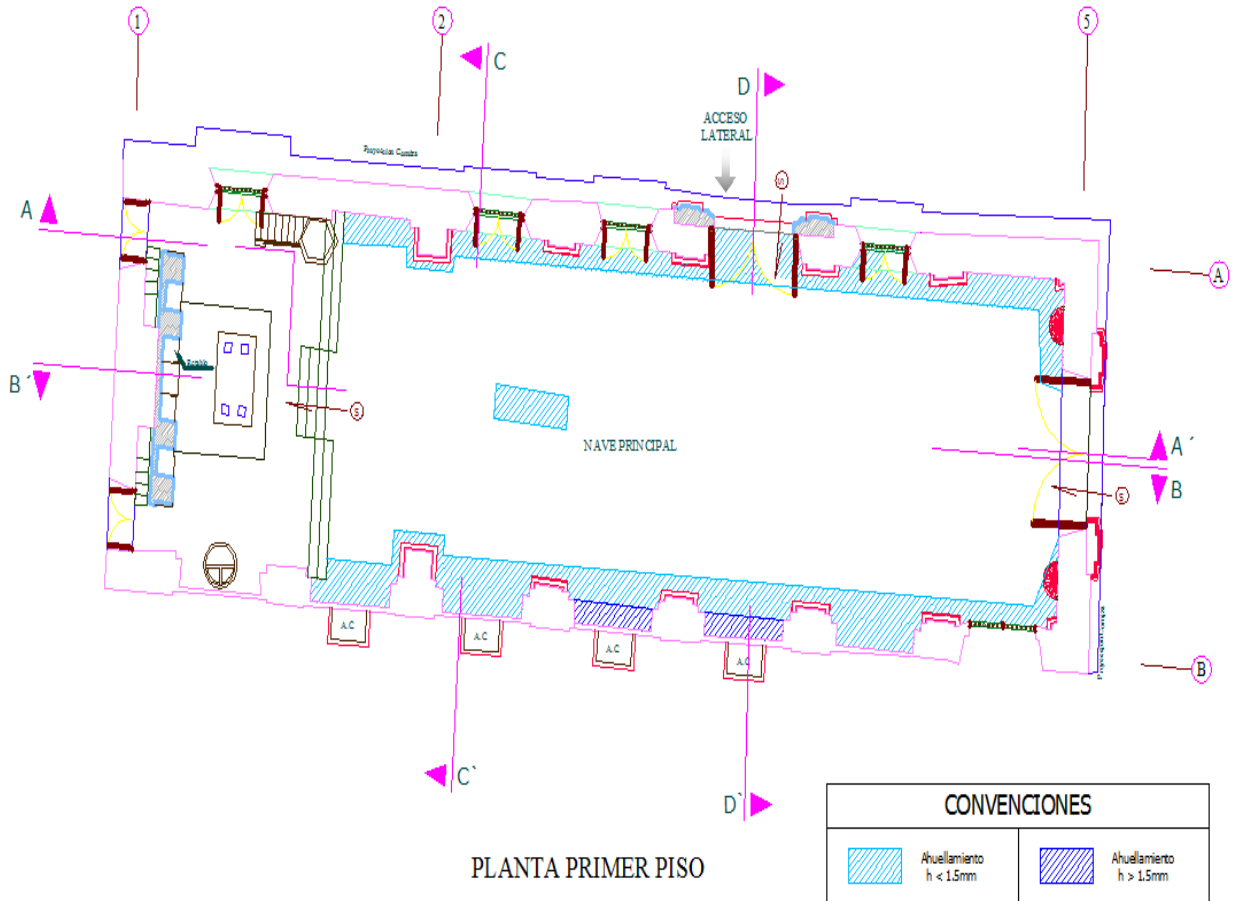
Igualmente se recomienda hacer chequeos periódicos a los pisos para verificar las deflexiones en los mismos.





A continuación encontramos los planos con el mapeo de patologías de pisos, muros interiores y de fachada

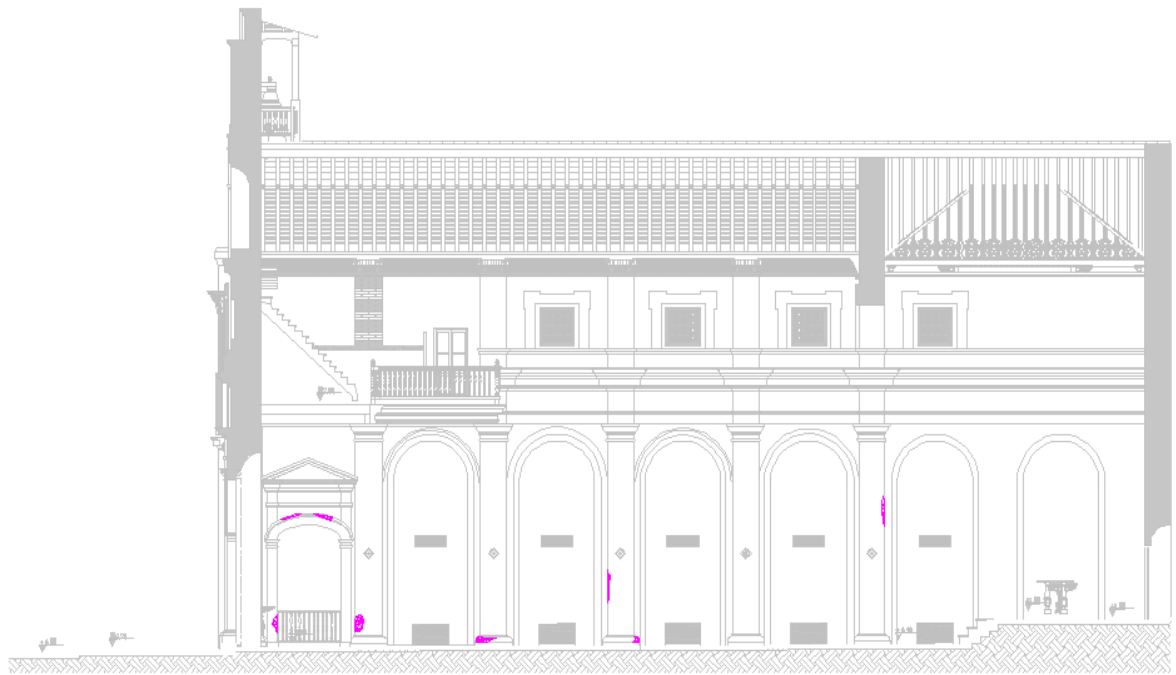
Figura 7-16. Plano mapeo de patologías de piso nave principal.



Fuente: Propia



Figura 7-17. Plano mapeo de patologías muros interiores.



CONVENCIONES					
	Fisura $e < 1\text{mm}$		Fisura $1\text{mm} < e < 2\text{mm}$		Fisura $2\text{mm} < e$
	Desprendimiento		Humedad		Xilófagos

CORTE B-B'

Fuente: Propia



Figura 7-18. Plano mapeo de patologías muros de fachada.



FACHADA PRINCIPAL

CONVENCIONES			
	Fisura $e < 1\text{mm}$		Desprendimiento
	Fisura $1\text{mm} < e < 2\text{mm}$		Humedad
	Fisura $2\text{mm} < e$		Xilófagos

Fuente: Propia



A continuación presentamos unas fichas técnicas de las patologías encontradas

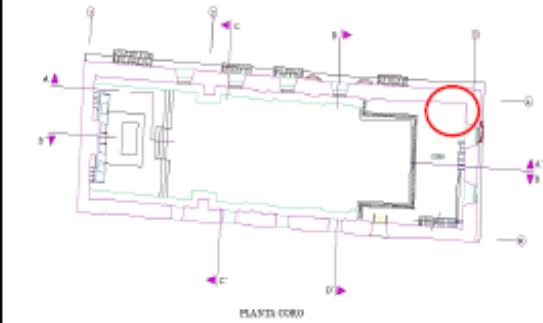
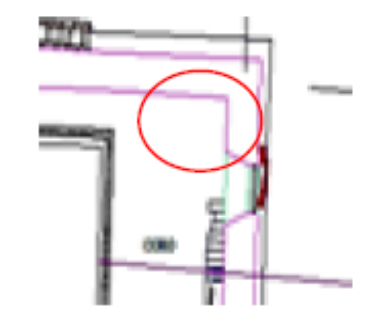

Cuadro 7.50 Ficha patológica 01.

FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION			
EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO			
Autores		Director	
GERARDO BUSTAMANTE MARTELO		ING. WALBERTO RIVERA	
JORGE CASTILLO BRIEVA			
Edificio	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	Area	Entrepiso
Espacio	Ala izquierda	Elemento	Viga de borde
Condicion de estabilidad	Regular	Fecha	17 de septiembre del 2012
Materiales	Madera	Codigo	FT-01
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
<p>PLANTA 00000</p>			
VALORACION VISUAL		FOTOGRAFIA	
AFECTACION DE DAÑO	SEGURIDAD		X
	FUNCIONALIDAD		X
NIVEL DE RECUPERACIÓN	ASPECTO IMPRESCINDIBLE		
	NECESARIA		X
	CONVENIENTE		
GRADO DE LESIÓN	SEVERO		
	MODERADO		X
	LEVE		
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS			
HUMEDADES	X		
EFLORENCIAS			
CAVIDADES			
RETENCION DE AGUA			
ESCAMACION O EXFOLIACION			
PERDIDA MATERIAL	X		
COLOR TEXTURA, SONIDO	X	Cambio de color	
ALTERACIONES SUPERFICIALES			
DESGASTE - ABRASION			
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS			
ASENTAMIENTOS			

Fuente: Propia



Cuadro 7.51 Ficha patológica 02

<b>FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION</b>				
<b>EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</b>				
<b>Autores:</b>	<b>GERARDO BUSTAMANTE MARTELO</b> <b>JORGE CASTILLO BRIEVA</b>	<b>Director:</b>	<b>ING. WALBERTO RIVERA</b>	
<b>Edificio</b>	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	<b>Area</b>	Entrepiso	
<b>Espacio</b>	Ala derecha	<b>Elemento</b>	Viguetas espejo del entrepiso	
<b>Condicion de estabilidad</b>	Regular	<b>Fecha</b>	17 de septiembre del 2012	
<b>Materiales</b>	Madera	<b>Codigo</b>	FT-02	
<b>PLANTA GENERAL</b> 		<b>AREA ESPECIFICA</b> 		
<b>VALORACION VISUAL</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>		
<b>AFECCION DE DAÑO</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<b>FUNCIONALIDAD</b>	<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>NIVEL DE RECUPERACIÓN</b>	<b>ASPECTO IMPRESCINDIBLE</b>	<input type="checkbox"/>		
	<b>NECESARIA</b>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<b>CONVENIENTE</b>	<input type="checkbox"/>		
<b>GRADO DE LESIÓN</b>	<b>SEVERO</b>	<input type="checkbox"/>		
	<b>MODERADO</b>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	<b>LEVE</b>	<input type="checkbox"/>		
<b>ASPECTO EXTERNO</b>				
<b>MANCHAS</b>				
<b>HUMEDADES</b>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>EFLORESCIENCIAS</b>				
<b>EROSION</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Muro lateral derecho</b>		
<b>RETENCION DE AGUA</b>				
<b>ESCAMACION O EXFOLIACION</b>				
<b>PERDIDA MATERIAL</b>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>COLOR TEXTURA, SONIDO</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Cambio de color</b>		
<b>ALTERACIONES SUPERFICIALES</b>				
<b>DESGASTE - ABRASION</b>				
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>				
<b>GRIETAS Y FISURAS</b>				
<b>ASENTAMIENTOS</b>				

Fuente: Propia



Cuadro 7.52 Ficha patológica 03

FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION		EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
Autores		GERARDO BUSTAMANTE MARTELO JORGE CASTILLO BRIEVA	Director ING. WALBERTO RIVERA
Edificio	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	Area	Entrepiso
Espacio	Ala izquierda	Elemento	Muros laterales
Condicion de estabilidad	Regular	Fecha	17 de septiembre del 2012
Materiales	Mamposteria colonial	Codigo	FT-03
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
<p>PLANTA 0300</p>			
VALORACION VISUAL		FOTOGRAFIA	
AFECTACION DE DAÑO	SEGURIDAD		
	FUNCIONALIDAD		
NIVEL DE RECUPERACIÓN	ASPECTO	X	
	IMPREScindIBLE		
	NECESARIA		
GRADO DE LESIÓN	CONVENIENTE	X	
	SEVERO		
	MODERADO	X	
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS			
HUMEDADES			
EFLORECIENCIAS			
EROSION			
RETENCION DE AGUA			
ESCAMACION O EXFOLIACION			
PERDIDA MATERIAL	X		
COLOR TEXTURA, SONIDO	X	Manchas por corrosion	
ALTERACIONES SUPERFICIALES	X	Perdida de material	
DESGASTE - ABRASION			

Fuente Propia






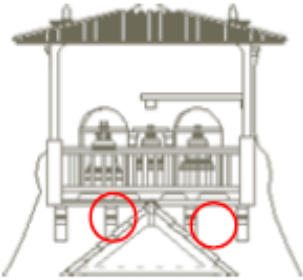


Cuadro 7.53 Ficha patológica 04

FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION		EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
Autores: GERARDO BUSTAMANTE MARTELO JORGE CASTILLO BRIEVA		Director: ING. WALBERTO RIVERA	
Edificio	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	Area	Nave principal
Espacio	Ala derecha	Elemento	Pisos
Condicion de estabilidad	Regular	Fecha	17 de septiembre del 2012
Materiales	Baldosas	Código	FT-04
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA	
VALORACION VISUAL		FOTOGRAFIA	
AFECTACION DE DAÑO	SEGURIDAD		
	FUNCIONALIDAD		
NIVEL DE RECUPERACIÓN	ASPECTO		X
	IMPRESINDIBLE		
	NECESARIA		
GRADO DE LESIÓN	CONVENIENTE		X
	SEVERO		
	MODERADO		X
	LEVE		
ASPECTO EXTERNO			
MANCHAS			
HUMEDADES			
EFLORECIENCIAS			
EROSION			
RETENCION DE AGUA			
ESCAMACION O EXFOLIACION			
PERDIDA MATERIAL	X		
COLOR TEXTURA, SONIDO			
ALTERACIONES SUPERFICIALES	X	Perdida de material	
DESGASTE - ABRASION			
ALTERACIONES TRAUMATICAS			
GRIETAS Y FISURAS			
AHUELLAMIENTO	X	En los laterales	

Fuente: Propia



Cuadro 7.55 Ficha patológica 05

 <b>FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION</b> 		
<b>EVALUACION Y DIAGNOSTICO PATOLOGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</b>		
<b>Autores</b>	<b>GERARDO BUSTAMANTE MARTELO</b> <b>JORGE CASTILLO BRIEVA</b>	
<b>Director</b>	<b>ING. WALBERTO RIVERA</b>	
<b>Edificio</b>	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	
<b>Area</b>	Espadaña	
<b>Espacio</b>	Canes y parte inferior losa	
<b>Elemento</b>	Pisos	
<b>Condicion de estabilidad</b>	Grave	
<b>Fecha</b>	17 de septiembre del 2012	
<b>Materiales</b>	Concreto reforzado	
<b>Codigo</b>	FT-05	
<b>PLANTA GENERAL</b>	<b>AREA ESPECIFICA</b>	
		
		
<b>VALORACION VISUAL</b>		
<b>AFECTACION DE DAÑO</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>FUNCIONALIDAD</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>ASPECTO</b>	<input type="checkbox"/>
<b>NIVEL DE RECUPERACIÓN</b>	<b>IMPRESINDIBLE</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>NECESARIA</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>CONVENIENTE</b>	<input type="checkbox"/>
<b>GRADO DE LESIÓN</b>	<b>SEVERO</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>MODERADO</b>	<input type="checkbox"/>
	<b>LEVE</b>	<input type="checkbox"/>
<b>ASPECTO EXTERNO</b>		
MANCHAS	<input checked="" type="checkbox"/>	
HUMEDADES	<input checked="" type="checkbox"/>	
EFLORECIENCIAS	<input type="checkbox"/>	
EROSION	<input type="checkbox"/>	
RETENCION DE AGUA	<input type="checkbox"/>	
ESCAMACION O EXPOLIACION	<input type="checkbox"/>	
PERDIDA MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
COLOR TEXTURA, SONIDO	<input checked="" type="checkbox"/>	Manchas por humedad
ALTERACIONES SUPERFICIALES	<input checked="" type="checkbox"/>	Perdida de material
DESgaste - ABRASION	<input type="checkbox"/>	
<b>ALTERACIONES TRAUMATICAS</b>		
GRIETAS Y FISURAS	<input checked="" type="checkbox"/>	Canes fracturados
AHUELLAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	En los laterales
		<b>FOTOGRAFIA</b>
		
		

Fuente: Propia





Cuadro 7.55 Ficha patológica 06

FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION		EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO PATOLÓGICO DE LA IGLESIA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
Autores		GERARDO BUSTAMANTE MARTELO JORGE CASTILLO BRIEVA	Director	ING. WALBERTO RIVERA
Edificio	Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo	Area	Espadaña	
Espacio	Balaustrés, columna y viga	Elemento	Pisos	
Condicion de estabilidad	Grave	Fecha	17 de septiembre del 2012	
Materiales	Concreto reforzado	Codigo	FT-06	
PLANTA GENERAL		AREA ESPECIFICA		
VALORACION VISUAL		FOTOGRAFIA		
AFECTACION DE DAÑO	SEGURIDAD	X		
	FUNCIONALIDAD			
	ASPECTO			
NIVEL DE RECUPERACIÓN	IMPRESINDIBLE	X		
	NECESARIA			
	CONVENIENTE			
GRADO DE LESIÓN	SEVERO	X		
	MODERADO			
	LEVE			
ASPECTO EXTERNO				
MANCHAS	X			
HUMEDADES	X			
EFLORECIENCIAS				
EROSION				
RETENCION DE AGUA				
ESCAMACION O EXFOLIACION				
PERDIDA MATERIAL	X			
COLOR TEXTURA, SONIDO	X	Manchas por humedad		
ALTERACIONES SUPERFICIALES	X	Perdida de material		
DESGASTE - ABRASION				
ALTERACIONES TRAUMATICAS				
GRIETAS Y FISURAS	X	Canes fracturados		
AHUELLAMIENTO	X	En los laterales		

Fuente: Propia



## 7.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y RECOMENDACIONES

### 7.4.1 Medidas de mitigación

Según lo planteado en el análisis y siguiendo la jerarquía planteada en el mismo, los elementos que necesitan reconstrucción inminente son los que componen la estructura de cubierta y artesonado, la espadaña y la escalera de acceso a la misma.

El estado de la cubierta y el artesonado de la parroquia es grave, su colapso inminente hace necesario, por la seguridad de los feligreses, que la parroquia sea cerrada hasta que sea reconstruida toda la estructura mencionada. Esta medida extremista puede ser remplazada por la construcción de una estructura de contención que pueda, en un supuesto colapso de la cubierta, salvar a las personas que se encuentren usando la parroquia en esos momentos.

Esta estructura se plantea en perfiles metálicos empotrados en los muros a la altura de los tensores de la cubierta, unas correas longitudinales que vayan desde el acceso principal de la parroquia hasta el altar de la misma y un entablado que se apoye en las correas y se encuentre en toda la extensión de la estructura. De esta manera, al momento hipotético de haber un desplome el peso pasaría de los tablones a las correas, de las correas a los perfiles y de los perfiles a los muros. Los muros transmitirían el peso de la cubierta desplomada a los cimientos de la iglesia. Se plantea esta medida ya que el estado de los muros es aceptable y sus dimensiones son adecuadas.

Cabe resaltar que el diseño detallado de la estructura planteada no está contemplado en el alcance de este estudio, según lo contenido en la propuesta planteada para el mismo.

En cuanto a la espadaña y a sus escaleras de acceso se recomienda una restricción total a las mismas. Se plantea que los músicos dejen de usar el entrepiso para prevenir accidentes por posibles desplomes de los peldaños de la escalera de acceso a la espadaña, ubicada en esta zona.



## **7.4.2 Recomendaciones**

A continuación se plantean unas recomendaciones a tener en cuenta al momento de realizar las intervenciones que se plantean en este trabajo como necesarias en el proceso de rehabilitación estructural de la iglesia Santo Toribio de Mogrovejo

### **7.4.2.1 Muros**

Gracias al estado general de los muros del inmueble, se puede afirmar que éstos no requieren intervenciones mayores para su conservación. La verticalidad se halla dentro de los márgenes de funcionalidad estructural, al igual de que no se aprecian grietas en la nave principal.

Para fisuras, tal como se observó en el vano derecho del muro de entrepiso, se busca restaurar la zona completa mediante ladrillos de barro de tipo “tolete” y con mortero de pega. Alternativamente, se pueden adicionar piezas de metal en forma de U, o grapas, tal que anclen las dos partes del vano, o definitivamente conformar el vacío con un marco en concreto reforzado si se ve comprometida la estabilidad del muro. Por lo general las fisuras superficiales que no intuyen fallos estructurales son sanadas mediante resane superficial mejorado con aditivos que contengan resina.

En cuanto a las humedades de la espadaña, se recomiendan controles de limpieza constantes para evitar la acumulación de material líquido en ellos. Los muros actuales deben ser escarificados, sanadas todas las grietas ocultas que no se hayan detectado en el presente estudio, ser limpiados con una solución de agua y ácido muriático al 10% y proceder al pañetado de la superficie, por lo general a base de cal, arena y cemento (según requiera la normativa). Es importante tener en cuenta la aplicación de productos impermeabilizantes durante este proceso. Finalmente, se recomienda controlar corrosiones por el anclaje de elementos metálicos en los muros.



### **7.4.3 Espadaña**

Se recomienda hacer la estructura nuevamente en concreto reforzado, pues se comportaría de mejor manera ante las condiciones del medio al que está expuesta. Si bien la espadaña era originalmente en madera y según los cánones de la restauración se debe respetar la originalidad de los materiales de los elementos que se restauran, hacerla en este material no tiene mayor importancia puesto que esta zona de la parroquia no se aprecia desde la calle y solo puede ser vista si se accede hasta la iglesia. Por la complejidad de rescatar esta estructura, el espacio de trabajo y el acceso insuficiente, se recomienda eliminar aceros corroídos de la losa, con el propósito de detener la oxidación de las barras, y reforzar este elemento, así como los canes empotrados a los muros. La balaustrada se encuentra totalmente inservible, al igual que los pies derechos (un recalde de estos elementos dañaría la estética del balcón porque pasarían a ser muy anchos). El tejadillo y las vigas aéreas deben igualmente ser reemplazadas.

### **7.4.4 Maderas**

Ningún elemento en madera de la cubierta, bien sean pares, hilera o nudillos, puede ser rescatado por el grave estado en que se encuentran estos elementos, a pesar de no haberse realizado ensayos exploratorios en estos materiales. Los elementos estructurales deben ser reemplazados en su totalidad, y con ellos, salvar elementos ornamentales como grabados en tensores o piedras incrustadas en el almizate.

Se recomienda el uso de maderas recias, de cuerpo entero y no con refuerzos a media luz o en sus bases, por tratarse de un patrimonio el lugar de estudio a nivel nacional. Estas maderas deben estar debidamente envenenadas para evitar comején en ellas, así como mantenerse en un lugar seco tal que garanticen una humedad en obra máxima de 18%. En las conexiones con los muros, se debe aplicar sustancia impermeabilizante tal que aísle la humedad contenida en los muros de la integridad de la madera.



#### **7.4.5 Fachada**

En la fachada observamos ataque de microorganismos, se recomienda su retiro lo más pronto posible. Para esto se debe identificar qué tipo de microorganismos son los que están afectando a la estructura, se debe realizar un estudio específico que determine la fauna que presenta la misma. Existe un estudio en la ciudad realizado en la catedral Santa Catalina de Alejandría que puede servir de base para la planificación de estas actividades. Lo observado en la iglesia Santo Toribio corresponde a los resultados obtenidos en ese estudio y podríamos sugerir seguir las recomendaciones planteadas en el mismo. Si se quiere mayor certeza se recomienda realizar un estudio específico en la iglesia para poder llegar a la mejor solución.



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de la presente investigación ha logrado identificar cada patología presente en la Iglesia Santo Toribio de Mogrovejo de Cartagena de Indias, dato que hasta la presente era de suma importancia para mostrar detalladamente las condiciones físicas de la parroquia. Siguiendo la metodología propuesta en el inicio del proyecto y en estudios previos, se logró localizar y caracterizar las enfermedades que fustigan el edificio y que colocan en tela de juicio su estabilidad a futuro. A partir de estas metas, se logró valorar el estado actual del inmueble y presentar un dictamen formal de la necesidad de implementar medidas urgentes de mitigación ante eventos no previstos. Los autores consideran importante y gratificante los resultados observados por la intención de distintas organizaciones, entre ellas la Arquidiócesis de Cartagena de Indias, en presentar un plan de restauración de esta importante edificación del Centro Histórico.

Gracias a esta investigación, se ha logrado dar respuesta al cuestionamiento de la necesidad de restaurar la iglesia, a través de la exposición de imágenes y fotografías detalladas de los elementos que la constituyen, desde los niveles de fácil acceso hasta lugares donde no se encontraron datos anteriores en la bibliografía, así como la realización de levantamientos patológicos que permitan describir los patrones de afectación de los distintos materiales que conforman el área de estudio.

A pesar de los resultados y recomendaciones dadas en el cuerpo del documento, se resalta la importancia de continuar este tipo de estudios a fondo en la iglesia, por las limitaciones económicas y de permisos para modificar elementos de la parroquia. La no inclusión de datos por exploración directa, mediante ensayos destructivos, calas, extracción de núcleos y toma de muestras en general (bien sean maderas, muros coloniales o concreto reforzado), obvia muchos datos necesarios que podrían modificar las recomendaciones técnicas expuestas en este documento. De igual manera, no ha sido necesario, en algunas zonas, de



requerir este tipo de estudios por el alto grado de afectación de los materiales, suscitando a su inmediata reparación, tal como se apreció en la literatura de apoyo. Se insta también en la exploración de la subestructura y la evaluación sísmica por construcciones aledañas al predio.

Finalmente, no se apreciaron datos inesperados a lo largo de la investigación, salvo el grave estado de la viga cumbreira y los tramos de pares donde escasamente se ha accedido durante los últimos años. En general, las patologías encontradas hacen parte de las tipologías que ha día de hoy se han debidamente estudiado, así también como las formas de enfermedades y sus tendencias a futuro.



## BIBLIOGRAFIA

- BUCHNER, Gerald. La eflorescencia en el hormigón. [Base de datos en línea]. [Consultado 26 de abril. 2012]. Disponible en: <[http://www.ich.cl/docs/presentaciones/texto\\_lutz\\_kohnert\\_4\\_esp.pdf](http://www.ich.cl/docs/presentaciones/texto_lutz_kohnert_4_esp.pdf)>
- LEMAITRE ROMAN, Eduardo. Breve historia de Cartagena De Indias 1501 - 1901. Bogotá 1986.
- Ucross Travel Colombia. Catalogue of Churches for your wedding, 2012. [Base de datos en línea]. [Consultado 23 de Feb. 2012]. Disponible en: <[http://www.ucrosstravel.com/Iglesias\\_Conventos\\_Churches\\_Convents\\_Cartagena\\_Barranquilla\\_SantaMarta\\_Bodas\\_Matrimonios\\_Wedding.php](http://www.ucrosstravel.com/Iglesias_Conventos_Churches_Convents_Cartagena_Barranquilla_SantaMarta_Bodas_Matrimonios_Wedding.php)>
- BROTO I COMERMA, C. Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. Stylish Ideas.
- BETTI, Michele; BARTOLI, Gianni; ORLANDO, Maurizio. Evaluation study on structural fault of a Renaissance Italian palace. EN: Engineering Structures. Agosto, 2008. Vol. 30, Issue 8, p. 2114-2126.
- ZANINI, Enrique. Patología de la madera. Degradación y Rehabilitación de Estructuras de Madera. Editorial Brujas. Brujas, 2008.
- Caracol radio, Caracol. [Base de datos en línea]. [Consultado 26 de Feb. 2012]. Disponible en: <<http://www.caracol.com.co/noticias/matrimonio-de-juan-pablo-20021026/nota/.aspx>>





- BETTI, Michele; VIGNOLI, Andrea. Assessment of seismic resistance of a basilica-type church under earthquake loading: Modelling and analysis. Febrero 2007. Vol. 39, p. 258-283.
- BETTI, Michele; VIGNOLI, Andrea. Numerical assessment of the static and seismic behaviour of the basilica of Santa Maria all’Impruneta. EN: Construction and Building Materials. Diciembre, 2011. Vol. 25, Issue 12, p. 4308-4324.
- APOSTOPOULOS, Charis. SOTIROPOULOS, Panagiotis. Venetian churches of Lefkada, Greece Construction documentation and seismic behaviour “Virgin Mary of the Strangers” EN: Construction and Building Materials. Enero 2007. Vol. 22, p. 434-443.
- USECHE, L. A. Estudio de morteros, pañetes y maderas de la Iglesia Mayor de Villa de Leyva, Instituto Nacional de Vías, INVIAS, Villa de Leyva, julio de 1996.
- CASTILLO, José E. Estudio químico – biológico de los principales agentes deteriorantes de algunos de los materiales antiguos de construcción. Arquidiócesis de Cartagena, Agosto de 1999.
- VARGAS, Gabriela. OSTA, Salim. Diagnostico, propuesta técnica y económica para la rehabilitación del retablo mayor de la Catedral de Cartagena de Indias. Arquidiócesis de Cartagena, Agosto de 1999.
- USECHE, L.A. Portada en Piedra – Palacio de la Inquisición de Cartagena de Indias – Estado de conservación, propuestas de tratamiento. INVIAS, Fundación para la conservación del patrimonio cultural, septiembre de 1996.



- CUETO FERREIRA, José Ángel y GRANGER SERRANO, Eliana. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y vibracional en las murallas de Cartagena de Indias, en el sector que comprende desde las Bóvedas hasta el hotel Santa Clara. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Cartagena D.T y C. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Civil, 2010.
- AGÁMEZ VEGA, Dina Marcela y JARAMILLO ÁLVAREZ, Paola Marcela. Determinación de la vulnerabilidad estructural de las murallas de Cartagena ante los efectos vibratorios producidos por los vehículos articulados de Transcaribe, caso Baluarte de San Ignacio y San Pedro Mártir. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Cartagena D.T y C. Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería Civil, 2010.
- ICOMOS, Comité Nacional Español, Carta del Turismo Cultural, 6<sup>th</sup> versión, 1998
- CADAVID, L, Centro Nacional de Restauración, 1974 – 1992. Bogotá, 1992.
- TAMAYO y TAMAYO, Mario: Diccionario de la investigación científica, 2<sup>a</sup> ed., Limusa, México. 2004. 172 p
- Wikipedia.com. Enciclopedia libre. Cartagena de Indias, Colombia. [Base de datos en línea]. [Consultado 24 de Feb. 2012]. Disponible en:<[http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena\\_de\\_Indias](http://es.wikipedia.org/wiki/Cartagena_de_Indias)>
- < MUÑOZ, Harold Alberto. Evaluación y diagnóstico patológico de las estructuras en concreto. ASOCRETO, Seminario. Bogotá D.C. Noviembre de 2001.
- SÁNCHEZ DE GUZMÁN Diego, Durabilidad y Patología. Instituto del Concreto, ASOCRETO, ISBN 958-96709-7-0



- NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 5551. Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto. ICONTEC. Edición 2007
- BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO, Banco de la republica [Base de datos en línea]. [Consultado 26 de Feb. 2012]. Disponible en: <<http://www.blaa.com.co/catalogo/manustritos-librosraros/nota/160096.aspx>>
- CARPIO UTRILLA, Cesar. Rescate de edificios dañados por sismos. Memorias congreso nacional de administración y tecnología para la arquitectura, ingeniería y diseño. México 2008
- PANOZCO, Mario A. Patología de las estructuras. [Base de datos en línea].[Consultado 24 de marzo 2012]. Disponible en: <<http://www.slideshare.net/angelcaido646x/patologia-de-las-estructuras>>
- TEJADA CAROFALO Pedro, Seminario “Patología y Rehabilitación de Edificios”, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, Centro de Actualización Conocimientos Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de Cuba, VIII Etapa – XXIV Jornadas de Ingeniería Civil 30 de Junio dl 4 de Julio de 1997.
- ESPAÑA, José F. PUELLO, Esteban J. ALMANZA, Edilber E. Resistencia estructural empírica de la mampostería de tipología colonial en Cartagena de Indias. Revista Educación en Ingeniería. Asociación Colombiana de facultades de Ingeniería. N°8, págs. 142-154. Diciembre, 2009.