

Evaluación del deterioro y respuesta sísmica en la cubierta de madera del complejo histórico La Gran Convención (Ocaña)

Autor 1: Diomar Andres Arevalo Criado¹

Tutor: Walter Mauricio Barreto Castillo ²

¹ *Facultad de Ingeniería civil, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
Diomar.criadoare@usantotomas.edu.co*

² *Facultad de Ingeniería civil, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
walterbarreto@usta.edu.co*

Resumen

El desarrollo de la presente investigación contempla la evaluación del deterioro y el análisis computacional en SAP2000 de la cubierta en madera del Complejo Histórico la Gran Convención en Ocaña (Norte de Santander-Colombia), con el propósito de analizar cómo las condiciones de degradación de la madera influyen en su comportamiento estructural. El estudio permitió determinar algunos puntos localizados en donde la madera de la cubierta presenta pudrición por exceso de humedad. Los hallazgos del análisis computacional por medio de la herramienta SAP2000, comprobaron que actualmente la cubierta cumple con cargas de servicio, pero reduciendo su resistencia al 50%, se pudo concluir que, aunque se cumplen con cargas gravitacionales, se supera el límite de la deflexión máxima para las vigas existentes con problemas de pudrición. Como contribución y resultado del estudio, se recomienda reemplazar los elementos de la cubierta que presentan una pudrición localizada antes que sufran una pérdida de resistencia superior al 50%.

Palabras claves:

Estructuras de madera, pudrición de la madera, organismos xilófagos, humedad, simulación computacional.

Introducción

Las cubiertas de madera representan uno de los elementos constructivos más significativos dentro de las edificaciones tradicionales del patrimonio colombiano, especialmente en aquellas construidas durante la época colonial. Este tipo de sistema, tiene un papel determinante en la protección de una edificación frente a las condiciones medioambientales, contribuyendo al confort térmico y a la durabilidad de las estructuras. (Pulgarín, 2017). Sin embargo, el paso del tiempo y la exposición a condiciones adversas como la humedad, el ataque biológico y las variaciones térmicas, han generado procesos de deterioro que comprometen la integridad de las estructuras (Alfieri, 2018). Estos

fenómenos de degradación reducen la rigidez y capacidad portante de los elementos de madera, afectando la seguridad y durabilidad de las cubiertas (Pinilla et al., 2024).

El estado de conservación de una cubierta en madera influye directamente en su comportamiento sísmico, ya que las pérdidas de sección o uniones debilitadas pueden alterar la distribución de cargas y el desempeño dinámico global (Parisi et al., 2020). Según Build Change, (2022), muchas edificaciones históricas carecen de un mantenimiento estructural adecuado, por lo cual, la evaluación conjunta del deterioro y de la respuesta sísmica de las cubiertas de madera se plantea como una herramienta esencial para orientar acciones de conservación preventiva y refuerzo estructural, en la preservación del patrimonio construido. (Kirizsán, 2024)

Por lo anterior, la presente investigación tiene como propósito analizar el deterioro mediante una inspección visual y patológica, para posteriormente por medio de un análisis computacional evaluando un elemento representativo mediante SAP2000, determinar la resistencia y capacidad de la cubierta del Complejo Histórico La Gran Convención en el Municipio de Ocaña, estableciendo la relación entre el nivel de daño del material y el comportamiento estructural.

Planteamiento del problema

Según Osorio (2017), la evaluación patológica y estructural de edificaciones comprende el prediagnóstico, diagnóstico y definición de tratamientos, permitiendo identificar el deterioro de materiales, elementos y sistemas constructivos, lo cual es fundamental en construcciones patrimoniales para prolongar su vida útil (Leal, 2016). En cubiertas de madera, muchos daños pasan desapercibidos debido a la instalación de cielos rasos, que dificultan la inspección y retrasan la detección de patologías (Pico & Ruiz, 2018). La conservación del patrimonio exige enfoques integrales que articulen criterios técnicos y de gestión, como las metodologías multicriterio MIVES, las cuales permiten evaluar y jerarquizar patologías para apoyar la toma de decisiones (Martínez, 2023). Estos enfoques suelen centrarse en el diagnóstico y no consideran de forma explícita la interacción estructural ni el riesgo asociado al deterioro progresivo. (Rubio, 2022).

Factores como la falta de mantenimiento, la antigüedad y la acción sísmica favorecen la generación de fisuras y filtraciones en cubiertas, incrementando la humedad y propiciando el ataque de agentes biológicos. Este proceso reduce la resistencia mecánica de la madera, comprometiendo la integridad estructural del paciente. (Parada, 2013)

En este contexto, la investigación analiza elementos de madera de la cubierta del Complejo Histórico La Gran Convención, integrando la caracterización del material con el análisis computacional en SAP2000 de un elemento representativo, con el propósito de evaluar cómo distintos niveles de deterioro influyen en su comportamiento estructural y capacidad resistente, permitiendo establecer criterios técnicos para la identificación de condiciones críticas y la definición de intervenciones tempranas de conservación.

Objetivos (general y específicos)

General: Analizar la relación entre el deterioro del material y el comportamiento estructural de cubiertas de madera, mediante la integración del diagnóstico patológico y la modelación estructural computacional, tomando como caso de estudio la Complejo Histórico La Gran Convención de Ocaña, con el fin de establecer criterios técnicos que orienten su conservación y refuerzo estructural.

Específicos: Clasificar los factores y manifestaciones de deterioro presentes en los elementos de madera de la cubierta del caso de estudio, mediante ensayos de laboratorio.

Simular el comportamiento estructural de la cubierta mediante modelación computacional en SAP2000 de un elemento representativo bajo diferentes niveles de deterioro.

Establecer criterios técnicos de conservación y refuerzo estructural, basados en la correlación entre el diagnóstico patológico y los resultados del análisis estructural, para contribuir a la gestión preventiva del patrimonio construido.

Marco teórico y Conceptual

Con respecto a la conservación de edificaciones patrimoniales, según Martínez G. (2023) requiere un gran esfuerzo por parte de las autoridades y la comunidad en general. Por ello, se plantea el uso de una herramienta metodológica de análisis de multicriterio MIVES (Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles) que permitirá evaluar y comparar las patologías existentes en los edificios históricos de manera integral y jerarquizada, teniendo en cuenta múltiples criterios para la toma de decisiones (RUBIO, 2022). Esta investigación plantea listas de chequeo que pueden ser de utilidad para diagnosticar una edificación a nivel patológico, pero no caracteriza la interacción de la estructura y el riesgo que puede presentar si no se atiende a tiempo el deterioro progresivo.

Por otra parte, según Carballo R. (2021), para determinar el mecanismo del deterioro y el daño se analiza cómo los daños y deterioros modifican el comportamiento estructural de edificios históricos mediante caracterización dinámica por vibración ambiental y el método de Nakamura (H/V), con el objetivo de correlacionar daños observados con cambios de respuesta (frecuencias/rigidez). El método registra microtemores en tres ejes, procesa la señal y obtiene la frecuencia fundamental, parámetro útil para inferir el estado estructural; la frecuencia depende directamente de la rigidez y su variación es indicativa de deterioro. En este caso con relación al uso de esta técnica en la identificación de fallencias estructurales de cubiertas con estructuras de madera, fallas de estanqueidad y drenaje en la cubierta favorecen la humedad en la subestructura de madera y en juntas/tejas, lo que reduce rigidez local y puede reflejarse en cambios de frecuencia global; por ello, la medición H/V antes y después de acciones de conservación en la cubierta permite verificar recuperación de rigidez y efectividad de la intervención.

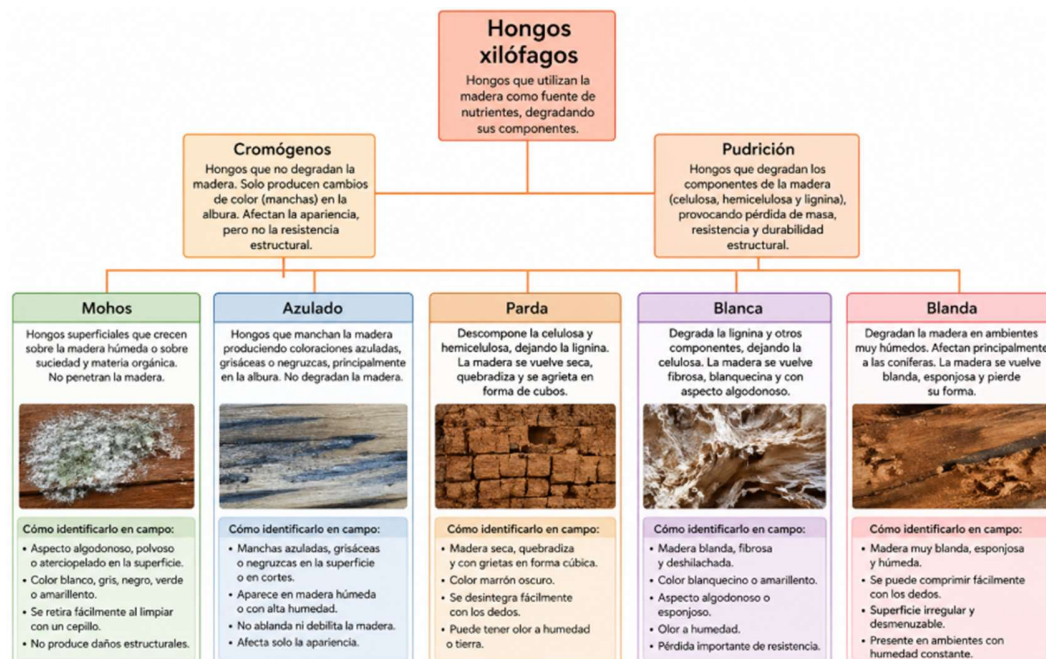
Según Martínez M. (2015), la conservación preventiva del patrimonio cultural inmueble puede fortalecerse mediante metodologías de monitoreo continuo, utilizando registradores, sensores inalámbricos y otras técnicas no invasivas que permiten caracterizar las

condiciones ambientales interiores y exteriores (temperatura, humedad, insolación, CO₂, entre otras). Esta aproximación es valiosa porque evita alterar los materiales originales y proporciona información confiable para comprender los factores que inciden en su deterioro.

En el caso de la presente investigación, este enfoque resulta pertinente, ya que la cubierta del Complejo Histórico La Gran Convención no admite intervenciones destructivas por su condición de Bien de Interés Cultural (BIC). Por ello, se propone aplicar métodos no invasivos de inspección y registro de datos, complementados con ensayos controlados en laboratorio sobre muestras de madera representativas. Este procedimiento permitirá calibrar los modelos estructurales computacionales y establecer una correlación entre el deterioro físico del material y su comportamiento estructural, lo que constituye el elemento diferenciador de este estudio frente a otros trabajos de diagnóstico convencional. Con relación a las diferentes patologías de la madera, y teniendo en cuenta el enfoque del estudio, se destacan los principales conceptos:

Hongos xilófagos: Son los encargados de la pudrición en madera debido a que no producen clorofila por lo que son incapaces de elaborar su propio alimento a partir de la luz solar, y se ven obligados a depender de otros organismos vivos o muertos (Cruz de León, 2010). Estos hongos actúan cuando la madera se encuentra expuesta a altos contenidos de humedad, atacando la pared celular degradando la lignina de la madera, lo que ocasiona el deterioro del material (Remacha A., s.f.). Los hongos xilófagos pueden ser cromógenos, cuando solo manchan la madera de forma superficial o de pudrición cuando descomponen la estructura celular. Ver figura 1.

Figura 1. Clasificación de Hongos xilófagos



Nota. Fuente: Cruz de León (2010), modificado por Autor.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se establecen tres fases interrelacionadas: diagnóstico patológico, análisis estructural computacional y formulación de criterios de intervención y recomendaciones. En la primera fase se realiza una inspección visual sistemática de la cubierta, con el fin de identificar y clasificar las patologías presentes, principalmente aquellas asociadas a humedad y pudrición. Posteriormente como parte del diagnóstico se realiza un ensayo de flexión sobre una muestra de madera existente perteneciente a la cubierta para determinar sus propiedades mecánicas, específicamente la resistencia y el módulo de elasticidad (datos necesarios para validar la modelación), el cual se determina mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{P \cdot L^3}{4 \cdot \delta \cdot I}$$

donde E es el módulo de elasticidad, P la carga aplicada, L la luz del elemento, δ la deflexión medida e I el momento de inercia de la sección.

En la segunda fase se desarrolla el análisis estructural computacional mediante la herramienta SAP2000, estableciendo las flexión y resistencia máxima para las condiciones existentes y para un escenario de falla reduciendo al 50% la resistencia de material. Finalmente, en la tercera fase se establecen criterios técnicos de conservación y refuerzo estructural, a partir de la correlación entre el diagnóstico patológico y los resultados del análisis estructural, permitiendo definir estrategias de intervención acordes con el nivel de deterioro, bajo principios de conservación y criterios normativos, con el fin de contribuir a la gestión preventiva del patrimonio construido.

Resultados y Analisis

- **Caracterización y diagnóstico patológico de la cubierta**

Ubicación y Contexto: El paciente, es una construcción histórica, la cual es un inmueble catalogado como patrimonio de bien cultural según la Ley 75 de 1937 (artículo 5o), que tiene su historia desde el siglo XVI, denominado El Complejo Histórico La Gran Convención ubicado en el Municipio de Ocaña departamento Norte de Santander, está constituida por el templo de San Francisco, el antiguo convento de la orden franciscana y plazuela, denominada de la Gran Convención. En este contexto el paciente objeto de estudio corresponde a la cubierta del antiguo convento de la orden franciscana, en donde actualmente funciona la Biblioteca Pública Municipal “Luis Eduardo Páez Courvel”, la Academia de Historia de Ocaña y el Museo Histórico que hace parte de la red Nacional de Museos del Ministerio de Cultura. Ver figura 2.

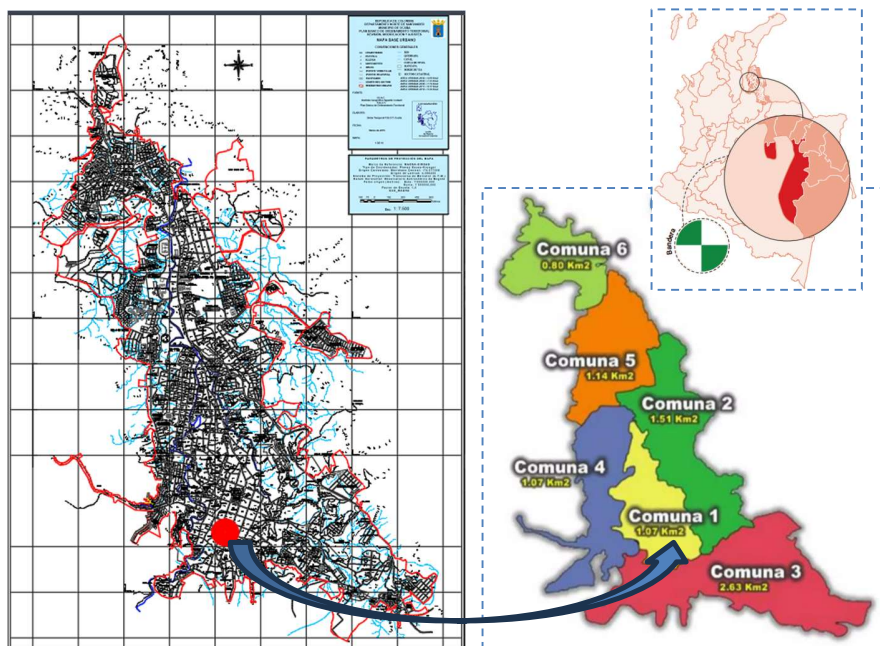
Figura 2. Estado Actual de Complejo Histórico La Gran Convención



Nota. Fuente: Autor.

El paciente se encuentra ubicado en la comuna 1, en el centro del municipio de Ocaña Norte de Santander, y cuenta con una extensión territorial de 460 km², que corresponde al 2,2% del departamento, su altitud mínima es de 761 m.s.n.m y la máxima es de 1.202 m.s.n.m. lo que la clasifica como una región con pisos térmicos templados. (Asomunicipios 2022). Ver figura 3.

Figura 3. Localización Geográfica del paciente caso de estudio

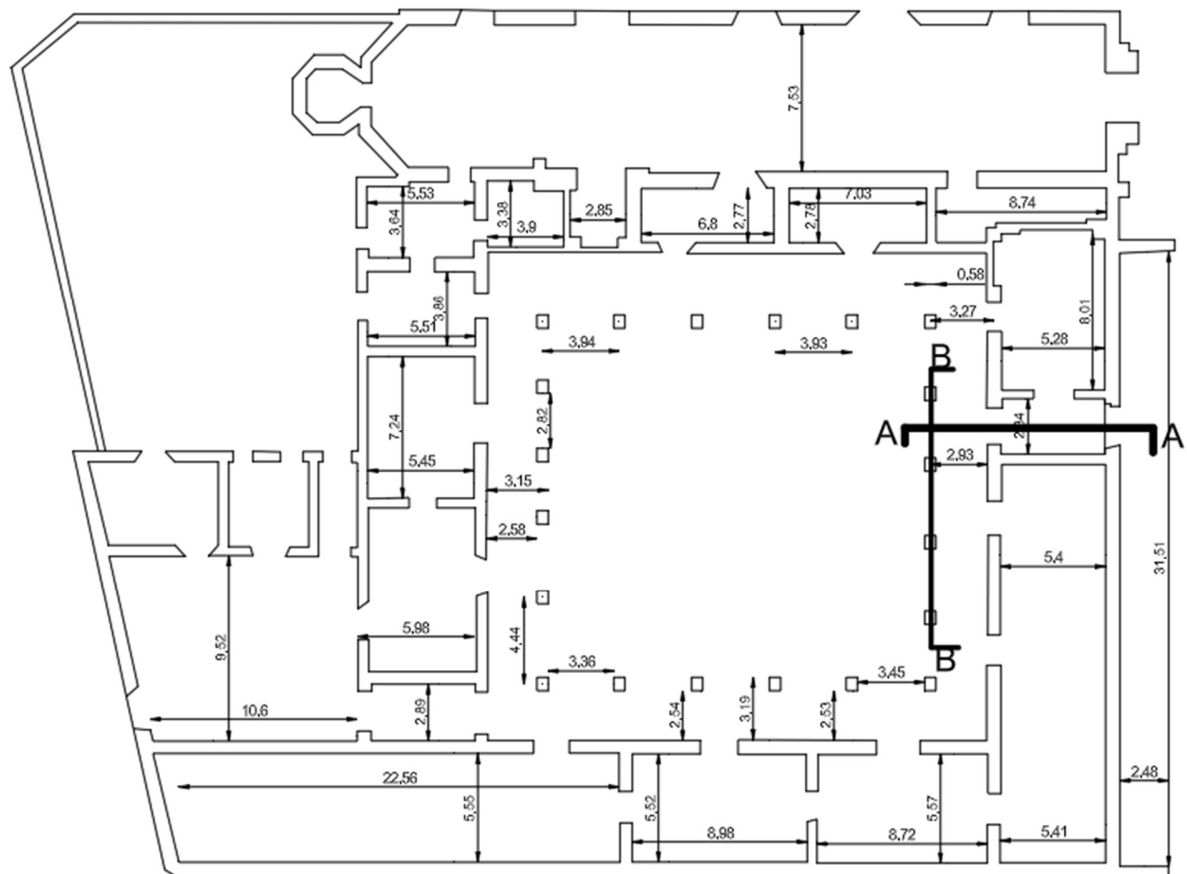


Nota. Fuente: Imagen margen izquierdo, Yaruro (2014). Imagen Margen Derecho, Asomunicipios (2022).

Sistema constructivo y Materialidad: El caso de estudio presenta un sistema estructural típico de edificaciones coloniales, compuesto por muros portantes en tapia pisada que resisten cargas gravitacionales, complementados con columnas de adobe que soportan vigas longitudinales y transmiten las cargas de la cubierta hacia la cimentación y posteriormente al suelo.

Con relación a la cubierta, es una estructura de madera a dos aguas con cumbrera central, conformada por vigas y viguetas, sobre las cuales se dispone un sistema multicapa de latas de madera, recubrimiento en barro y teja de barro cocido. Geométricamente, la cubierta presenta una luz aproximada de 5.40 m y una altura en cumbrera de 2.01 m, con longitudes inclinadas ligeramente asimétricas y voladizos cercanos a 0.56 m. Ver figura 4, esquema general en planta del caso de estudio y figura 5 y 6 ver cortes de sección, las cuales se usarán para el respectivo análisis de modelación en SAP2000.

Figura 4. Vista en Planta Paciente Complejo Histórico La Gran Convención



SECCIÓN B-B'

Estado Actual: A partir de la inspección visual y el reconocimiento estructural en campo, se identifican puntos críticos de evaluación patológica en la cubierta. En los elementos de madera, especialmente vigas cargueras, se evidencian zonas con pudrición superficial, susceptibles a pérdida de rigidez, deformaciones y ataque biológico. Las tejas de barro presentan decoloración hacia tonalidades oscuras, asociada a envejecimiento y colonización biológica, además de posibles fallas en el solape que facilitan la infiltración de agua. El recubrimiento en barro muestra fisuración y pérdida de cohesión, reduciendo su capacidad de sellado y favoreciendo la transmisión de humedad hacia la madera. Finalmente, las conexiones entre vigas y apoyos (muros o columnas) constituyen puntos vulnerables, donde la humedad puede generar aplastamiento, debilitamiento de uniones y pérdida de sección efectiva, comprometiendo la estabilidad local del sistema. Ver figura 7.

Figura 7. *Estado Actual de la Cubierta Complejo Histórico La Gran Convención*



Nota: Fuente: Autor.

Antecedentes: Según la Academia de Historia de Ocaña, la construcción del templo que integra el actual Complejo Histórico La Gran Convención se inició entre 1583 y 1584 bajo la dirección de fray Francisco Gaviria, séptimo provincial de la orden franciscana en la región, y fue finalizada en 1633. Inicialmente, la edificación se destinó al adoctrinamiento de comunidades indígenas y al desarrollo de actividades de culto católico para poblaciones de blancos y mestizos, pero con el paso del tiempo, el inmueble ha sido objeto de transformaciones funcionales que han permitido su adaptación a nuevos usos sin perder su valor patrimonial. Actualmente, alberga la Biblioteca Pública de Ocaña, el museo de la ciudad y espacios de la Academia de Historia, evidenciando su continuidad en el servicio comunitario.

Antecedentes Académicos: En el ámbito académico, se destaca el trabajo de grado desarrollado por Arias y Quintero (2019), en el cual se llevó a cabo una evaluación patológica preliminar del Complejo Histórico La Gran Convención. Dicho estudio incluyó un levantamiento topográfico del inmueble y una inspección visual detallada, mediante la

cual se identificaron diversas manifestaciones de deterioro en elementos constructivos y estructurales de la edificación, determinando solo características superficiales de acabados en muros.

Historia Clínica: Para la elaboración de la historia clínica del paciente, adoptó la metodología de inspección rápida FEMA 154, como herramienta de diagnóstico preliminar, igualmente se realizan fichas de verificación y clasificación las cuales se pueden apreciar en el anexo de la presente investigación. Dichas fichas de verificación resultan en que la cubierta existente presenta lesiones que pueden agravarse. Con relación a la pudrición localizada en algunos puntos de la cubierta se determina lo siguiente:

Identificación del elemento: Se presentan lesiones en vigas cargueras y viguetas que conforman el entramado de soporte del barro y la teja-.

Inspección visual: De acuerdo a la evidencia de la figura 7, se observa manifestación de manchas marrón oscuro a negras, en algunas vigas cargueras, y manchas totalmente negras en algunos puntos localizados de la cubierta, lo se asemeja a pudrición del material, sin desintegración o pérdida de sección aparente.

Tipo de lesión: De acuerdo a la inspección visual, es posible que exista la presencia de hongos xilófagos, producto del exceso de humedad de la madera causado por filtraciones o deterioro de las tejas de barro, en donde para algunas vigas identificadas se observa la presencia de hongos cromógenos debido solo a un cambio de coloración del material sin evidencia alguna de pérdida de resistencia, por otra para existen dos puntos localizados de la cubierta en donde el material se encuentra totalmente negro, lo que alude a una posible presencia de hongos de pudrición parda en condición activa con un estado de pudrición intermedio, dado que no se pudo verificar la fragilidad de la falla debido a la altura de la cubierta, al igual que aparentemente el material no ha perdido su sección, pero se destaca la lesión por su color totalmente negro, el cual es un síntoma distinguible de la lesión por pudrición en estado progresivo.

Mecanismo de deterioro: Se puede observar que la cubierta carece de un canal de recolección de aguas lluvias al igual que fallas por filtraciones, son indicadores de la presencia de humedad, dado que las lesiones identificadas, se ubican en la extremo final de la pendiente baja de la cubierta, por lo cual debido a las condiciones atmosféricas y a los periodos de lluvias, generan las condiciones propicias para el crecimiento de hongos xilófagos, los cuales degradan la celulosa de la madera provocando el oscurecimiento del material y la reducción progresiva de sus propiedades mecánicas.

Ensayos: La determinación de las propiedades mecánicas se realiza mediante la NTC 663, la cual permite establecer el comportamiento ideal de la madera en condiciones controladas; en este caso se logra obtener un testigo de la materialidad de la cubierta existente, para posteriormente ensayar a flexión en laboratorio. Ver figura 8.

Figura 8. Realización de ensayo a flexión en probetas de madera



Nota: Fuente: Autor.

Los valores obtenidos del ensayo de resistencia a flexión, se pueden apreciar en la siguiente tabla 1. El gráfico de Carga-Deformación se observa en la figura 9.

Tabla 1. Resultados de ensayo a Flexión

Deformación (divisiones)	Deformación (mm)	Deformímetro de carga	Carga (N)
0	0	0	0
20	0.412	2	118.3742
40	0.836	4	257.9186
60	1.287	6	418.5629
80	1.795	8	612.4473
100	2.356	10	846.9321
120	3.082	13	1128.5634
150	3.874	16	1496.2478
180	4.781	20	1893.7542
210	5.846	23	2297.4386
240	6.934	27	2684.9157
270	8.217	30	3076.3289
300	9.578	34	3442.8156
330	11.024	37	3725.9043
360	12.486	40	3928.4475
400	13.978	43	4056.8297
450	15.472	46	4122.6385
500	16.983	48	4150.2846

Figura 9. *Grafica de carga-deformación*



De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo a flexión, a continuación, en la tabla 2, se puede apreciar el resultado de los datos obtenidos.

Tabla 2. *Resumen de resultados ensayo a flexión probeta de madera*

Parámetro	Valor
Carga Máxima (N)	4150.2846
Deformación Máxima (mm)	16.983
$\sigma_{\text{máx}}$ (MPa)	57.874
I (mm ⁴)	125052.083
E (GPa)	10.642
% Humedad	13.5

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de flexión bajo la norma NTC 663, la muestra evaluada presenta un módulo de rotura ($\sigma_{\text{máx}}$) de 57.87 MPa y un módulo de elasticidad (E) de 10.64 GPa, con un contenido de humedad aproximado del 13.5%. Estos valores permiten clasificar el material como una madera de buen desempeño estructural, con adecuada capacidad resistente y rigidez en condiciones de laboratorio. En cuanto al módulo de elasticidad obtenido (10.64 GPa) es consistente con maderas estructurales de uso común, mostrando una rigidez comparable con el pino radiata y cercana al límite inferior del roble colombiano. Esto sugiere que el material tiene un comportamiento adecuado frente a deformaciones.

Vale la pena resaltar que estos resultados corresponden a condiciones controladas de laboratorio, en probetas pequeñas y libres de defectos. En condiciones reales, como las observadas en la estructura del caso de estudio, factores como la humedad, el envejecimiento del material, la presencia de fisuras y el ataque biológico pueden generar una reducción significativa en estas propiedades mecánicas.

Diagnóstico: La estructura de cubierta presenta una patología activa por humedad crónica, que ha inducido procesos de pudrición parda en fase incipiente a intermedia, generando una afectación moderada del sistema estructural.

Aunque no se evidencia falla inmediata, la continuidad del agente causal compromete progresivamente la capacidad resistente de los elementos, por lo que se requiere intervención prioritaria enfocada en el control de humedad y la conservación de la madera. En la siguiente tabla 3 se resumen las patologías identificadas:

Tabla 3. *Diagnóstico de patologías identificadas*

PATOLOGÍA	CAUSA	DIAGNÓSTICO TÉCNICO
Humedad por filtración	Fallas en tejas, pendientes inadecuadas, deficiencia en drenaje	Ingreso continuo de agua que eleva el contenido de humedad de la madera por encima de niveles críticos (>20%), generando condiciones para deterioro físico y biológico
Manchado fúngico (decoloración)	Presencia de humedad persistente	Colonización superficial de hongos cromógenos que producen alteraciones de color (negro/marrón) sin pérdida estructural significativa en etapa inicial
Biodeterioro por hongos xilófagos	Condiciones de humedad y ventilación deficiente	Ataque biológico activo que inicia la degradación de componentes de la madera, afectando progresivamente sus propiedades mecánicas
Pudrición parda (fase incipiente–intermedia)	Humedad prolongada y actividad fúngica	Degradación de la celulosa, evidenciada por oscurecimiento del material, sin presencia aún de grietas cúbicas, indicando etapa no avanzada pero activa
Deterioro superficial de la madera	Exposición ambiental y falta de mantenimiento	Alteración de la capa externa de la madera con posibles pérdidas iniciales de material, sin compromiso estructural severo inmediato
Riesgo de pérdida de capacidad estructural	Progresión del deterioro biológico	Reducción potencial de resistencia mecánica debido a la degradación interna, con riesgo de evolución a falla si no se controla el agente causal

- **Simulación del comportamiento estructural de la cubierta con SAP2000**

Datos de entrada: Para comenzar con el modelo en el software SAP200, es importante valorar las cargas gravitacionales de la estructura. Ver tabla 4.

Tabla 4. *Evaluación de cargas para cubierta caso de estudio*

CARGA MUERTA	CARGAS
Teja de barro cocido sin mortero	0.50 kN/m ²
Barro/mortero de asiento o regularización	0.20 kN/m ²
Esterilla / lata / soporte secundario	0.05 kN/m ²
Madera estructural de cubierta	0.10 kN/m ²
Carga muerta total D	0.85 kN/m²
CARGA VIVA L	CARGAS
Carga viva de cubiertas	1 kN/m ²
TOTAL, CARGAS DE SERVICIO	1.85 kN/m²

Según la norma NSR-10, recomienda el uso de cargas mayoradas para diseño, y en este caso se recomiendan las siguientes:

$$1.4D = 1.19 \text{ kN/m}^2$$

$$1.2D + 1.6L = 2.62 \text{ kN/m}^2$$

Por lo anterior, la carga ultima a utilizar en la modelación corresponde a:

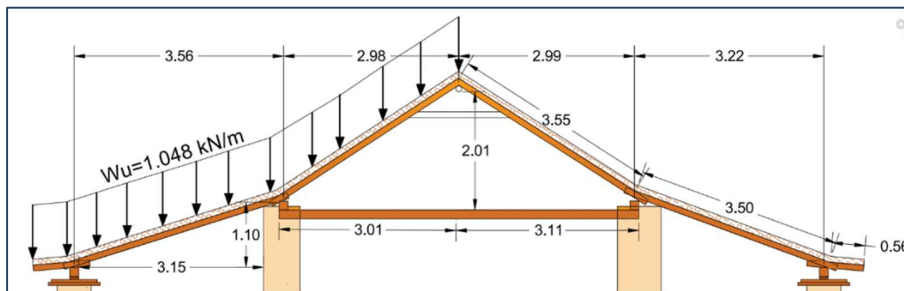
$$q_u = 2.62 \text{ kN/m}^2$$

Una vez establecida la carga ultima, por metro cuadrado, se calcula la carga distribuida a lo largo de cada una de las viguetas que conforman el entramado de la cubierta. dichas viguetas son soportadas por las vigas de carga, que soportan las viguetas espaciadas a cada 40 cm corresponde a:

$$w_u = 2.62 \text{ kN/m}^2 \times 0.40 = 1.048 \text{ kN/m}$$

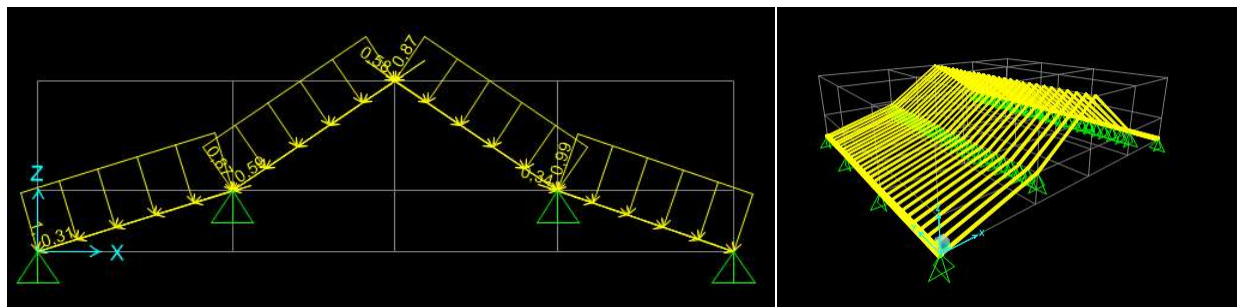
Para el modelo de análisis se usa una carga lineal de 1.048 kN/m. Ver figura 10.

Figura 10. Esquema de cubierta con cargas asignadas



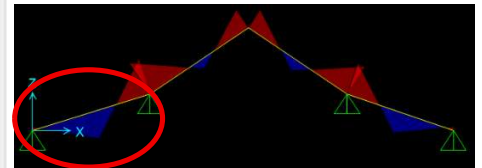
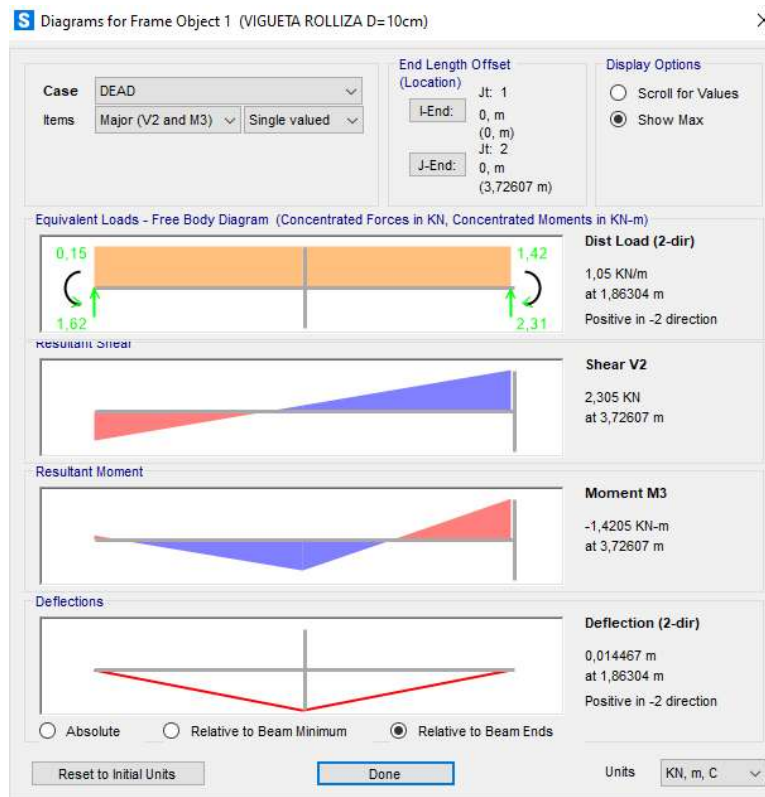
En la figura 11, se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre modelado en SAP2000.

Figura 11. Modelación en SAP 2000



De acuerdo a la figura 11, el modelo planteado se establece con apoyos no empotrados, dado que se trata de una cubierta que no restringe el movimiento en los diferentes ejes de un apoyo empotrado que genera momento, en este sentido al tratarse de una estructura en madera que funciona como un elemento simplemente apoyado, se desprecian los momentos. Para un escenario en las condiciones reales, Ver figura 12, Resultados

Figura 12. Resultados de modelación para condiciones iniciales de vigueta



De acuerdo a la figura 14, para determinar si cumple con la materialidad del elemento, teniendo en cuenta que se toma un elemento como viga simplemente apoyada se tiene:

1. Verificación por flexión:

Para sección circular:

$$S = \frac{\pi D^3}{32}$$

$$S = \frac{\pi (0.10)^3}{32} = 0.00009817 \text{ m}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$\sigma = \frac{1.421}{0.00009817} = 14.47 \text{ MPa}$$

$14.47 < 57.87 \text{ MPa}$ ok. Cumple por flexión frente al valor experimental.

2. Verificación por cortante:

Área:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(0.10)^2}{4} = 0.00785 \text{ m}^2$$

$$\tau \approx \frac{4V}{3A}$$

$$\tau = \frac{4(2.305)}{3(0.00785)} = 0.39 \text{ MPa ok. Cumple preliminarmente por cortante.}$$

3. Verificación por deflexión:

$$\Delta_{adm} = \frac{L}{240}$$

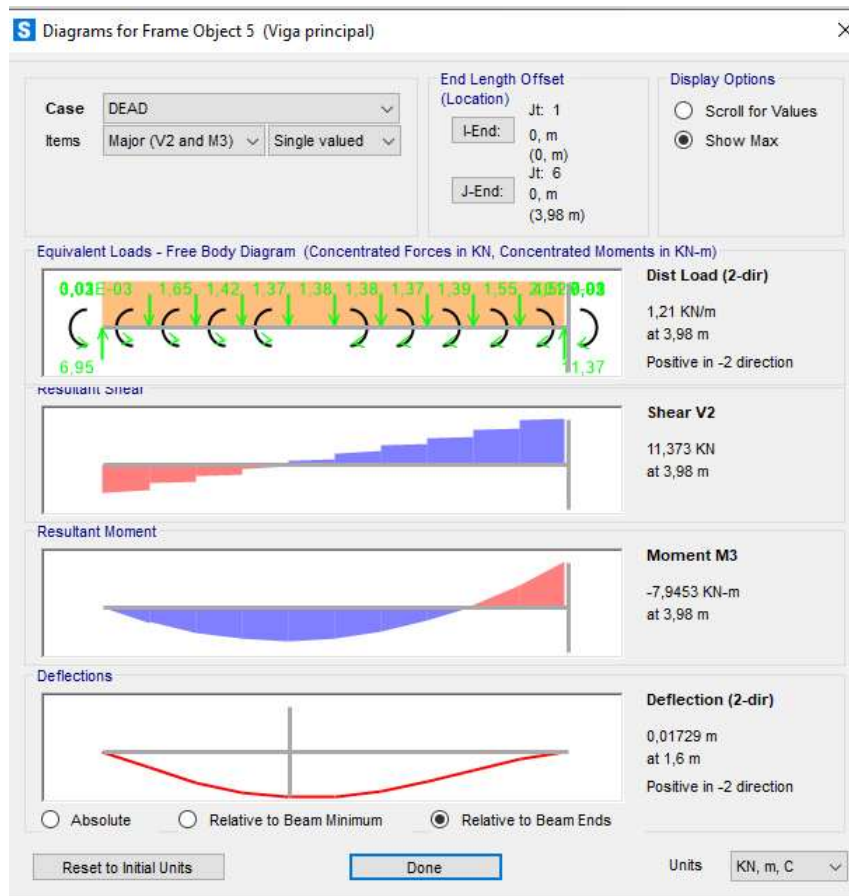
$$\Delta_{adm} = \frac{3726}{240} = 15.53 \text{ mm}$$

14.47 < 15.53 ok. Cumple por deflexión.

Diagnóstico. La vigueta rolliza de 10 cm de diámetro cumple para las condiciones analizadas por flexión, cortante y deflexión. Su comportamiento es aceptable frente a la carga ultima aplicada en el modelo.

En la figura 13, se puede observar el resultado del modelado computacional para una viga principal.

Figura 13. Resultados de modelación para condiciones viga carguera



$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{7.945}{0.0005625} = 14.12 \text{ MPa}$$

14.12 < 57.87 MPa ok. Cumple por flexión frente al valor experimental.

2. Verificación por cortante

$$A = 0.15 \times 0.15 = 0.0225 \text{ m}^2$$

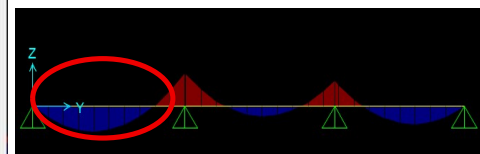
$$\tau = \frac{1.5V}{A}$$

$$\tau = \frac{1.5(11.373)}{0.0225} = 0.758 \text{ MPa ok. Cumple preliminarmente por cortante.}$$

Con el fin de encontrar variaciones en diferentes escenarios de falla se reduce la resistencia a la flexión obtenida experimentalmente ($\sigma_{max} = 57.87 \text{ MPa}$), en un 50%, por lo cual el nuevo modelo de SAP2000, se hace la variación utilizando la nueva resistencia de $\sigma_{diseno} = 28.94 \text{ MPa}$.

Realizando nuevamente el proceso de modelación, en este caso para la viga principal, utilizando la resistencia a la flexión reducida al 50% se obtiene: Ver figura 14.

Figura 14. Resultados de viga principal con reducción el 50% de la resistencia



De acuerdo a la figura 14, se puede apreciar que los elementos de madera actualmente cumplen con cargas gravitacionales en las condiciones actuales, no obstante, cuando se superpone un escenario de falla y deterioro de la resistencia en un 50%, los elementos estructurales a pesar de que siguen cumpliendo con la resistencia de las cargas superan la deflexión máxima límite para el tipo de material.

$$\text{Limite de flexión: } \Delta_{adm} = \frac{3980}{240} = 16.58 \text{ mm}$$

Comparación: $17.29 > 16.58$ No Cumple

- **Criterios técnicos de conservación y refuerzo estructural de cubiertas en madera**

Los criterios técnicos de conservación y refuerzo estructural para el Complejo Histórico La Gran Convención se establecen a partir de la integración del diagnóstico patológico, la caracterización mecánica de la madera y la evaluación de vulnerabilidad sísmica mediante FEMA 154, con el propósito de definir intervenciones compatibles con el estado real de la estructura y su valor patrimonial.

El análisis permitió identificar que el principal mecanismo de deterioro corresponde a la acción de la humedad, la cual afecta de manera predominante los elementos de madera especialmente en zonas de apoyo y conexiones, generando procesos de biodeterioro progresivo asociados a pudrición parda en fase incipiente a intermedia. Si bien los ensayos de flexión realizados conforme a la NTC 663 evidencian que el material conserva propiedades mecánicas aceptables en condiciones controladas, su desempeño puede estar comprometido por la acción continua de la humedad, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural del sistema de cubierta.

En este contexto, los criterios de intervención se orientan bajo principios de intervención mínima, priorizando el control de los agentes causales del deterioro y la conservación de los elementos estructurales existentes.

En la Tabla 5 se presenta la síntesis de los criterios técnicos definidos para la conservación y el refuerzo estructural del caso de estudio, estructurados en función de las condiciones patológicas identificadas.

Tabla 5. *Criterios técnicos de conservación*

Patología	Causa	Criterio técnico de conservación
Humedad por filtración en cubierta	Fallas en tejas, pendientes y drenaje	Intervenir prioritariamente la fuente de humedad (reparación de cubierta, drenajes y pendientes). Ninguna intervención sobre la madera es efectiva sin eliminar este agente causal.
Manchado fúngico (fase inicial)	Humedad persistente	Realizar limpieza técnica y secado controlado. No se requiere reemplazo. Corresponde a una fase reversible si se controla la humedad.

Biodeterioro por hongos xilófagos	Contenido de humedad elevado (>20%)	Aplicar tratamiento fungicida y mejorar ventilación. El objetivo es detener el crecimiento biológico mediante control ambiental y protección química compatible.
Pudrición parda (incipiente–intermedia)	Humedad prolongada + actividad fúngica	Definir intervención según extensión: si el daño es localizado, aplicar saneamiento y consolidación; si es extendido, realizar reemplazo parcial selectivo. El criterio se basa en la profundidad del deterioro.
Madera con degradación localizada	Evolución del proceso patológico	Eliminar material afectado, aplicar endurecedores o consolidantes, y posteriormente proteger la superficie (sellantes o recubrimientos).
Riesgo estructural progresivo	Avance de la pudrición	Evaluar capacidad resistente. En caso necesario, aplicar refuerzos compatibles (placas, elementos suplementarios) sin alterar el sistema estructural ni generar rigideces incompatibles.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio patológico y la historia clínica del paciente caso de estudio, evidencian que el sistema de cubierta presenta un deterioro activo dominado por el exceso de humedad producto de una filtración constante por fallas en el entramado de la cubierta conformado por lata, barro y tejas de arcilla cocida, la cual ha generado degradación localizada en los elementos de madera, especialmente en zonas de apoyo y conexiones. Este comportamiento no corresponde a una falla estructural global, sino a un proceso progresivo, en donde se determina por medio de la historia clínica que la edificación caso de estudio presenta lesiones moderadas por presencia de hongo xilófagos, los cuales en algunos puntos de la cubierta son cromógenos dado que solo han alterado la coloración parcial de los elementos de madera, pero en otros puntos aparentemente son hongos pardos de pudrición ya que el material se encuentra totalmente negro, pero sin pérdida aparente de sección. En conclusión, la cubierta existente del Complejo Histórico La Gran convención de Ocaña, presenta una lesión activa moderada de hongo xilófago de pudrición por exceso de húmeda, la cual puede ser progresiva si no se toman las medidas correctivas pertinentes. Se recomienda la impermeabilización de la cubierta en las zonas donde exista presencia del hongo xilófago, y por ende el retiro y remplazo de los elementos de madera con degradación totalmente negra.

En conclusión, el análisis realizado en SAP2000 permitió establecer que las vigas de madera evaluadas presentan una capacidad resistente aceptable frente a los esfuerzos de flexión y cortante generados por las cargas de cubierta. Para la viga principal de sección 15×15 cm, el esfuerzo máximo a flexión fue inferior a la resistencia experimental reducida al 50%, lo que indica un comportamiento seguro desde el punto de vista resistente. Sin embargo, la deflexión máxima obtenida supera ligeramente el límite admisible de servicio, evidenciando que el problema principal no está asociado a la resistencia del material, sino a la rigidez de la sección. Por tanto, se debe remplazar vigas deterioradas vulnerables a perder resistencia del material.

La evaluación evidencia que el deterioro de la estructura de madera está controlado principalmente por la humedad producto de la filtración o fallas en la cubierta, la cual ha

desencadenado procesos de biodeterioro por hongos y pudrición parda en fase incipiente intermedia. Bajo este escenario, los criterios técnicos definidos confirman que la intervención no debe centrarse en el reemplazo generalizado, sino en un enfoque secuencial basado en el control del agente causal, la conservación del material sano y la intervención selectiva según el grado de afectación, en donde se recomienda usar tratamientos químicos para los sectores de madera que presentan lesión leve por hongo cromógeno, pero para los puntos localizados en donde la coloración es totalmente negra por posible pudrición aparente, se recomienda el remplazo de los elementos de madera con esas características.

Referencias bibliográficas

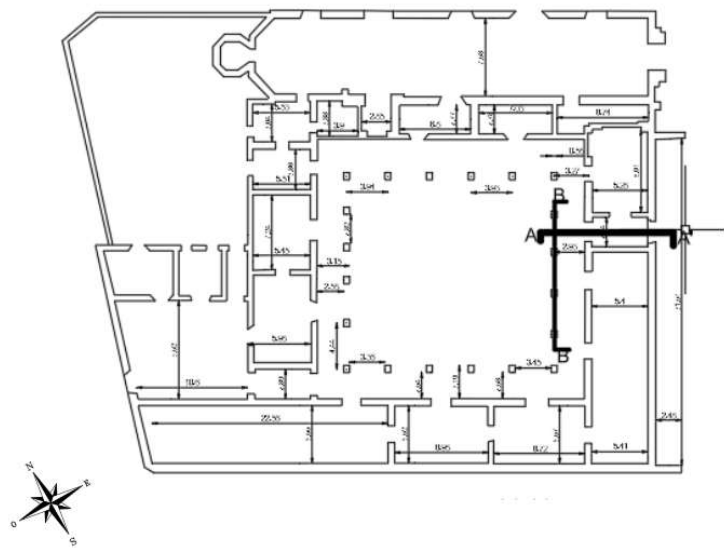
- Alfieri (2018). *Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos*. [Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales]. Universidad Nacional de La Plata.
https://pdfs.semanticscholar.org/e327/f06c2e94e442634ad42cc185ee97df4ef1b4.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Arias & Quintero (2019). *Revisión visual de las patologías presentes en las edificaciones construidas en tapia pisada que se encuentran ubicadas en el centro histórico del municipio de Ocaña norte de Santander resumen*. [Trabajo de pregrado, Ingeniería Civil]. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- Build Change. (2022). *Caso práctico – Construcción en madera: retos y oportunidades para viviendas resilientes y sostenibles en Colombia*. <https://buildchange.org>
- Carballo R. (2021). *Influencia de daños y deterioros en el comportamiento estructural de edificios históricos*. [Tesis de Maestría, departamento de construcción y estructuras]. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Repositorio Institucional.
<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2347/454365.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*. Gobierno Federal – SEMARNAT.
<https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Proteccion-Madera.pdf>
- Giuriani, E., & Marini, A. (2008). Wooden Roof Box Structure for the Anti-Seismic Strengthening of Historic Buildings. *International Journal of Architectural Heritage*, 2(3), 226-246. <https://www.researchgate.net/publication/233017566>
- Kirizsán, I. (2024). A Sustainable Approach to Reconstruction: Historical Roof Structures. *Sustainability*, 16(11), 4325. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/11/4325>
- Lara & Bustamante (2022). Caracterización y patología de los muros de tierra de las construcciones andinas ecuatorianas. *Revista Politécnica*. 49(2), 37-46.
https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/1318/579

- Lasheras F. & García I, (2009). Patología y Reparación de Cubiertas. *Tratado Técnico Jurídico de la Edificación y el Urbanismo. Tomo I. Patología de la Construcción y Técnicas de Intervención* (Vol. 1) (pp. 567-668). Thomson Reuters, Aranzadi, S.A, Cizur Menor (Navarra). <https://oa.upm.es/53436/>
- Leal R. (2016). *Patología de edificios enfocada a las lecciones aprendidas*. [Tesis de Maestría, Programa de Maestría de Arquitectura]. Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional. <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2016/noviembre/0753421/0753421.pdf>
- Lee A., (1998). El convento franciscano de Ocaña: datos para su historia. *Revista Hacaritama*, 274, 18-19. <https://academiaocana.blogspot.com/2015/09/revista-hacaritama-edicion-digital.html>
- Parada W. (2013). Aproximaciones a la patología del Antiguo Convento San Francisco de la ciudad de Tunja. *L'esprit Ingénieux*. 4(1). <http://revistas.santototunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/852/825>
- Martínez G. (2023). Diagnóstico de manifestaciones patológicas en edificios históricos de asunción. [Trabajo académico, Ingeniería civil de Infraestructura]. Universidad Federal da Integraçao. <https://dspace.unila.edu.br/server/api/core/bitstreams/d1304fc2-dc08-4006-831b-e3b8d9d99c23/content>
- Medina et al. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación* (1ª ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.80>
- Melero & Basterra (2020). *Lesiones habituales de las estructuras de madera tradicionales y criterios de intervención*. [Trabajo Académico, Grado de fundamentos de la Arquitectura]. Universidad de Valladolid. Repositorio Institucional. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/45032/TFG-A236.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez M. (2015). *Aportación de la monitorización mediante redes de sensores y técnicas no invasivas para la conservación preventiva del Patrimonio*. [Tesis Doctoral, Departamento de ingeniería telemática y electrónica]. Universidad Politécnica de Madrid. Repositorio Institucional. https://oa.upm.es/36265/1/INMACULADA_MARTINEZ_GARRIDO_01.pdf
- Osorio, Y. P. (2017). Materiality of rural vernacular housing in the Andean Highlands of Colombia: environment and building systems. *WIT Transactions on the Built Environment*, 171. <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/STR17/STR17028FU1.pdf>
- Parisi, M. A., Chesi, C., & Tardini, C. (2020). *Seismic vulnerability assessment of timber roof structures: criteria and procedures*. *Proceedings of the ICE – Structures & Buildings*, 174(5), 431–442. <https://www.researchgate.net/publication/266180621>

- Parisi, M. A., Chesi, C., & Tardini, C. (2008). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras de cubierta de madera: Criterios y procedimientos*. *Engineering Structures*, 30(11), 3199–3210. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2008.04.025>
- Pico C. & Ruiz C. (2018). *Estado Del Arte De Metodologías De Reforzamiento Estructural En Edificaciones De Patrimonio Cultural Caso Bogotá D.C.* [Tesis de Pregrado, Ingeniería Civil]. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/66d968c3-dd29-47cb-97c7-833210285d69/content>
- Pinilla J., Flores N., Sánchez L. & Aira J., (2024). Deterioro estructural y falla de la cubierta de madera laminada de una piscina cubierta. *Revista Buildings*. 14(12). <https://doi.org/10.3390/buildings14123794>
- Pulgarín (2017). Materialidad de la vivienda vernácula rural en las tierras altas andinas de Colombia: entorno y sistemas constructivos. *WIT Transactions on The Built Environment*. Vol. 171. https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/STR17/STR17028FU1.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Quiñonez E. (s.f.). *Tapia Pisada*. Blog Saberes Patiamarillos Barichara. <https://www.saberespatiamarillos.com/barichara-tapia-pisada>
- Remacha A. (s.f.). *Degradación de la madera por los organismos xilófagos vegetales*. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1428_17243.pdf
- Sen y Saha (2022). Investigación experimental y numérica de las características de resistencia mecánica de muros de tierra apisonada reforzados con fibra natural. *Revista Geotextiles y Geomembranas*. Vol. 50. pp 970-993. <https://www-sciencedirect-com.sibdigital.ufpso.edu.co/science/article/abs/pii/S0266114422000668>
- Soto K. & Monteros K. (2025). Analisis y determinación de patologías constructivas en edificaciones de tierra de comunidades indígenas de los Andes, Ecuador. *European Public & Social Innovation Review*. Vol.10. pp. 01-21. DOI: <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1242>
- Useche et al. (2010). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. (1ª ed.). Editorial Gente Nueva. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/server/api/core/bitstreams/58ae17e3-11a9-4f4a-be08-ec7839528f01/content>
- Vera J. & Romero R. (2021). *Identificación y Compilación de Sistemas de Reforzamiento Estructural de Muros de Tapia Pisada y Adobe a partir de Investigaciones Aplicadas*. [Trabajo de Pregrado, Escuela de Ingeniería]. Universidad Pontificia Bolivariana. Repositorio Institucional. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/12413/Jorge%20Vera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

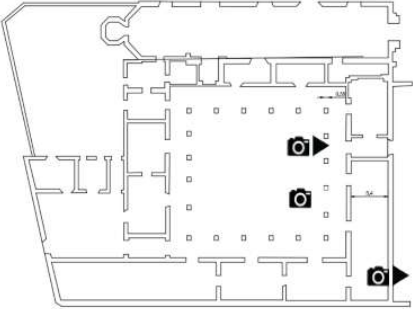
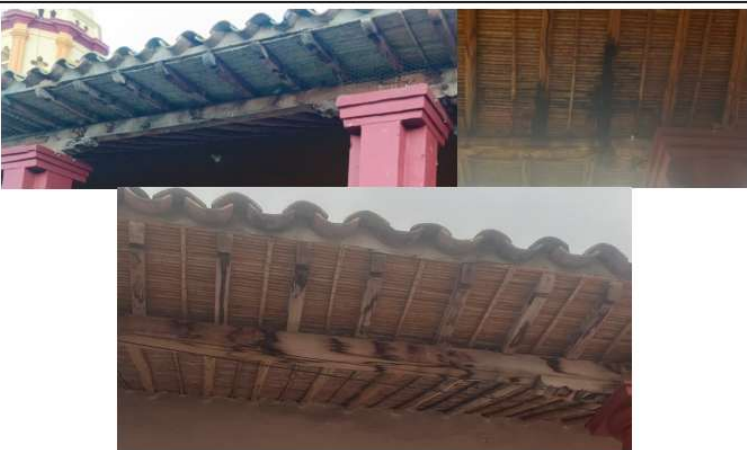
Villamarin, Zambrano, Moreno y Londoño (2024). *Estudio de patología de la cubierta del bien de interés cultural casa cepeda en la ciudad de Tunja, Boyacá*. [Trabajo de Posgrado, Especialización en patología de la construcción]. Universidad Santo Tomás. Repositorio Institucional.

Anexos

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA 			
	FICHA DE CALIFICACION COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DECANATURA DE DIVISION DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS		FICHA DE TIPIFICACION DE LESIONES 01
FICHAS PATOLOGICOS			
ESTUDIO ELABORADO POR	DIOMAR ANDRES AREVALO CLARO	FECHA: MARZO 2026	
INTERVENCIONES PREVIAS: ADECUACIONES Y APLICACIONES		CEDULA CATASTRAL: DNK	
INFORMACION DEL PACIENTE			
NUMERO DE PISOS	1	PROYECTO: COMPLEJO HISTORICO LA GRAN CONVENCION	LOCALIZACION TUNJA- BOYACÁ CALLE 11 Y 10 BARRIO SAN FRANCISCO - OCAÑA
AREA:	2245.94 M2	SISTEMA CONSTRUCTIVO: Le inmueble cuenta con un sistema autoportante en adobe una tecnica tradicional en metodos de construccion ancestral. Este sistema se basa en la capacidad de los muros de adobe para soportar cargas verticales y laterales producida por sismo. La edificación es de un solo nivel.	
USOS ANTERIORES	HISTORICO		
USOS ACTUAL	BIBLIOTECA		
FECHA DE CONSTRUCCION	1633		
RESEÑA HISTORICA: El Complejo Histórico La Gran Convención se consolida sobre un área de intervención en el casco urbano del municipio de Ocaña, conservando un estilo arquitectónico colonial de la época. El inmueble presenta adecuaciones asociadas a cambios de uso en diferentes periodos; primero radica en la construcción original del templo a finales del siglo XVI, consta de espacios religiosos y áreas de servicio conectadas por corredores en la zona posterior. El segundo periodo radica en adecuaciones durante el siglo XX para uso cultural, con la disposición de espacios perimetrales destinados a biblioteca, museo y oficinas. El tercer periodo radica en intervenciones de conservación y mantenimiento, con adecuaciones menores en áreas laterales y su conexión mediante corredores, generando un patio central descubierto en el complejo.			
INTERVENCION Y MANTENIMIENTOS El inmueble a presentado arreglos menores de pintura y remplazo de tejas apra solventar goteras, al igual que ha presentado adecuaciones no registradas a lo largo del periodo de vida.			

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA BOYACÁ - BOYACÁ		
	FICHA DE CALIFICACION COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DECANATURA DE DIVISI3N DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS	FICHA DE TIPIFICACION DE LESIONES 02
FICHAS PATOLOGICOS		
ESTUDIO ELABORADO POR	DIOMAR ANDRES AREVALO CLARO	FECHA: MARZO 2026
INTERVENCIONES PREVIAS: ADECUACIONES Y APLICACIONES		CEDULA CATASTRAL: DNK
INFORMACION DEL PACIENTE		
TEMPERATURA	23°C	PROYECTO: COMPLEJO HISTORICO LA GRAN CONVENCION
PRECIPITACION	1119 mm ANUAL	LOCALIZACION TUNJA- BOYACÁ
HUMEDAD	68%	CALLE 11 Y 10 BARRIO SAN FRANCISCO - OCAÑA
CONTAMINANTES CERCANOS		
Al tratarse de la zona centrica de la ciudad, se presenta contaminación por el alto flujo vehicular, igualmente se observa en el perfil que la cubierta a dos aguas no tiene ningun sistema de canal, por lo que es evidente que las afloraciones en la madera son producto de aguas lluvias y humedades retentidas		
INFLUENCIA DEL VIENTO LA ROSA DE LOS VIENTOS NOS MUESTRA UNA CLARIDAD DE LA DIRECCION DE LOS VIENTOS LA CUAL PROVIENE DE LA ZONA SUR-OESTE HACIA EL NOR-ESTE		SECCI3N A-A'
ASOLEACION La duraci3n del dia en Ocaña es de 12 horas, en la gráfica se muestra la altura del sol a lo largo del dia.		VEGETACION Se observa que el paciente tiene una zona verde en el centro de la propiedad tipico de casas antiguas coloniales, igualmente como se encuentra ubicado en un parque, existe vegetaci3n. PACIENTE ZONAS VERDE

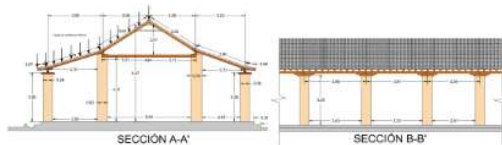
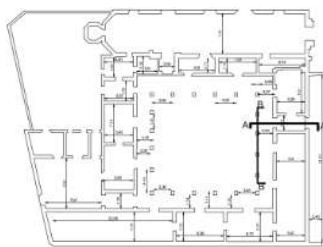
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA																									
		FICHA DE CAUIFICACION COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DECANATURA DE DIVISI3N DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS						FICHA DE TIFIFICACION DE LESIONES 03																	
ESTUDIO PATOL3GICO COMPLEJO HISTORICO LA GRAN CONVENCION																									
ESTUDIO ELABORADO POR:		DIOMAR ANDRES AREVALO CLARO				FECHA: MARZO DE 2026																			
INFORMACION DEL PACIENTE																									
LOCALIZACION: CALLE 11 Y 10 BARRIO SAN FRANCISCO - OCAÑA					INTERVENCIONES PREVIAS: ADECUACIONES																				
USO: HISTORICO					MATRICULA INMOBILIARIA: NDK																				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: SISTEMA DE MUROS AUTOPORTANTES EN TAPIA PISADA					CEDULA CATASTRAL: NDK																				
IDENTIFICACION																									
LOCALIZACION DE LA LESION			DESCRIPCION DEL ELEMENTO			LESION																			
			VISTA INTERIOR CUBIERTA			PERFIDA DE COLOR DE LA TEJA DE CUBIERTA																			
INSPECCION VISUAL																									
LESION (Descripción)					TIPOLOGIA DE LA LESION																				
Se observan cambios de coloración (ennegrecimiento y manchas) asociados a exposición prolongada a la intemperie, humedad y colonización biológica. Estas condiciones pueden favorecer la filtración de agua, afectando progresivamente los elementos inferiores y comprometiendo el comportamiento estructural de la cubierta..					<table><tr><td>TIPO</td><td>PRIMARIA</td><td>SECUNDARIA</td></tr><tr><td colspan="3">CAUSA</td></tr><tr><td rowspan="4">DIRECTA</td><td>MECANICA</td><td rowspan="4">INDIRECTA</td><td>PROYECTO</td></tr><tr><td>FISICA</td><td>EJECUCION</td></tr><tr><td>QUIMICA</td><td>MATERIAL</td></tr><tr><td>BIOLOGICA</td><td>MANTENIMIENTO</td></tr></table>					TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA	CAUSA			DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO	FISICA	EJECUCION	QUIMICA	MATERIAL	BIOLOGICA	MANTENIMIENTO
TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA																							
CAUSA																									
DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO																						
	FISICA		EJECUCION																						
	QUIMICA		MATERIAL																						
	BIOLOGICA		MANTENIMIENTO																						
GRADO DE AFECTACION																									
APLICACION PATOLOGICA					GRADO DE AFECTACION																				
PEDIÁTRICA	GERIÁTRICA	FORENSE	PREVENTIVA		LEVE	MODERADO	SEVERO	GRAVE																	
ELEMENTO	PISO	MURO	ESTRUCTURA	ACABADO	PUERTA	VENTANA	CIELO RASO	OTROS																	
MATERIAL			Adobe-Barro																						

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA 																			
	FICHA DE CALIFICACION COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DECANATURA DE DIVISION DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS		FICHA DE TIPIFICACION DE LESIONES 04																
ESTUDIO PATOLÓGICO COMPLEJO HISTORICO LA GRAN CONVENCION																			
ESTUDIO ELABORADO POR: DIOMAR ANDRES AREVALO CLARO		FECHA: MARZO DE 2026																	
INFORMACION DEL PACIENTE																			
LOCALIZACION: CALLE 11 Y 10 BARRIO SAN FRANCISCO - OCAÑA		INTERVENCIONES PREVIAS: ADECUACIONES																	
USO: HISTORICO		MATRICULA INMOBILIARIA: NDK																	
SISTEMA CONSTRUCTIVO: SISTEMA DE MUROS AUTOPORTANTES EN TAPIA PISADA		CEDULA CATASTRAL: NDK																	
IDENTIFICACIÓN																			
LOCALIZACION DE LA LESIÓN	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	LESIÓN																	
	VIGA CARGUERA DE CUBIERTA EN MADERA MADERA ROLLISA DE ENTRAMADO DE CUBIERTA	HUMEDAD Y FILTRACIONES DETERIORO BIOLOGICO PUDRICIÓN LOCALIZADA																	
	INSPECCION VISUAL																		
																			
LESIÓN (Descripción)		TIPOLOGIA DE LA LESIÓN																	
Se evidencia presencia de humedad y filtraciones en la cubierta, manifestadas mediante manchas oscuras y zonas húmedas en elementos de madera, e indica ingreso continuo de agua a través de la cubierta. Esta condición ha favorecido el deterioro biológico, evidenciado por decoloración, colonización de hongos y posibles microorganismos xilófagos. Como consecuencia, se presenta pudrición localizada en vigas y elementos del entramado, afectando la integridad superficial y reduciendo la capacidad resistente de la madera en sectores puntuales.		<table><tr><td>TIPO</td><td>PRIMARIA</td><td>SECUNDARIA</td></tr><tr><td colspan="3">CAUSA</td></tr><tr><td rowspan="4">DIRECTA</td><td>MECANICA</td><td rowspan="4">INDIRECTA</td><td>PROYECTO</td></tr><tr><td>FISICA</td><td>EJECUCION</td></tr><tr><td>QUIMICA</td><td>MATERIAL</td></tr><tr><td>BIOLOGICA</td><td>MANTENIMIENTO</td></tr></table>		TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA	CAUSA			DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO	FISICA	EJECUCION	QUIMICA	MATERIAL	BIOLOGICA	MANTENIMIENTO
TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA																	
CAUSA																			
DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO																
	FISICA		EJECUCION																
	QUIMICA		MATERIAL																
	BIOLOGICA		MANTENIMIENTO																
APLICACIÓN PATOLOGICA																			
PEDIÁTRICA	GERIÁTRICA	FORENSE	PREVENTIVA																
ELEMENTO	PISO	MURO	ESTRUCTURA	ACABADO	PUERTA	VENTANA	CIELO RASO	OTROS											
MATERIAL			MADERA																

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA																									
FICHA DE CALIFICACION COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DECANATURA DE DIVISI3N DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS								FICHA DE TIFICACION DE LESIONES 05																	
ESTUDIO PATOL3GICO COMPLEJO HISTORICO LA GRAN CONVENCION																									
ESTUDIO ELABORADO POR:		DIOMAR ANDRES AREVALO CLARO				FECHA: MARZO DE 2026																			
INFORMACION DEL PACIENTE																									
LOCALIZACION: CALLE 11 Y 10 BARRIO SAN FRANCISCO - OCAÑA					INTERVENCIONES PREVIAS: ADECUACIONES																				
USO: HISTORICO					MATRICULA INMOBILIARIA: NDK																				
SISTEMA CONSTRUCTIVO: SISTEMA DE MUROS AUTOPORTANTES EN TAPIA PISADA					CEDULA CATASTRAL: NDK																				
IDENTIFICACION																									
LOCALIZACION DE LA LESION				DESCRIPCION DEL ELEMENTO			LESION																		
				PISOS EN TABILLA			DESGASTE DE PISOS EN TABILLA																		
INSPECCION VISUAL																									
LESION (Descripción)					TIPOLOGIA DE LA LESION																				
Se observa desgaste generalizado en el piso en tabilla, evidenciado por la pérdida del acabado superficial, decoloración y erosión del material, especialmente en zonas de tránsito frecuente. Adicionalmente, se identifican manchas asociadas a humedad, que generan cambios de tonalidad y posible debilitamiento del material. Esta condición sugiere falta de mantenimiento y exposición prolongada a agentes físicos como agua y fricción, afectando la durabilidad y apariencia del piso.					<table><tr><td>TIPO</td><td>PRIMARIA</td><td>SECUNDARIA</td></tr><tr><td colspan="3">CAUSA</td></tr><tr><td rowspan="4">DIRECTA</td><td>MECANICA</td><td rowspan="4">INDIRECTA</td><td>PROYECTO</td></tr><tr><td>FISICA</td><td>EJECUCION</td></tr><tr><td>QUIMICA</td><td>MATERIAL</td></tr><tr><td>BIOLOGICA</td><td>MANTENIMIENTO</td></tr></table>					TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA	CAUSA			DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO	FISICA	EJECUCION	QUIMICA	MATERIAL	BIOLOGICA	MANTENIMIENTO
TIPO	PRIMARIA	SECUNDARIA																							
CAUSA																									
DIRECTA	MECANICA	INDIRECTA	PROYECTO																						
	FISICA		EJECUCION																						
	QUIMICA		MATERIAL																						
	BIOLOGICA		MANTENIMIENTO																						
APLICACION PATOLOGICA																									
PEDIATRICA	GERIATRICA	FORENSE	PREVENTIVA																						
ELEMENTO	PISO	MURO	ESTRUCTURA	ACABADO	PUERTA	VENTANA	CIELO RASO	OTROS																	
MATERIAL	TABLILLA																								

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos

Nivel 1
MODERADA Sismicidad



BOSQUEJO

Dirección: Entre Calle 11 y 10, Barrio San Francisco Ocaña
Codigo Postal: 546551
Otra Identificación: Biblioteca publica de Ocaña Luis Eduardo Páez Courvel
Nombre del Edificio: Complejo Historico museo La Gran Convención
Uso: Patrimonial
Latitud: 8°14'15"N Longitud: 73°21'35"O
Ss: S1:
Inspector(s): Diomar Arevalo Fecha/Hora: 30 de Marzo de 2026/2:20 pm

No. Pisos: 1 Niveles superiores: 0 Niveles inferiores: 0 Año de Construcción: 1633
Superficie total del Suelo (sq. Ft.): 2445.94 m2 Codigo año: N/A
Adiciones: ☒ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción:

Ocupación:
Asamblea Comercial Ser. Emergencia ☒ Historico ☐ Albergue
Industrial Oficina Escuela ☐ Gobierno
Utilidad Almacén Residencial, # Unid: _____

Tipo de Suelo:

A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E ☐ F No sé
Roca Roca Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D.
Dura Debil Denso Duro Blando pobre

Riesgos Geológicos: Licuefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé

Adyacencia: ☐ Golpes ☒ Peligro de Caída del Edificio Adyacente

Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad)

☒ Planta (tipo) Irregularidad del drafragma Tipo 3P > NSR-10
y una abertura en la losa en el area de la escalera.

Peligros ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada
Caída de Exterior ☐ Parapetos ☐ Apéndices
☒ Otros: Deterioro de elementos de madera (evidente en fotos)

COMENTARIOS:

La edificación presenta un sistema constructivo tradicional compuesto por muros portantes en tapia pisada y elementos en adobe, con una cubierta en estructura de madera y teja de barro. Se evidencian signos de deterioro en los elementos de madera, cambios de color, pérdida de sección y afectación por humedad, lo cual reduce la capacidad estructural del sistema de cubierta

☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		5,1	4,5	3,8	2,7	2,6	3,5	2,5	2,7	2,1	2,5	2	2,1	1,9	2,1	2,1	1,7	2,9
Irregularidad Vertical Grave, VL 1		-1,4	-1,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,4	-1,1	-1,2	-1,1	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-1,1	-1,1	-1,0	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	NA
Irregularidad de planta, PL1		-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-1,2	-0,9	-0,9	-0,8	-1,0	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	NA
Pre-Codigo		-0,3	-0,5	-0,6	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,5
Posterior-año de Referencia		1,4	2,0	2,5	1,5	1,5	0,8	2,1	NA	2,0	2,3	NA	2,1	2,5	2,3	2,3	NA	1,2
Suelo Tipo A o B		0,7	1,2	1,8	1,1	1,4	0,6	1,5	1,6	1,1	1,5	1,3	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)		-1,2	-1,3	-1,4	-0,9	-0,9	-1,0	-0,9	-0,9	-0,7	-1,0	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	-0,9
Suelo Tipo E(>3 Pisos)		-1,8	-1,6	-1,3	-0,9	-0,9	NA	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,8	NA	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	NA
Puntaje Mínimo $S_{M/H}$		1,6	1,2	0,9	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,5

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1≥ SMIN 0.9 > 0.2 ok

Alcance de Control

Exterior: ☒ Parcial ☐ Todos los ☐ Aereo
Interior: ☐ Ninguna ☒ Visible
Dibujo comentado: ☐ Si ☒ No
Tipo de fuente de Suelo: Tipo D por defecto
Tipo de fuente peligro Geológico: No Aplica
Persona de Contacto

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ?

☒ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 ☐ No
Peligros No estructurales: ☒ Yes ☐ No

OTROS RIESGOS

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

☐ Golpeado potencial(a menos SL2>línea de cortesí se conoce)
☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes
☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo
☒ daños significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA

Evaluación detallada estructural requerida?

☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio.
☐ Si, el resultado da menos que el de corte
☒ Si, si presentan otros peligros.
☐ No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria
☐ No, no hay peligros no estructurales identificados ☒ No sé

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé