



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO(A) CIVIL**

TEMA

**DAÑOS ESTRUCTURALES Y REFORZAMIENTO EN LA
IGLESIA CATÓLICA SEÑORA DEL CARMEN-GUAYAQUIL**

TUTOR

HERRERA VALENCIA JULY ROXANA

AUTORES

CASTILLO RUGEL TAIZ VIVIANA

ZAPATA SAONA LUIS ENRIQUE

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO: Daños estructurales y reforzamiento con forjados de madera en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil.

AUTOR/ES:
Castillo Rugel Taiz Viviana
Zapata Saona Luis Enrique

TUTOR:
Herrera Valencia July Roxana

INSTITUCIÓN:
Universidad Laica
Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:
Ingeniero(a) Civil

FACULTAD:
Facultad de Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:
Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024

N. DE PÁGS: 128

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Patrimonio Cultural, reforzamiento, madera, estructuras

RESUMEN: La Iglesia Nuestra Señora del Carmen en la ciudad de Guayaquil forma parte del patrimonio cultural, cuenta con 85 años de construcción, desde su creación ha carecido de un adecuado mantenimiento, afectando drásticamente la estructura, la estética, estabilidad y resistencia de la edificación. El objetivo general fue analizar los forjados de madera como alternativa de reforzamiento en el daño estructural de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen en la ciudad de Guayaquil. El marco referencial está constituido por referencias de teóricos y la relevancia del patrimonio cultural en la construcción de la iglesia estudiada. En forma particular se presenta la madera como elemento estructural, especies maderables, ventajas y desventajas, así como la ductilidad, y vulnerabilidad sísmica. En la metodología de la investigación se aplicó el método deductivo que partió de lo general a lo particular, con un alcance descriptivo que permitió llevar a cabo un refuerzo estructural mediando el uso de forjados de madera y comprender los daños estructurales mediante una inspección detallada. Se aplicó la técnica de la encuesta a los trabajadores de la Iglesia, objeto de estudio, cuyos resultados identificaron la necesidad de proponer el reforzamiento con forjados de madera en los niveles uno, dos y tres de la Torre Norte y Torre Sur. En conclusión, en la investigación se detectó que cuando se utiliza la madera para la construcción cambia de manera significativa, particularmente cuando sirve para construir los forjados para vigas y viguetas que forman del reforzamiento con técnicas para el asentamiento de la viga metálica.

N. DE REGISTRO

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI X

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:
Castillo Rugel Taiz Viviana
Zapata Saona Luis Enrique

Teléfono:
0987826014
0986381080

E-mail:
tcastillor@ulvr.edu.ec
lzapatas@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mg. Ing. Marcial Sebastián Calero Amores
Decano de la facultad de Ingeniería, Industria y
Construcción
Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241
E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

Mg. Ing. Eliana Noemi Contreras Jordán
Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242
E-mail: econtrerasj@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD

DAÑOS ESTRUCTURALES Y REFORZAMIENTO EN LA IGLESIA CATÓLICA SEÑORA DEL CARMEN-GUAYAQUIL

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	6 %	1 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1 %
2	tielalove.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
3	www.archdaily.pe Fuente de Internet	<1 %
4	ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
5	search.scielo.org Fuente de Internet	<1 %
6	www.passeidireto.com Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
8	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

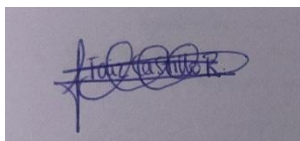
Apagado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Taiz Viviana Castillo Rugel y Luis Enrique Zapata Saona, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Daños estructurales y reforzamiento con forjados de madera en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.


Autor(es)



Firma:

TAIZ VIVIANA CASTILLO RUGEL

C.I. 0951744440



Firma:

LUIS ENRIQUE ZAPATA SAONA

C.I. 0940815525

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Daños estructurales y reforzamiento con forjados de madera en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Daños estructurales y reforzamiento con forjados de madera en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil, presentado por los estudiantes Taiz Viviana Castillo Rugel y Luis Enrique Zapata Saona como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

JULY ROXANA HERRERA VALENCIA

C.C. 0916201569

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento de Taiz Castillo:

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien ha sido mi guía constante a lo largo de mi vida. También quiero agradecer a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por brindarme la oportunidad de estudiar y obtener este título profesional. Agradezco sinceramente a todos los profesores que contribuyeron al desarrollo de mis habilidades, capacidades y valores como Ingeniero Civil. Asimismo, agradezco a mi tutora July Herrera por su constante apoyo en la realización de este trabajo. Agradezco a mis compañeros de clase, tanto a los que continuaron junto a mí hasta la culminación de nuestros estudios superiores, como a aquellos que tomaron otros caminos. Por último, quiero agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi éxito académico. Gracias a todos, les envío un abrazo profundo.

Agradecimiento de Luis Zapata:

A Dios: Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, por darme la fuerza, la disciplina y la inteligencia necesarias para alcanzar este logro. Sin su guía, nada de esto hubiera sido posible.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: Agradezco a la universidad por brindarnos la orientación y esculpírnos como profesionales de la construcción. Sus docentes han sido pilares fundamentales en nuestra formación.

A mis Profesores: Cada docente que compartió su conocimiento conmigo merece mi agradecimiento. Sus enseñanzas han sido invaluable para mi crecimiento profesional.

A mi Tutora de Tesis, July Herrera: Quiero reconocer su paciencia y las instrucciones brindadas durante el proceso de investigación. Su guía fue fundamental para culminar esta tesis.

DEDICATORIA

Dedicataria de Taiz Castillo:

A mi madre Dayse Rugel, porque este es un tributo a su incondicional trabajo, a su amor inexplicable que día a día luchaba por darme lo mejor, a la confianza ilimitada en mi potencial como persona, al carácter que me ha enseñado con disciplina cada día, nunca olvides que te amo con todas mis fuerzas.

A mi abuela Teodora Rugel, porque siempre ha estado a mi lado en cada paso de mi vida, enseñándome a vivir un día a la vez, compartiendo su sentido del humor, y brindándome siempre su amor, este triunfo es para ti dedicado con todo mi amor, tu niña tai.

A mi tía Rosa Rugel, gracias por creer en mi potencial y talento, por tus palabras llenas de aliento, por las conversaciones que alimentaban el alma, y por tu apoyo cuando me sentía desamparada, este logro también es tuyo, recuerda que siempre estaré para ti, con amor tu gigi.

A mi familia, que se convirtió en el faro iluminando mi camino hacia esta meta, les dedico este trabajo que fue el resultado del esfuerzo de todos. Espero ser un orgullo para ustedes y demostrar que todo sacrificio tiene su recompensa.

Dedicataria de Luis Zapata:

A mis Padres, Eibi Saona y Luis Zapata: Por apoyarme siempre en mis sueños y estudios. Su amor incondicional ha sido mi motor. A mis Hermanas, Suly Zapata y Dayana Zapata: Gracias por brindarme ese apoyo moral absoluto en cada obstáculo de la carrera.

A mis Cuñados, Bryan Bazan y Henry Anchundia: Sus palabras de motivación y confianza han sido fundamentales en mi camino. A mis Sobrinas, Kimberly Bazan, Damaris Anchundia y Samara Anchundia: Son mi inspiración y mi orgullo. Quiero ser su ejemplo de vida.

A mi Novia, Michelle Jacome: Mi sustento, mi compañera de vida. A pesar de los desafíos de la carrera, siempre ha estado a mi lado, animándome y direccionándome con amor.

Esta tesis y este logro es para ustedes. Los amo profundamente.

RESUMEN

La Iglesia Nuestra Señora del Carmen en la ciudad de Guayaquil forma parte del patrimonio cultural, cuenta con 85 años de construcción, desde su creación ha carecido de un adecuado mantenimiento, afectando drásticamente la estructura, la estética, estabilidad y resistencia de la edificación. El objetivo general fue analizar los forjados de madera como alternativa de reforzamiento en el daño estructural de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen en la ciudad de Guayaquil. El marco referencial está constituido por referencias de teóricos y la relevancia del patrimonio cultural en la construcción de la iglesia estudiada. En forma particular se presenta la madera como elemento estructural, especies maderables, ventajas y desventajas, así como la ductilidad, y vulnerabilidad sísmica. En la metodología de la investigación se aplicó el método deductivo que partió de lo general a lo particular, con un alcance descriptivo que permitió llevar a cabo un refuerzo estructural mediando el uso de forjados de madera y comprender los daños estructurales mediante una inspección detallada. Se aplicó la técnica de la encuesta a los trabajadores de la Iglesia, objeto de estudio, cuyos resultados identificaron la necesidad de proponer el reforzamiento con forjados de madera en los niveles uno, dos y tres de la Torre Norte y Torre Sur. En conclusión, en la investigación se detectó que cuando se utiliza la madera para la construcción cambia de manera significativa, particularmente cuando sirve para construir los forjados para vigas y viguetas que forman del reforzamiento con técnicas para el asentamiento de la viga metálica.

Palabras Claves: Daños estructurales, madera, refuerzo, resistencia, patrimonio cultural

ABSTRACT

The Nuestra Señora del Carmen Church in the city of Guayaquil is part of the cultural heritage, it has 85 years of construction, since its creation it has taken care of adequate maintenance, particularly affecting the structure, aesthetics, stability and resistance of the building . The general objective was to analyze the wooden floors as an alternative to reinforce the structural damage of the Nuestra Señora del Carmen Catholic Church in the city of Guayaquil. The referential framework is made up of references from theorists and the relevance of cultural heritage in the construction of the church studied. In particular, wood is presented as a structural element, timber species, advantages and disadvantages, as well as ductility, and seismic vulnerability. In the research methodology, the deductive method was applied, starting from the general to the particular, with a descriptive scope that allowed structural reinforcement to be carried out through the use of wooden floors and to understand the structural damage through a detailed inspection. The survey technique was applied to the workers of the Church, the object of the study, the results of which identify the need to propose reinforcement with wooden floors on levels one, two and three of the North Tower and South Tower. In conclusion, in the investigation it was detected that when wood is used for construction it changes significantly, particularly when it is used to build the floors for beams and joists that form the reinforcement with techniques for the settlement of the metal beam.

Keywords: Structural damage, wood, reinforcement, resistance, cultural heritage

ÍNDICE GENERAL

Contenido

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	iv
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
INDICE DE PLANOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento del Problema:	2
1.3 Formulación del Problema:.....	4
1.4 Objetivo General	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Idea a Defender	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	4

CAPÍTULO II	5
MARCO REFERENCIAL	5
2.1 Marco Teórico:	5
2.1.1 Referencias teóricas	5
2.1.2 Patrimonio Cultural	12
2.1.3 Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil.....	14
2.1.4 Estado estructural de la Iglesia Católica Señora del Carmen .	15
2.1.5 Madera como elemento estructural	16
2.1.6 Historia de la madera en estructuras.....	17
2.1.7 Madera para la construcción	19
2.1.8 Especies maderables de madera dura.....	20
2.1.9 Especies maderables de madura suave	22
2.1.10 Ventajas de la madera	23
2.1.11 Desventajas de la madera	24
2.1.12 Durabilidad.....	25
2.1.13 Factores que alteran el comportamiento estructural de la madera	27
2.1.14 Propiedades de la madera estructural.....	28
2.1.15 Forjados de Madera	30
2.1.16 Función del forjado en la estructura	32
2.1.17 Modelo de Forjados	34
2.1.18 Desarrollo histórico de los sistemas de forjado en madera. .	36
2.1.19 Vulnerabilidad Sísmica.....	39
2.1.20 Índice de daño	41
2.1.21 Ductilidad.....	41
2.1.22 Rehabilitación Arquitectónica	42

2.2 Marco Conceptual	42
2.3 Marco Legal:	44
CAPÍTULO III	49
MARCO METODOLÓGICO	49
3.1 Enfoque de la investigación: Cualitativo	49
3.2 Alcance de la investigación: Descriptivo	49
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	50
3.4 Población y muestra	62
CAPÍTULO IV	65
PROPUESTA	65
4.1 Título de la propuesta	65
4.2 Presentación de la propuesta	65
4.2.1 Resultado del análisis visual de la estructura del primer, segundo y tercer nivel de las torres	69
4.3 Estados de carga	75
4.3.1 Cargas muertas (DL)	75
4.3.2 Cargas vivas (LL)	75
4.3.3 Cargas sísmicas (Ex - Ey)	75
4.4 Resultados del análisis estructural	80
4.4.1 Análisis modal	80
4.4.2 Deformaciones	81
4.4.3 Revisión de deformaciones verticales	81
4.4.4 Revisión de deriva inelásticas	81
4.4.5 Fuerzas internas	82
4.5 Revisión Estructural	82
4.5.1 Revisión de estructura con elementos pretensados.	82

4.6	Plano Estructurales de las Torres.....	83
4.7	Plano de Cimentación Estructural	86
4.8	Descripción de la propuesta	87
4.9	Propuesta de solución.....	97
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES	102
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?</i>	51
Tabla 2 <i>¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural?</i>	52
Tabla 3 <i>¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?</i>	53
Tabla 4 <i>¿Se ha realizado mantenimientos de la edificación para mejorar la estabilidad estructural?</i>	54
Tabla 5 <i>¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil?</i>	55
Tabla 6 <i>¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar el Patrimonio Cultural?</i>	57
Tabla 7 <i>¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años?</i>	58
Tabla 8 <i>¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?</i>	59
Tabla 9 <i>¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen?</i>	60
Tabla 10 <i>¿Los colaboradores de la Iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar?</i>	61
Tabla 11 <i>Coordenadas UTM</i>	68
Tabla 12 <i>Clasificación de la madera por densidad básica</i>	87
Tabla 13 <i>Clasificación de la madera por esfuerzos admisibles</i>	88
Tabla 14 <i>Clasificación de la madera por su Módulo de Elasticidad</i>	88
Tabla 15 <i>Especies de madera de mayor comercialización</i>	90
Tabla 16 <i>Tipo de madera y sus dimensiones</i>	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Render en Enscape</i>	6
Figura 2 <i>Render en Enscape, Atrio Sur</i>	7
Figura 3 <i>Render en Enscape. Jardín Arqueológico</i>	7
Figura 4 <i>Render en Enscape, Nave principal</i>	8
Figura 5 <i>Plano en planta de la Iglesia Santa Lucia</i>	10
Figura 6 <i>Elevación principal de la Iglesia Santa Lucia</i>	10
Figura 7 <i>Modelo de columna en Etabs</i>	12
Figura 8 <i>Muestra de daños estructurales</i>	15
Figura 9 <i>Forjados unidireccionales</i>	35
Figura 10 <i>Forjados bidireccionales</i>	35
Figura 11 <i>Madera como material de construcción</i>	36
Figura 12 <i>Tipos de viviendas antiguas</i>	37
Figura 13 <i>Forjados de madera</i>	39
Figura 14 <i>Flujograma Métodos para evaluar la vulnerabilidad Sísmica</i>	40
Figura 15 <i>¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?</i>	51
Figura 16 <i>¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural?</i>	52
Figura 17 <i>¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?</i>	53
Figura 18 <i>¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?</i>	55
Figura 19 <i>¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil?</i>	56
Figura 20 <i>¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar el Patrimonio Cultural?</i>	57

Figura 21	<i>¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años?</i>	58
Figura 22	<i>¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?</i>	59
Figura 23	<i>¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen?</i>	60
Figura 24	<i>¿Los colaboradores de la Iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar?</i>	61
Figura 25	<i>Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil.....</i>	63
Figura 26	<i>Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil desde arriba....</i>	63
Figura 27	<i>Delimitación de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil</i>	64
Figura 28	<i>Vista plano general de la Iglesia Nuestra Señora del Carmen.....</i>	66
Figura 29	<i>Modelado 3D del diseño estructural.....</i>	67
Figura 30	<i>Ubicación de la iglesia según la exploración en Google Earth</i>	69
Figura 31	<i>Torre Norte y Torre Sur de la Iglesia Nuestra Señora del Carmen</i>	69
Figura 32	<i>Torre Sur nivel 1</i>	70
Figura 33	<i>Torre Sur Nivel 2.....</i>	70
Figura 34	<i>Torre Sur nivel 3 y Cubierta de campanario.....</i>	71
Figura 35	<i>Torre Norte</i>	72
Figura 36	<i>Torre Norte Nivel 3 y Cubierta.....</i>	73
Figura 37	<i>Elementos no estructurales.....</i>	74
Figura 38	<i>Espectro de diseño de aceleraciones.....</i>	77
Figura 39	<i>Diagrama cortante de carga sísmica.....</i>	78
Figura 40	<i>Diagrama de momentos de carga sísmica</i>	79
Figura 41	<i>Diagrama de deformaciones de carga sísmica</i>	80
Figura 42	<i>Viga simplemente apoyada al muro</i>	92
Figura 43	<i>Forjado de Madera Mixto</i>	94

Figura 44	<i>Entrepiso de madera simplemente apoyado</i>	95
Figura 45	<i>Placas Metálicas conectores a viga de madera</i>	96
Figura 46	<i>Detalle constructivo de entrepiso con estructura de madera</i>	96
Figura 47	<i>Especificación de madera estructural Eucalipto</i>	98
Figura 48	<i>Alternativa Viable</i>	99

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	<i>Entrepiso Nivel 1 destinado a acceso a Torres</i>	83
Plano 2	<i>Entrepiso Nivel 2 destinado a acceso a Torres</i>	84
Plano 3	<i>Entrepiso Nivel 3 acceso al campanario</i>	85
Plano 4	<i>Cubierta de campanario</i>	85
Plano 5	<i>Planta de Cimentación Estructural</i>	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Cuestionario de preguntas de la entrevista	111
---------	--	-----

INTRODUCCIÓN

La conservación de un patrimonio cultural de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen de Guayaquil ha permanecido más de 85 años, viéndose vulnerada con daños en elementos artísticos como esculturas, pintura y murales que afectan a la imagen, así como también a daños en las estructuras en ala este a raíz del terremoto 16 de abril del 2016 ocasionando fisuras, grietas y desprendimiento de material en columnas y paredes.

La afectación de daños estructurales se convierte en eje indispensable de solucionar por sus diversas problemáticas, la presencia de humedad que puede causar deterioro en los materiales estructurales, como la madera que hay deformación en las paredes, pudrición en las esquinas donde termina la madera y otros elementos que causan debilitamiento en las estructuras, lo que compromete la estabilidad de la construcción en todo su entorno.

Al tomar en cuenta que los daños estructurales también afectan la integridad patrimonial se identifica como prioridad. Por lo tanto, el reforzamiento con forjados de madera se plantea como una solución para mejorar la estabilidad y resistencia de la edificación. En el caso específico de la Iglesia Católica Señora del Carmen, los daños estructurales han comprometido su estabilidad y la han expuesto a las adversidades climáticas y el envejecimiento. Los muros gruesos de adobe, bóvedas, cúpulas y quincha, elementos fundamentales del patrimonio cultural e histórico, se han visto gravemente deteriorados. Estos daños no solo afectan la estabilidad de la iglesia, sino que también ponen en riesgo la seguridad de los visitantes y asistentes. Esto se debe a la falta de refuerzo con forjados de madera, lo cual impide una distribución adecuada de las cargas en caso de terremotos u otros desastres naturales.

Para abordar esta problemática, es fundamental contar con un enfoque ingenieril que incluya metodologías adecuadas y el uso adecuado de la madera para reforzar las estructuras. Asimismo, se deben implementar acciones relacionadas con el mantenimiento adecuado. La exposición constante a la humedad, los insectos y otros factores pueden debilitar la estructura de la madera, lo cual conduce a su descomposición y pérdida de resistencia.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Daños estructurales y reforzamiento con forjados de madera en la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil.

1.2 Planteamiento del Problema:

La edificación de la iglesia católica Nuestra Señora del Carmen de Guayaquil ha sufrido daños estructurales durante los últimos siete años, específicamente a partir del terremoto del 16 de abril del 2016, con 7,8 en escala de Richter, ocurrió por causas naturales y los impactos de las evoluciones que se han considerado las interacciones de vulnerabilidad en las viviendas y más pérdidas (Bravo, 2023, pág. 4), puesto que provocó daños en las estructuras en el ala este, tales como fisuras, desprendimiento de material, hundimientos, grietas en las paredes y columna.

Unido a lo anterior, los sismos pueden causar grietas considerables en las paredes y pilares, desplazamientos y colapsos en las estructuras que forman parte de la construcción, esto sucede especialmente si no han sido reforzadas adecuadamente, de manera técnica lo que puede comprometer la estabilidad de la estructura integral de la construcción y la integridad de los monumentos históricos que tienen sus debilidades en las columnas (Munguía, 2020, pág. 15).

Otra de las problemáticas, que enfrenta es la presencia de humedad que puede causar deterioro en los materiales estructurales, como la madera y la piedra, en consecuencia, se observó que hay deformación en las paredes, pudrición en las esquinas donde termina la madera y otros elementos que causan debilitamiento en las estructuras, lo que compromete la estabilidad de la construcción en todo su entorno.

En efecto, la degradación de los elementos puede provocar la pérdida de integridad estructural, lo que causa la deformación de las piezas de madera y la aparición de fisuras y grietas. lo que ha generado serios daños estructurales y, en

casos extremos, puede provocar el colapso por la exposición a la humedad, lo que se ha convertido en una verdadera problemática común que debilita la madera y provocar deformaciones y pudriciones que inducen a pérdidas irreparables en el contexto de la construcción de la iglesia, perjudicando este patrimonio cultural.

En forma general, se puede indicar que el incumplimiento de mantenimiento afecta las construcciones de madera, debido a que son propensas a diferentes problemas de humedad, siendo así que, la madera no tratada o sin sellar adecuadamente puede absorber la humedad del entorno, lo que puede provocar deformaciones, pudrición y la proliferación de hongos y moho, afectando el manejo óptimo de la madera en la obra civil. Puesto que, se debe a que la madera es un material orgánico que desciende por la naturaleza, y sus carencias que son alteradas por factores físicos o mecánicos, lo que resulta en un desgaste cada vez más indudable de sus capacidades estructurales (Timermans, 2023, pág. 1).

La presente investigación, determinó factores que se deben al envejecimiento de la estructura, la falta de mantenimiento o la exposición a condiciones climáticas adversas. Por tanto, es necesario buscar soluciones efectivas para solucionar los daños en estructuras, ya que, para mejorar la resistencia y la estabilidad de la iglesia. Este método consiste en añadir elementos de madera a la estructura existente, lo cual puede ayudar a distribuir mejor las cargas y aumentar la resistencia ante posibles terremotos y otros fenómenos naturales. Adicionalmente, los datos que determinen el deterioro de las piezas de madera, deben tener en cuenta los factores que provocan la pérdida de resistencias, ya sean por patologías de orden biológico o estructural.

Para garantizar la preservación adecuada del patrimonio cultural y religioso que representa la iglesia Nuestra Señora del Carmen de Guayaquil, es fundamental llevar a cabo un refuerzo estructural mediante el uso de forjados de madera y supervisar detalladamente todo el proceso de restauración. Además del diseño y planificación del refuerzo estructural necesario, es importante llevar a cabo una inspección detallada de todas las áreas de la iglesia afectadas por los daños estructurales, con el objetivo de identificar cualquier otro tipo de daño que pueda requerir reparación.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo contribuye el reforzamiento con forjados de madera en los daños estructurales para la Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil?

1.4 Objetivo General

Analizar los forjados de madera como alternativa de reforzamiento en el daño estructural de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen en la ciudad de Guayaquil.

1.5 Objetivos Específicos

- ✚ Investigar acerca de las características de la madera y su comportamiento con el paso del tiempo.
- ✚ Determinar las alternativas de reforzamiento estructural empleados con madera.
- ✚ Seleccionar la alternativa viable para los forjados de madera.

1.6 Idea a Defender

El reforzamiento con forjados de madera es una alternativa viable para evitar el daño estructural de la Iglesia Católica Señora del Carmen- Guayaquil.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

- ✚ Dominio - Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.
- ✚ Investigación institucional - Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.
- ✚ Línea de investigación – Materiales de Construcción.
- ✚ Sub - línea de Investigación – Tecnologías de construcción y materiales innovadores.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

2.1.1 Referencias teóricas

A continuación, se identifica cinco casos de ejemplos que aborda semejanzas con respecto al trabajo de titulación, problemáticas que se encontraron en cada trabajo de investigación, estudio de mejora, propuesta y una posible solución. Aportando de manera internacional y nacional, tomando en consideración implementación de materiales que mejoren la edificación de las Iglesias.

2.1.1.1 La Iglesia de Santa Ana de Carmona, España

El trabajo de estudio que se encarga de analizar la metodología de BIM aprovechada en la Iglesia de Santa Ana de Carmona, referenciándose como un Patrimonio Cultural de Sevilla, se identificó una problemática en relación a la gestión e intervención de la edificación que implementaran criterios de BIM y HBIM con sus respectivas superioridades y desventajas (Durán Falcón, 2021, pág. 11).

El propósito de aplicar el BIM al Patrimonio Cultural, es debido a los procesos reales de la construcción, considerando precisión en el análisis de remodelación y elaborando un plan de actuación y preservación, mediante modelos 3D paramétricos. (Durán Falcón, 2021, pág. 35)

Investigación que se establece por fases como:

Fase 1: Establecer definición objetiva y pretender alcanzarla, el nivel de desarrollo en el modelo BIM.

Fase 2: Recopilación de datos involucrando el equipo del proyecto, categorizando en función de la especialidad, evolución histórica, análisis del estudio de material, patología, restauración de la fallada u diseño arquitectónico.

Fase 3: Realizar su respectivo levantamiento de dicha edificación, donde se empleará las herramientas y las técnicas para el caso de estudio, de igual manera,

investigar las características y funciones del patrimonio dividiéndolo por secciones de modelaje.

Fase 4: Realizar un diagnóstico del BIC desde las ventajas y diferentes inconvenientes, para solventar la visión de forma adecuada.

Los resultados del modelado tridimensional en la metodología BIM, encargado de Plugin Enscape, se involucra como modelador de software y entre otros como lo es, Revit, Rhinoceros, SketchUp

Figura 1
Render en Enscape



Fuente: (Durán Falcón, 2021)

Figura 2
Render en Enscape, Atrio Sur



Fuente: (Durán Falcón, 2021)

Figura 3
Render en Enscape. Jardín Arqueológico



Fuente: (Durán Falcón, 2021)

Figura 4

Render en Enscape, Nave principal



Fuente: (Durán Falcón, 2021)

Como conclusión se destaca la metodología BIM siendo un software favorable para el levantamiento del Patrimonio Cultural, se generó un modelo, garantizando estudios de elementos arquitectónicos con sus respectivas características volumétricas. Dentro del Autodesk Revit, se dirigió para comprender la posible visualidad de modelos con elemento únicos.

2.1.1.2 La Iglesia Santa Lucía de Ferreñafe, Perú

El proceso de construcción de la Iglesia Santa Lucía comenzó dos años después de la fundación de Ferreñafe en 1552 y se completó alrededor de 1684, bajo la dirección del cura Bernabé de Alcocer y Valdiviezo. La iglesia sufrió daños debido al fenómeno del niño en 1578, causado por fuertes lluvias, y está ubicada en una zona de alta actividad sísmica.

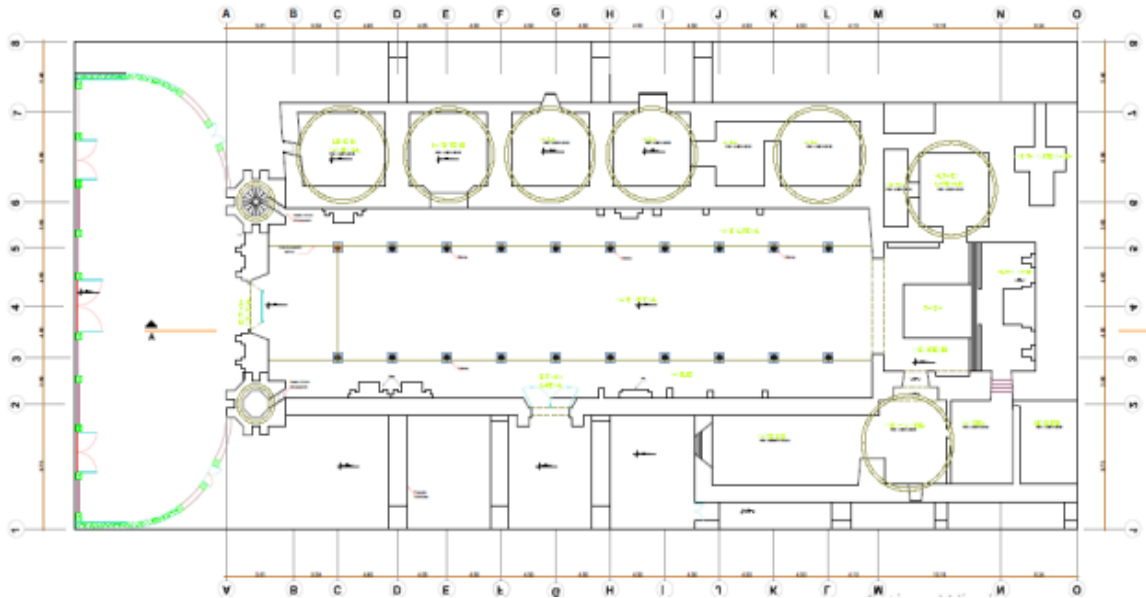
En marzo de 2013, el secretario técnico de Defensa Civil, Carlos Balarezo Mesones, señaló que la iglesia presenta problemas estructurales en su techo y bóvedas debido a su antigüedad y falta de mantenimiento. Ante esta situación, se planteó la evaluación, análisis y diseño del refuerzo de la iglesia con el fin de abordar estos problemas estructurales y garantizar la seguridad de los fieles que la visitan (Granados Chafloque, 2022, pág. 12).

La Iglesia Santa Lucía es un importante centro religioso que solía albergar hasta 300 personas en cada una de las tres misas diarias, con una capacidad máxima de alrededor de 500 personas los domingos y el doble en festividades. Sin embargo, estas cifras se refieren a antes de la pandemia de COVID-19, y actualmente se está trabajando en regularizar las misas al 45% de su capacidad.

El tipo levantamiento topográfico usado fue el levantamiento plani-altimétrico para la obtención de información de medidas planas como alturas en las fachadas, cubiertas y detalles. La metodología usada para identificar el comportamiento del suelo en el cual se cimenta la estructura de la iglesia Santa Lucía de Ferreñafe es el ensayo SPT basada en la norma técnica peruana 339.133 y la norma E.050 Suelos y cimentaciones del reglamento nacional de edificaciones. Con las coordinaciones y permisos del párroco Elmer, y el equipo del ensayo SPT de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, se dieron inicio a los trabajos de campo (Granados Chafloque, 2022, pág. 107).

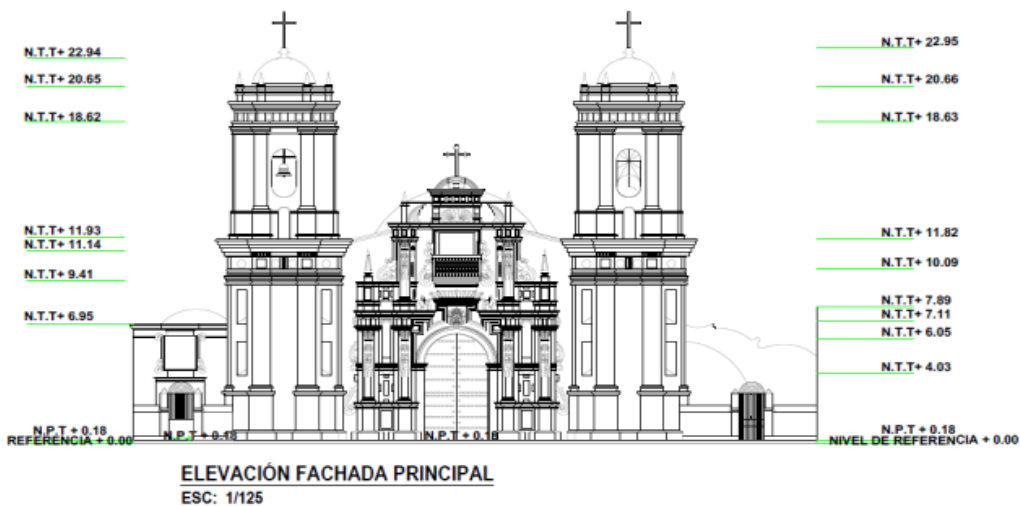
- ✚ Los resultados obtenidos indican que los materiales de los que está constituida la estructura tiene cierta capacidad frente a acciones de compresión y poca resistencia a los esfuerzos en tracción. Se identificó que fue construida para soportar cargas de gravedad, así como en los arcos y bóvedas la fuerza resultante radica en el núcleo central y a la vez no producen tracciones elevadas.
- ✚ Con respecto a su comportamiento sísmico se identificó que no fueron diseñados para estas solicitudes, por su gran peso en comparación a su resistencia, poca ductilidad. A la actualidad resistente en acciones de sismo de moderada intensidad y esto se debe a los muros transversales lo cual simula contrafuertes para los muros longitudinales.
- ✚ Realizado el análisis sísmico lineal y elástico de la iglesia, se obtuvieron desplazamientos horizontales en la parte superior de los pilares en 8mm, se considerarían pequeños.

Figura 5
Plano en planta de la Iglesia Santa Lucia



Fuente: (Granados Chafloque, 2022)

Figura 6
Elevación principal de la Iglesia Santa Lucia



Fuente: (Granados Chafloque, 2022)

Se concluye que los contrafuertes permiten a la estructura dar resistencia de manera global de forma vertical en arcos y muros de adobe, y actualmente son los más dañados por eso se usó la técnica de consolidación y reconstrucción indicando

que sean los mismos materiales existentes con los que se cuentan para no perder este gran valor que le brinda a la estructura.

2.1.1.3 La Iglesia Stella Maris, Ecuador

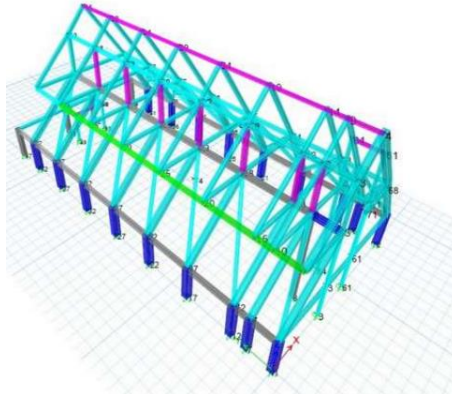
El templo Stella Maris se encuentra en el Guasmo Sur, un barrio informal marginado que abarca gran parte del sur de Guayaquil. Este nombre se debe a la gran cantidad de guasmo, árboles tropicales de tamaño mediano que originalmente crecían en la zona antes de ser talados por los habitantes que invadieron el área. La iglesia se encuentra en suelos aluviales considerados de baja vulnerabilidad y es una de las estructuras más antiguas de la ciudad de Guayaquil. Desde su inauguración el 14 de abril de 1984, ha resistido terremotos de gran intensidad, sufriendo solo daños leves. Desde entonces, ha estado en constante renovación, ampliación y mantenimiento de su infraestructura (Lambert Luna & Mendez Martinez, 2023, pág. 18).

Este proyecto surge como resultado de la necesidad de abordar este problema latente que requiere atención inmediata. Por lo tanto, se realiza un análisis del grado de vulnerabilidad sísmica para identificar el comportamiento de la causa (el terremoto) y el efecto (los daños), con propuestas de refuerzo que cumplen con las normas NEC-2015 para sismos en estructuras patrimoniales. Finalmente, se proponen dos alternativas de refuerzo estructural: refuerzo con polímero de fibra de carbono o encamisado de acero, con el fin de mejorar las condiciones de resistencia y rigidez de la iglesia.

El fortalecimiento estructural de un edificio se fundamenta en los resultados obtenidos al caracterizar y clasificar las propiedades inherentes de la estructura. En el caso de la Iglesia "Stella Maris" en la ciudad de Guayaquil, que es conocida por ser una zona altamente sísmica y por su estatus como una edificación con el más alto grado de protección, se plantea la necesidad de aplicar un refuerzo que considere criterios sismo-técnicos y normas vigentes para garantizar la seguridad estructural y preservar su valor patrimonial. Para lograr esto, se utiliza el sofisticado software Etabs v20, que permite modelar las estructuras de columnas y vigas, evaluando su

comportamiento durante y después de un evento sísmico (Lambert Luna & Mendez Martinez, 2023, pág. 86).

Figura 7
Modelo de columna en Etabs



Fuente: (Lambert Luna & Mendez Martinez, 2023)

Para concluir, la propuesta de refuerzo estructural se fundamentó en el uso de tejido y/o polímero de fibra de carbono en las vigas y columnas, ya que su utilización asegura la integridad y durabilidad de la estructura sin comprometer su valor histórico y estético. Además, la implementación de estas medidas de refuerzo requerirá una inversión significativa, por lo que será necesario buscar fuentes de financiamiento tanto gubernamentales como privadas. Una vez implementadas, será esencial establecer un programa de supervisión y seguimiento que regule de manera efectiva para garantizar su eficacia a lo largo del tiempo.

2.1.2 Patrimonio Cultural

El patrimonio cultural de una comunidad o sociedad abarca tanto bienes materiales como inmateriales que representan su identidad, historia, tradiciones y valores. Una forma clásica de definir el patrimonio cultural es

Todo aquello que se considera socialmente merecedor de preservación, independientemente de su valor utilitario, debido a su singularidad, originalidad, importancia religiosa o su carácter peculiar. Esta definición destaca la importancia de preservar los aspectos culturales valiosos para la

sociedad, sin tener en cuenta su utilidad práctica (Cabrera, Igartua, & Ortega, 2022, pág. 5).

Es vital conservar el patrimonio cultural por varias razones. En primer lugar, preservar estos bienes permite a las generaciones futuras comprender la historia de su comunidad y mantener una conexión con sus raíces culturales. Además, el patrimonio cultural es una fuente de cohesión social al proporcionar un sentido de pertenencia y unidad entre los miembros de la sociedad.

La conservación del patrimonio cultural también es fundamental para el turismo cultural y el desarrollo económico sostenible, ya que los sitios y bienes culturales pueden atraer turistas interesados en la historia y cultura de una región, lo que a su vez puede impulsar la economía local y fomentar el empleo.

Por otro lado, proteger el patrimonio cultural ayuda a preservar la diversidad cultural y prevenir la homogeneización cultural causada por la globalización. Es por eso

La Convención de la Unesco para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, también conocida como Convención del Patrimonio Mundial, se internacionalizó en 1972 y tiene como objetivo proteger el patrimonio cultural y natural de valor universal excepcional que sea de importancia común para las generaciones presentes y futuras de toda la humanidad (Pastor Pérez & Diaz-Andreu, 2022, pág. 7).

Además, conservar estos bienes es una responsabilidad hacia las futuras generaciones y previene su posible pérdida debido a la urbanización, degradación ambiental, abandono o falta de conciencia sobre su importancia.

En cuanto a la iglesia Nuestra Señora del Carmen en Guayaquil, su valor como patrimonio cultural radica en su arquitectura única y su papel como centro de reunión religiosa y cultural para la comunidad. Preservar este templo y su legado asegura que las generaciones futuras puedan conocer y apreciar la historia y la tradición religiosa de la ciudad, además de mantener una parte importante de la identidad cultural de la región. La conservación de este patrimonio es un esfuerzo colectivo que involucra a la sociedad, autoridades y expertos en patrimonio cultural, con el fin de garantizar que este tesoro cultural continúe siendo un legado vivo para las generaciones venideras.

2.1.3 Iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil.

La iglesia Nuestra Señora del Carmen, conocida también como La Victoria, es un icónico templo católico ubicado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Con más de 85 años de historia, su construcción se inició en la década de 1930 y fue finalizada en 1937. Desde entonces, ha sido un referente religioso y cultural para la comunidad guayaquileña y un lugar de devoción para los fieles católicos.

El diseño arquitectónico de Nuestra Señora del Carmen destaca por su estilo neogótico, con esbeltas torres y una imponente fachada que refleja la influencia de la arquitectura europea de la época para Carlos Maillet, el director de la nueva Licenciatura en Arte y Conservación del Patrimonio USS, ha comentado que:

Durante las décadas de los 70 y 80 era poco común encontrar cúpulas largas, por lo que el edificio que cuenta con un campanario debió de tener una gran importancia en esa zona. Esta afirmación destaca la singularidad del edificio y su valor patrimonial en el área en esa época. (Universidad San Sebastián , 2022, pág. 1)

El interior del templo está ricamente decorado con detalles artísticos, vitrales coloridos y esculturas religiosas, brindando una atmósfera de serenidad y contemplación para los visitantes.

A lo largo de sus años de existencia, la iglesia ha sido testigo de diversos eventos históricos y sociales que han moldeado la identidad de la ciudad. Ha sido lugar de celebración de importantes festividades religiosas y ocasiones especiales para la comunidad, convirtiéndose en un centro de reunión y encuentro para los guayaquileños. Con el paso del tiempo, Nuestra Señora del Carmen ha sido objeto de restauraciones y conservación para preservar su riqueza patrimonial y seguir siendo un símbolo de fe y tradición en la ciudad de Guayaquil. Su relevancia histórica y cultural la convierten en un lugar de visita obligada para quienes desean conocer y apreciar la historia y el legado religioso de la región.

2.1.4 Estado estructural de la Iglesia Católica Señora del Carmen

La iglesia Nuestra Señora del Carmen o también conocida como La Victoria, ha concurrido con daños estructurales en el pasado, incluyendo en el año 2019 cuando fieles y autoridades locales expresaron su preocupación por el estado de la estructura.

Según un reporte del diario El Universo extraída y adaptado en (Moreno Roman , 2020, pág. 25), la iglesia Nuestra Señora del Carmen en Guayaquil ha sufrido daños estructurales debido a un terremoto de magnitud 7,8 en abril de 2016.

Figura 8
Muestra de daños estructurales



Fuente: (El Universo, 2019)

Un estudio posterior indicó sobre las alas que se encuentran al inicio de la capilla podrían desplomarse y se recomendó su demolición y reconstrucción, con un costo estimado de más de 300,000 dólares. Las paredes están deteriorándose y el interior de la iglesia en lugares específicamente en las campañas y el reloj que no se encuentra en buen estado, perjudicando la estabilidad del patrimonio cultural. La cúpula ha perdido pedazos de cemento, lo que ha llevado a colocar mallas provisionalmente para evitar lesiones a las personas. El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) afirmó con firmeza (Cesio, 2019) “La estabilidad de la iglesia está en riesgo debido al avanzado deterioro de las torres, y la actividad sísmica podría agravar aún más la situación” (pág. 1). Además, hay pilares con recubrimientos desprendidos, fisuras en las paredes y varios tramos del piso están hundidos.

La ciudad de Guayaquil, como muchas otras en América Latina, está expuesta a movimientos sísmicos y temblores, lo que aumenta los riesgos para estructuras emblemáticas como la iglesia Nuestra Señora del Carmen. Debido a esto, es necesario prestar mayor atención a los daños estructurales en estos sitios de referencia. El Municipio de Guayaquil ha sugerido demoler parte de la iglesia para evitar otros riesgos, pero la falta de recursos ha impedido llevar a cabo las recomendaciones, incluyendo el retiro de la torre. La iglesia parece necesitar un "milagro" para mantenerse íntegra.

2.1.5 Madera como elemento estructural

La utilización de madera por parte de mecanismo orgánico se remonta a tiempos antiguos y ha sido ampliamente practicado en la construcción de estructuras diversas. La madera es valiosa por ser un material resistente, ligero y versátil, capaz de soportar grandes cargas y tener alta capacidad de absorción y disipación de energía en caso de cargas imprevistas. Se detalla por (Alcivar-Meza, Torres-Quezada, & Panchana-Cedeño, 2023) "la madera es una gran opción para la construcción de vigas y columnas estructurales debido a sus características, y también posee una gran capacidad para disipar la energía sísmica, lo que la hace aún más destacable" (pág. 190). Además, su alta relación resistencia-peso y su comportamiento dúctil la hacen una opción segura para la construcción de estructuras resistentes.

Otro aspecto esencial de la madera como material estructural es su sostenibilidad y renovabilidad. Si se gestiona adecuadamente, los bosques pueden ser replantados y estabilizados para continuar siendo una fuente de madera constantemente renovada. La construcción con madera se caracteriza también por tener menor impacto, en términos de emisiones de carbono ambiental y consumo de energía, en comparación con otros materiales de construcción como el acero o el hormigón.

No obstante, utilizar madera como material de construcción también presenta algunos desafíos, y uno de los principales es su susceptibilidad al fuego. En caso de incendios, la madera puede debilitarse significativamente, lo que la hace menos

resistente. Actualmente, se están creando técnicas y tratamientos para mejorar sus propiedades de resistencia al fuego y garantizar su uso seguro en edificaciones.

En la actualidad, el interés en la construcción sostenible y en el uso de materiales renovables ha dado lugar a una renovada atención en la madera como material estructural. Se resalta que:

Se ha comprobado que utilizar madera requiere mucha menos energía que otros materiales para obtener productos similares. Si se utiliza madera en lugar de esos materiales y su vida útil es similar, se puede ahorrar energía y evitar emisiones con cada uso, lo cual es muy beneficioso para el medio ambiente (Valencia Giraldo, 2019, pág. 2).

Desde pequeñas viviendas ecológicas hasta innovadores rascacielos de madera, la utilización de este material está en constante evolución y sorprendiendo con sus ventajas técnicas y ambientales. Los avances en técnicas de diseño y construcción están permitiendo que la madera se convierta en una opción atractiva y competitiva en el mundo de la ingeniería civil y la arquitectura moderna.

2.1.6 Historia de la madera en estructuras

La historia de la madera en estructuras, desde los inicios de la humanidad, donde la madera se usaba para construir refugios, herramientas y estructuras básicas. Las primeras construcciones de madera consistían en postes y vigas colocados en posición vertical y horizontal para formar estructuras simples, como cabañas y chozas. Con el tiempo, la técnica de ensamblaje de madera mejoró, permitiendo construir estructuras más grandes y complejas.

A medida que las civilizaciones antiguas prosperaron, la madera adquiere un papel esencial en el desarrollo de su arquitectura y tecnología. Se indica que (Vidal Matutano , y otros, 2020) “La madera ha sido ampliamente utilizada a lo largo de la historia debido a su abundancia en el entorno natural, así como a las características físicas y mecánicas que brinda” (pág. 471). Algunos ejemplos son los egipcios, los mesopotámicos y los griegos, que utilizan la madera en barcos, herramientas

agrícolas, muebles y obras artísticas. También desempeñó un papel significativo en la construcción de templos y palacios por su durabilidad y accesibilidad.

En las antiguas civilizaciones como la egipcia, mesopotámica y griega, la madera desempeñaba un papel importante en la construcción de templos, palacios y barcos. La madera de acacia y cedro se utilizó en la edificación de magníficas pirámides y templos egipcios. Los mesopotámicos construyeron sólidas estructuras de madera en forma de zigurats y palacios, y los griegos emplearon la madera en la construcción de barcos y edificios.

En la época del imperio romano, la madera se convirtió en un recurso muy valioso para la construcción de edificios, puentes y acueductos. Los romanos desarrollaron técnicas avanzadas de carpintería, como el uso de vigas y cerchas para soportar grandes cargas y construir estructuras de madera más elaboradas y duraderas.

En la Edad Media, la madera se extendió por ser un material importante en las construcciones de viviendas y edificios. Las construcciones medievales en Europa, como las catedrales góticas, utilizaban marcos de madera que sostenían las enormes bóvedas de piedra. La carpintería de madera se convirtió en un arte y una ciencia en sí misma, y los constructores medievales desarrollaron técnicas innovadoras para ensamblar y unir la madera de manera eficiente.

Con la llegada de la Revolución Industrial, la madera comenzó a ser reemplazada lentamente por materiales más modernos, como el acero y el hormigón armado. Pero a lo largo del siglo XX, se redescubrió el valor de la madera como material de construcción sostenible y renovable. Gracias al desarrollo de tecnologías avanzadas de tratamiento y de la madera, su uso en estructuras experimentó un resurgimiento, y hoy en día, se construyen estructuras de madera innovadoras y elegantes en todo el mundo.

En síntesis, la madera ha desempeñado un papel fundamental en la historia de la humanidad, desde su uso más primitivo en la supervivencia hasta su relevancia en el desarrollo de la arquitectura y la tecnología. Destacando según:

Utilizar la madera con el fin de restaurar muebles antiguos, reemplazar elementos estructurales u ornamentales en edificios históricos, descubrir el

origen de una pieza de museo y realizar estudios sobre la utilización de la madera en diferentes épocas de la historia es un tema que interesa a muchos expertos involucrados en el patrimonio cultural de su región o país (Carreras Rivery & Pérez Marín , 2023, pág. 3).

Con el paso de los siglos, se ha generado una creciente demanda por este recurso natural, lo que ha llevado a una mayor conciencia y esfuerzos por gestionar y conservar adecuadamente los bosques, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

2.1.7 Madera para la construcción

La madera ha sido un material de construcción clave desde tiempos inmemoriales y continúa siendo ampliamente utilizado en la industria de la construcción en la actualidad. Más aún, es utilizada en la construcción proviene principalmente de árboles de crecimiento lento y denso, lo que la hace resistente y adecuada para soportar cargas verticales y horizontales. Se considera que:

La madera es uno de los pocos organismos vivos que se pueden usar directamente como material de construcción, y como la mayoría de los materiales de este tipo, salvo algunas excepciones, tienen algún tipo de soporte mecánico que sostiene el árbol en su conjunto (Lima, 2023, pág. 2).

Los principales tipos de madera utilizados en la construcción son la madera dura (como el roble o el nogal) y la madera blanda (como el pino o el abeto), cada una con propiedades distintas.

En la construcción residencial, la madera se utiliza en una amplia gama de elementos estructurales, como vigas, columnas, muros, pisos y techos. Su capacidad para soportar cargas y resistir tensiones la hace adecuada para la construcción de viviendas y edificios de varios pisos. Además, su ligereza facilita la manipulación y el transporte, lo que puede acelerar los tiempos de construcción.

En la industria de la construcción comercial, la madera también juega un papel importante. Se utiliza en la construcción de oficinas, tiendas y otros edificios comerciales. Debido a que (Villa, Echavarría, & Blessent, 2019) “la mejora del comportamiento mecánico, acústico y térmico de los muros de madera brinda la

oportunidad de utilizar de manera eficiente la madera maciza, paneles de madera y fibras naturales en la construcción de edificios” (pág. 2). Aparte, la madera laminada y el encolado de madera se han convertido en técnicas avanzadas que permiten crear vigas y columnas más grandes y resistentes que pueden competir con materiales tradicionales como el acero.

La madera también se destaca en la construcción de puentes. Se han diseñado puentes de madera que pueden soportar grandes cargas y ser resistentes a la intemperie durante muchos años. La construcción de puentes de madera puede ser más rápida y económica que la de puentes de acero o concreto, especialmente en áreas rurales o con acceso limitado a maquinaria pesada.

Además de su utilidad en elementos estructurales, la madera también se utiliza ampliamente en la construcción de interiores y acabados. Se emplea para pisos, revestimientos de paredes, muebles y elementos decorativos, brindando un aspecto cálido y natural a los espacios interiores.

Uno de los desafíos de la madera en la construcción es su susceptibilidad al fuego ya la degradación por insectos y hongos. Sin embargo, se han desarrollado tratamientos y recubrimientos que mejoran la resistencia al fuego y protegen la madera contra agentes biológicos. Además, las normativas de construcción exigen pruebas y certificaciones para garantizar que las estructuras de madera cumplan con los estándares de seguridad y durabilidad.

La construcción con madera también ha ganado popularidad debido a su estética y calidez natural. La madera permite crear espacios acogedores y atractivos que aportan una sensación de conexión con la naturaleza. En la arquitectura contemporánea, el diseño de edificios de madera se ha convertido en una forma de expresión creativa y sostenible.

2.1.8 Especies maderables de madera dura

La madera dura es una categoría de madera altamente valorada por sus propiedades excepcionales de resistencia, durabilidad y belleza. Se refiere a la madera extraída de árboles de hoja ancha, que pertenecen a angiospermas, en

contraste con la madera blanda, procedente de árboles de coníferas o gimnospermas. Esta clasificación se debe a la estructura de los vasos de los tejidos de los árboles y se traduce en una serie de características distintivas.

La selección de especies maderables de madera dura es esencial para satisfacer las necesidades de una amplia gama de industrias. En este aspecto:

Se destaca la importancia de contar con información precisa y organizada que se ajuste a las necesidades actuales. Esto permite a los profesionales involucrados en el diseño, cálculo y construcción de estructuras de madera gestionar de manera efectiva y utilizar adecuadamente el material, con el objetivo de cumplir con altos estándares de calidad y confort, a precios competitivos en el mercado (Pedroso Martínez & Álvarez Morejón, 2023, pág. 2).

La madera dura se utiliza en la fabricación de muebles de alta calidad, pisos, revestimientos y construcciones estructurales, así como en la elaboración de objetos decorativos y artesanías. Esto demuestra su gran valor y versatilidad.

Entre las especies maderables de madera dura más reconocidas se encuentran el roble, el nogal, el cerezo, el arce, el fresno y el ébano. Cada una de estas especies tiene propiedades únicas que las hacen ideales para diferentes aplicaciones.

Por ejemplo, el roble es conocido por su fuerza, estabilidad y resistencia a la debilitada, lo que lo hace ideal para aplicaciones estructurales. El nogal, por su parte, se utiliza en la elaboración de muebles finos y productos de carpintería gracias a su rica tonalidad y veteado. Mientras tanto, el cerezo es valorado por su color rojizo y su grano fino en la fabricación de muebles y objetos decorativos de alta gama. El arce es comúnmente utilizado en la fabricación de instrumentos musicales, tablas de cortar, pisos y muebles resistentes al desgaste, gracias a su dureza y estabilidad dimensional. El fresno es valioso en la fabricación de bates de béisbol, mangos de herramientas y muebles ligeros debido a su resistencia y flexibilidad. Por último, el ébano es una madera extremadamente dura y de color oscuro, muy apreciada en la fabricación de objetos de lujo como instrumentos musicales y cuchillos de alta gama.

2.1.9 Especies maderables de madera suave

Este término se refiere a un grupo de árboles que producen madera de baja densidad y resistencia, lo que las hace más fáciles de trabajar y más livianas que las maderas duras. Aparte:

Hoy en día, existe una búsqueda de materiales para la construcción que se renueven rápidamente, y uno de los principales objetivos del diseño sostenible es transformar el proceso lineal de la industria de la construcción en un proceso cíclico, donde los productos y materiales puedan ser reutilizados, recuperados y reciclados (Martínez, y otros, 2019, pág. 2).

A pesar de tener una menor densidad, estas maderas suaves tienen un amplio rango de aplicaciones en diversas industrias, como la construcción, la fabricación de muebles, la carpintería y la producción de papel y pulpa.

La madera suave es muy valorada por su versatilidad y disponibilidad, ya que proviene de árboles de rápido crecimiento y amplia distribución geográfica. Estas especies son importantes económicamente debido a su fácil manejo y bajo costo, lo que las convierte en una opción popular para una variedad de proyectos.

En la industria de la construcción, la madera suave es utilizada para la fabricación de marcos, estructuras y encofrados, gracias a su capacidad para ser cortada y trabajada con relativa facilidad. Además, esta madera se emplea comúnmente en la elaboración de tableros de partículas, aglomerados y contrachapados, contribuyendo así a la industria de la fabricación de muebles y acabados interiores. A continuación, se mencionan algunos de los tipos más comunes de especies maderables de madera suave que se usan en la construcción:

- **Pino:** es conocido por su bajo costo, facilidad de manejo y disponibilidad en el mercado. Se utiliza en la fabricación de vigas, tablones y marcos de puertas y ventanas, y en la construcción de estructuras ligeras, como casas de madera.
- **Abeto:** es apreciado por su apariencia estética y su capacidad para aceptar bien los acabados, lo que lo hace popular para revestimientos interiores, paneles y pisos.

- **Cedro:** se destaca por su durabilidad natural y su resistencia a la destrucción y los insectos. Se utiliza en aplicaciones donde se requiere resistencia a la intemperie, como en revestimientos exteriores, cercas y postes.
- **Abeto Douglas:** es especialmente conocido por su fuerza y durabilidad, lo que lo convierte en una opción adecuada para estructuras de construcción, como vigas y columnas.
- **Hemlock:** se utiliza para la fabricación de tablones, paneles y tableros contrachapados. También se utiliza en la construcción de marcos de puertas y ventanas.
- **Tilo:** se aprecia por su fácil tallado y acabado, lo que lo hace popular en aplicaciones decorativas y en la fabricación de molduras y elementos ornamentales en la construcción.

2.1.10 Ventajas de la madera

En primer lugar, es ampliamente utilizado por la ejecución de obra constructora debido a sus numerosas ventajas, como que es un recurso renovable y sostenible, ya que proviene de árboles que pueden ser replantados y cultivados para su posterior uso. Esto contrasta con otros materiales de construcción que pueden ser agotables o que requieren una gran cantidad de energía para su producción. Según se resalta “En vista del crecimiento proyectado de la población mundial, que se estima en 1.200 millones de personas para el período comprendido entre 2030 y 2050, el reto consiste en construir viviendas utilizando materiales que tengan un bajo impacto ambiental” (Gonzalo Hernández y Patricio Elgueta, 2022, pág. 1). De esta manera, el manejo de la madera por obra de construcción contribuye a la conservación del medio ambiente y a la reducción de la huella ecológica de los proyectos.

Otra ventaja relevante de la madera es su versatilidad en el diseño y la construcción. Puede ser utilizada en una amplia gama de aplicaciones, desde estructuras básicas hasta detalles decorativos elaborados. Su naturaleza maleable permite a los arquitectos y diseñadores crear formas y estilos únicos, lo que resulta en edificaciones visualmente atractivas y funcionales. Además, la madera es un material ligero en comparación con muchos otros, lo que facilita su manipulación y

transporte, así como la reducción de la carga en las cimentaciones y estructuras de soporte.

La madera también posee excelentes propiedades térmicas y de aislamiento. Actúa como un regulador natural de la temperatura, manteniendo los ambientes interiores frescos en verano y cálidos en invierno. Esto puede contribuir de manera significativa a la eficiencia energética de los edificios, reduciendo la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración intensivos. Además, la madera tiene una baja conductividad térmica en comparación con otros materiales, lo que la convierte en una opción ideal para la construcción de paredes y techos con un alto rendimiento de aislamiento.

Por último, pero no menos importante, la madera es un material duradero y resistente cuando se maneja y se mantiene adecuadamente. Los avances en tratamientos químicos y técnicas de preservación han mejorado aún más su resistencia al fuego, los insectos y la descomposición. Esto significa que, si se cuida adecuadamente, una estructura de madera puede tener una vida útil prolongada, reduciendo la necesidad de reemplazo frecuente y contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo de las construcciones.

2.1.11 Desventajas de la madera

A pesar de las ventajas que tiene, la madera también tiene algunas desventajas que deben tenerse en cuenta al utilizarla en la construcción. En primer lugar, la madera es susceptible a la humedad y al deterioro causado por hongos, insectos y otros agentes biológicos. Si no se trata adecuadamente con productos de preservación, la madera puede debilitarse con el tiempo y perder su resistencia estructural. Esto puede requerir un mantenimiento constante y costoso para asegurar su durabilidad a largo plazo, especialmente en áreas con climas húmedos o propensos a la humedad.

Otra desventaja es la vulnerabilidad de la madera al fuego. A diferencia de otros materiales de construcción más resistentes al fuego, como el acero o el hormigón, la madera es inflamable y puede contribuir a la propagación rápida de incendios. Aunque según señala (Fernández , 2020) “la protección de la madera se

puede lograr tanto mediante métodos físicos para proteger la estructura como a través del uso de aditivos y pinturas ignífugas que contribuyen a prevenir incendios” (pág. 23).

estos pueden perder efectividad con el tiempo y requerir una supervisión constante para garantizar la seguridad de las personas que ocupan los edificios.

La madera también puede ser susceptible a la deformación y el pandeo bajo ciertas cargas y condiciones. Comparada con materiales más rígidos como el acero, la madera puede tener limitaciones en cuanto a capacidad de carga y espacios de apoyo. Esto puede afectar la elección de diseño y requerir un análisis cuidadoso para asegurar que la estructura de madera cumpla con los estándares de seguridad y funcionalidad.

Por último, la disponibilidad y calidad de la madera pueden variar. La sobreexplotación de los bosques y la deforestación pueden resultar en una oferta limitada de madera de alta calidad y sostenible. Además, la madera puede tener defectos naturales como nudos, grietas y deformaciones, lo que puede afectar su resistencia y apariencia. Esto puede aumentar los costos y los esfuerzos necesarios para seleccionar la madera adecuada para un proyecto de construcción específico.

2.1.12 Durabilidad

Según la investigación de la Construcción Sustentable la durabilidad de la madera hace referencia a su resistencia inherente al ataque de agentes xilófagos sin haber recibido ningún tratamiento o mantenimiento. Debido a esto, la propiedad puede cambiar de una especie a otro, por ejemplo, la madera proveniente de plantas de crecimiento alto presenta una durabilidad distinta a la que proviene de bosques naturales. De igual manera, estas alteraciones son por el mismo tronco, como el duramen que es su parte más interna y la albura que es su parte más externa (Pucon, 2023, pág. 1).

En este sentido, es un aspecto crucial a tener en cuenta en diversas aplicaciones debido a su resistencia y longevidad, ya que, existen diferentes tipos de madera, como el roble y la teca, que son conocidos por ser altamente duraderos

debido a su resistencia natural a la putrefacción y a los insectos. Estas maderas son ideales para su uso en estructuras exteriores expuestas a condiciones ambientales adversas. No obstante, las maderas menos duraderas pueden ser protegidas y fortalecidas con tratamientos químicos o técnicas de preservación, lo que le otorga una mayor resistencia a la humedad, los hongos y los insectos.

Unido a lo anterior, para garantizar la durabilidad de la estructura se deben tomar en consideración el periodo de servicio y de un mejor manejo de uso indicado. Asimismo, es importante mencionar que la durabilidad de la madera no solo depende de la especie utilizada, sino también de las condiciones ambientales a las que está expuesta. Ejemplo, la madera expuesta a la intemperie sin una protección adecuada se descompondrá más rápidamente que aquella que se encuentra bajo techo o en ambientes secos. Por lo que, el uso de conectores y técnicas de unión adecuadas también contribuye a la durabilidad de las estructuras de madera, ya que evita el desgaste prematuro y asegura la integridad de la construcción a lo largo del tiempo. La elección de maderas duraderas, junto con el uso de tratamientos de preservación y un mantenimiento adecuado, garantizará la longevidad y resistencia de las estructuras de madera, tanto en interiores como en exteriores.

Dentro del mismo contexto, una vivienda construida con una estructura de madera puede ser habitada por múltiples generaciones, las cuales podrán disfrutar de todas las ventajas que ofrece vivir en una casa de madera, además de contar con costos de mantenimiento reducidos. Durante la investigación de (EcoHouses, 2019) la durabilidad natural de la madera se refiere a la capacidad de resistencia que tiene una especie específica de madera contra los ataques de hongos e insectos. Un ejemplo claro es una casa de madera de pino o abeto, que con el mantenimiento adecuado puede durar alrededor de 100 años, en comparación con una estructura de hormigón de cemento que tiene una vida útil de 70 años.

Para el autor (Arquima, 2019, pág. 1) se toman las medidas adecuadas de protección contra la humedad, la intemperie y los organismos que afectan al deterioro de la madera, una estructura de madera puede tener una vida útil de más de dos siglos, como:

- ✚ Alta resistencia: Conocida por su rigidez y resistencia excepcionales, capacidad para resistir la corrosión causada por productos químicos agresivos, contribuye a la absorción de energía y soportar cargas de impacto, lo que la convierte en un material de construcción muy adecuado para zonas sísmicas.
- ✚ Resistencia al fuego: La protección contra incendios en una estructura de madera se logra mediante un sistema de capas que refuerzan su resistencia y estabilidad. En el caso de una madera estructural expuesta o vigas, se aumenta el tamaño de su sección para obtener los parámetros de protección necesarios. Esto se debe a que la capa exterior de cambón protege el núcleo estructural de la viga.
- ✚ Humedad: La madera tiene la capacidad de mantener su integridad incluso cuando está expuesta a la humedad, siempre y cuando tenga una ventilación adecuada. El tipo de madera utilizada y su nivel de humedad interno son factores cruciales en cuanto a su susceptibilidad a los ataques de plagas.

2.1.13 Factores que alteran el comportamiento estructural de la madera

En el contexto de la investigación, emergen los factores principales del comportamiento de la madera, según (Meza, 2019, pág. 2) se debe tomar en consideración los siguientes puntos:

- ✚ Contenido de humedad, tiene una presencia en la madera cuando se relaciona el peso total, se ve involucrado desde la presencia del mismo, aumentando la madera disminuye su tenacidad, en pocas palabras, su capacidad de agua se eleva y su resistencia baja, sin embargo, si la humedad tiene números variados y supera su congestión, la tenacidad se vuelve continuo.
- ✚ Densidad esto sucede cuando el cuerpo de la madera adquiere un aumento mientras se vuelva más aumento de resistencia, al contrario, cuando disminuye la capacidad de aberturas hay más tenacidad mecánica.

- ✚ Temperatura es la relación directa con el clima, si existe mayor humedad, entonces hay menor resistencia mecánica.
- ✚ Ataque de insectos, se conoce que entre los más comunes son las termitas subterráneas que están en galerías subterráneas que alcanzan los víveres como lo es, la piroxilina. Mientras que las camponotus, avispas o bolero, manipulan la madera para ser su protección y no ser su fuente comestible, y se transforma en polvo dejando una cápsula que entre 1 y 2 milímetros, finalmente, los cefalópodos y artrópodos acuáticos que interrumpen adecuadamente en un proceso intenso.

2.1.14 Propiedades de la madera estructural

Para empezar una característica de la madera es su capacidad para absorber la humedad del ambiente, lo que se conoce como higroscopicidad. Del mismo modo, esta conceptualización de la madera puede contraerse y expandirse según la humedad, lo que le permite adaptarse a los cambios ambientales sin sufrir daños importantes en su estructura. Asimismo, como esta propiedad es especialmente útil en construcciones, ya que la madera puede ajustarse a los cambios de temperatura y soportar cargas sin comprometer la integridad de la estructura.

2.1.14.1 Propiedades físicas

Para complementar con los indicios de las propiedades físicas, se debe enfatizar en el entorno de vegetación como lo es, la madera implementando y activando estímulos que se producen durante millones de años. Sucede pues, que estas propiedades desarrollan un comportamiento antes aspectos (CI.C MADERAS, 2023, pág. 1) como:

- ✚ Anisotropía: La propiedad de la materia que incorpora ciertas propiedades físicas, tales como la elasticidad, temperatura, conductividad, velocidad de propagación de la luz, entre otras, y que varían según la dirección en que son examinadas. Algo anisótropo podrá presentar diferentes características según la dirección de la

materia a examinar, en este caso, la madera. Toda madera tiene tres orientaciones, axial, radial y tangencial. La orientación axial es aquella que conversa el desarrollo de la arboleda, formando orientación de fibras. La orientación radial es ortogonal a la orientación axial, se dirige a la orientación de los radios, cortando el eje del tronco. La orientación tangencial es equidistante a la radial, se orienta a las fibras y seccionan los aros periódicos.

- ✚ Higroscopicidad: Sirve como almacenamiento que tiene al estimar la absorción maderada proveniente de la humedad del medio ambiente. Como ya sabes, la madera es un elemento vivo y a pesar de haber sido cortada, continúa su contracción o expansión en función de la humedad incorporada.
- ✚ Densidad: Se puede definir a la densidad como la relación que existe entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Se sabe que mientras más pesada es la madera, mayor continuidad de filamentos hay y menor zona existirá en relación de las mismas. Y mientras se desarrolla un árbol se restituye siendo más liviana resultara favorable para la madera.
- ✚ Hendibilidad: Se la tenacidad que enfrenta la maderada a la fuerza de soportar orientaciones perpendiculares a las fibras. Las maderas más rajables se empiezan a observar por su largo y composición de nudos en las fibras.
- ✚ Estabilidad: Se conserva por la reacción que puede sufrir una madera luego de ser expuesta a cambios de temperatura. Se considera estable a una madera cuando no sufre variaciones ni de expansión ni de contracción luego de exponerse a estas variaciones de temperatura.
- ✚ Óptica: Algunas maderas logran realzar su apariencia producto de lo bello de sus vetas. Por otra parte, los rayos UV del sol ennegrecen la madera en su capa externo conocida como corteza. Si le aplicas algún producto como un barniz o un esmalte.

2.1.14.2 Propiedades mecánicas

La composición de la madera está por celulosa, lignina y hemicelulosa. Sus propiedades mecánicas se distinguen según su tipo de árbol, la dirección de los filamentos, humedecimiento y entre otros aspectos. De forma general, la madera es un material resistente y ligero, con buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico (Ochoa, 2023, pág. 1) . Se sugiere algunas propiedades mecánicas indispensables de la madera:

- ✚ Resistencia a la tracción se refiere a la adaptación del material para soportar fuerzas aplicadas en la misma orientación de los filamentos.
- ✚ Resistencia a la compresión se define como la capacidad de una sustancia para resistir compresiones aplicadas en la orientación de los filamentos.
- ✚ Resistencia a la flexión se dirige a la firmeza de la flexión, capaz de ser estudiada de manera transversal a los filamentos.
- ✚ Dureza es el aguante ocasionado por la madera para oponer resistencia a raspes y deterioro.
- ✚ Elasticidad se involucra por el funcionamiento de restaurar la forma única posteriormente de ser encargado a tracciones.
- ✚ Absorción de agua se refiere al mayor contenido de agua, que logra acarrear sus propiedades mecánicas y persistencia de magnitud.
- ✚ Durabilidad se considera a resistir una contribución degradadora y batalla de gorgojos y mohos.

2.1.15 Forjados de Madera

Durante muchos años, los elementos estructurales horizontales conocidos como forjados han sido una parte esencial de los edificios residenciales, cumpliendo múltiples funciones. Según (Martinez Soriano & Martinez Sierra, 2019), “estos elementos reciben y transmiten cargas verticales a otros componentes estructurales, separan forjados consecutivos, proporcionan aislamiento y soportan acabados e instalaciones”. Con el tiempo, la evolución de los materiales de construcción y de los

métodos constructivos ha provocado cambios significativos en la forma de construir los forjados.

Por eso, la disponibilidad de madera en el pasado llevó al desarrollo temprano de forjados que utilizaban vigas y viguetas de madera. Sin embargo, a medida que se introdujeron nuevos materiales, como el acero y el hormigón, la construcción tradicional de forjados de madera empezó a ser sustituida.

De tal manera, detalla (Lizeth Rodríguez, 2019), “la evolución de los materiales y métodos de construcción a lo largo del tiempo y en distintas regiones ha dado lugar a una variedad de tipologías de forjados, como los forjados de hormigón armado, los forjados alveolares y los forjados macizos”.

En la Edad Media, en las viviendas europeas predominaban los forjados de madera, con luces de hasta 5 metros. Estos forjados estaban formados por vigas principales y secundarias, con una capa de tablones o tablas encima.

En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido desarrollar nuevos sistemas de forjados que ofrecen un mayor rendimiento y eficacia. Por ejemplo, el uso de forjados prefabricados de hormigón se ha hecho cada vez más popular debido a su facilidad de instalación y durabilidad. Además, los forjados compuestos formados por una combinación de acero y hormigón han ganado popularidad debido a su gran resistencia y versatilidad.

En general, la evolución de los forjados de los edificios residenciales ha estado determinada por diversos factores, como la disponibilidad de materiales, los avances en la tecnología de la construcción y las tendencias de diseño cambiantes. A medida que sigamos ampliando los límites de la innovación en el diseño y la construcción de edificios, es probable que los sistemas de forjados sigan evolucionando y adaptándose para satisfacer las necesidades cambiantes del sector.

La evolución de las estructuras de los forjados ha sido un proceso constante de adaptación a las necesidades de cada época. Con el auge industrial llegaron nuevas técnicas de ensamblaje y pretensado del hormigón, que condujeron al predominio de los forjados macizos, ligeros y nervados en el siglo XX. Estos suelos eran muy resistentes a las cargas y al fuego, lo que los convirtió en una opción popular

en la construcción. Sin embargo, con la creciente preocupación por la sostenibilidad en los últimos tiempos, se ha renovado el interés por el uso de la madera.

En la arquitectura contemporánea, se están desarrollando variantes modernas de suelos de madera, como la madera contra laminada (CLT), la vigueta en I y las losas alveolares pretensadas, para emular la eficacia del hormigón y el acero desde una perspectiva sostenible. Estos nuevos materiales son muy solicitados por su respeto al medio ambiente, su durabilidad y su atractivo estético. También están ganando popularidad las propuestas híbridas que combinan vigas de madera con losas de hormigón, mostrando el potencial de la combinación de materiales.

Se espera que la tendencia hacia la eco sostenibilidad modele el futuro de las estructuras de suelo. Con el desarrollo de productos y diseños nuevos e innovadores, los suelos de madera van a volver al sector de la construcción. Se prevé que en las próximas décadas se consoliden más alternativas ecoeficientes, y que la madera desempeñe un papel importante en el desarrollo de estructuras sostenibles, duraderas y visualmente atractivas.

En conclusión, la evolución de las estructuras de suelo se ha visto impulsada por la necesidad de adaptabilidad y sostenibilidad. A medida que avancemos, se espera que se intensifique la tendencia hacia la eco sostenibilidad, lo que conducirá al desarrollo de materiales y diseños nuevos e innovadores que transformarán el sector de la construcción. Los suelos de madera están llamados a desempeñar un papel importante en esta transformación, proporcionando una alternativa sostenible y visualmente atractiva a los materiales tradicionales.

2.1.16 Función del forjado en la estructura

Este elemento estructural horizontal desempeña un papel crucial para garantizar la estabilidad y seguridad de todo el edificio. Según (Cayambe, Chiluisa, Quizanga, & Viera, 2024), el forjado tiene dos funciones principales: resistencia y separación entre forjados (pág. 5).

- ✚ La función resistente del forjado se deriva de su posición como componente estructural. Está diseñado para soportar el peso de

diversos elementos, como muebles, ocupantes y materiales de construcción, y transmitirlo a los pilares de soporte, muros de carga u otros elementos estructurales. Esta función es fundamental para garantizar que el edificio pueda soportar el peso de todos los ocupantes y sus pertenencias sin derrumbarse.

Además, el forjado debe ser capaz de recoger y distribuir otras cargas, como las fuerzas sísmicas, el viento, la presión lateral de la tierra y la presión hidrostática, a otros elementos portantes del edificio. Para conseguirlo, el forjado se diseña para que funcione como una viga profunda, con capacidad para resistir momentos flectores y fuerzas cortantes.

Conjuntamente de su función resistente, el forjado también desempeña un papel vital en la estabilización del edificio. Actúa como diafragma, arriostrando pórticos paralelos de la estructura para evitar que los pórticos individuales se colapsen o pandeen bajo cargas laterales como el viento o los terremotos. También, el forjado proporciona un apoyo intermedio a las vigas, evitando que se pandeen bajo esfuerzos de torsión, de igual manera, sirve como mecanismo de confinamiento para el alma de las vigas, garantizando que no se pandeen ni fallen bajo carga.

Determinan (Torner Feltrer, Cañada Soriano, Vivancos Bono, Aparicio Fernández, & Royo Pastor, 2023) “en los edificios de varios pisos, es esencial aislar los distintos espacios entre sí”. Este aislamiento debe tener en cuenta varios aspectos, como la acústica, el aislamiento térmico, la seguridad contra incendios y la impermeabilización (pág. 8).

- ✚ En primer lugar, el aspecto acústico implica limitar la transmisión del ruido aéreo y de impacto entre unidades adyacentes. Esto es importante para garantizar la intimidad de los ocupantes y evitar molestias.
- ✚ En segundo lugar, el aspecto térmico implica crear una separación entre ambientes con temperaturas diferentes, incluido el ambiente exterior. Esto es crucial para mantener temperaturas interiores confortables, reducir el consumo de energía y minimizar los costes de calefacción y refrigeración.

- ✚ En tercer lugar, la seguridad contra incendios es un aspecto crítico que debe tenerse en cuenta en el diseño de edificios de varios pisos. Compartimentar el edificio y ralentizar la propagación del fuego puede salvar vidas y minimizar los daños materiales. Esto se consigue mediante el uso de materiales resistentes al fuego y características de diseño que impidan la propagación de las llamas y el humo.
- ✚ Por último, la impermeabilización es esencial para evitar filtraciones y daños por agua en el edificio. En casos especiales, el suelo del edificio debe ser impermeable para impedir la infiltración de agua y compensar los fallos del tejado. Esto es importante en regiones con grandes precipitaciones o zonas donde las inundaciones son frecuentes.

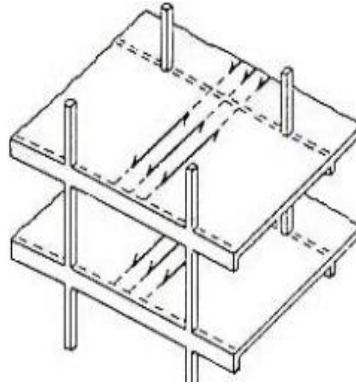
En conclusión, una revisión exhaustiva de la bibliografía actual confirma la importancia del suelo en los edificios de varias plantas. El suelo desempeña un papel vital tanto en la integridad estructural como en la separación de los distintos espacios, garantizando la seguridad y el confort de los ocupantes. Por tanto, es esencial tener en cuenta todos los aspectos mencionados al diseñar y construir edificios de varias plantas.

2.1.17 Modelo de Forjados

Los tipos de forjados se pueden clasificar de diversas formas, considerando diferentes factores que afectan su ejecución. Teniendo en cuenta esta variedad, se establecerán las siguientes categorías:

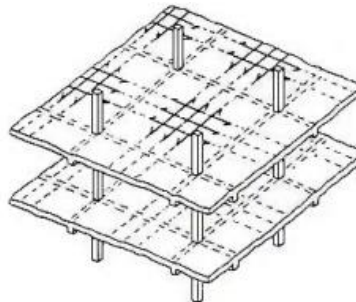
- **Según el método de transmisión de cargas:** En los forjados de madera, la transmisión de cargas se realiza mayormente en una dirección. Estos se denominan forjados unidireccionales, ya que flexionan principalmente en una dirección y transmiten las cargas a las vigas, las cuales a su vez las transmiten a los soportes. Certifica (Rengifo Briceño, 2020) “Con el uso de madera laminada, se introducen los forjados bidireccionales, que flexionan en dos direcciones y transmiten las cargas a las vigas o directamente a los soportes en ambas direcciones” (pág. 7).

Figura 9
Forjados unidireccionales



Fuente: (Rengifo Briceño, 2020)

Figura 10
Forjados bidireccionales



Fuente: (Rengifo Briceño, 2020)

- **Según el método de ejecución:**

Los forjados prefabricados están compuestos por elementos prefabricados autorresistentes, los cuales aportan una resistencia parcial que debe complementarse mediante la conexión con los demás elementos portantes.

Esta unión se realiza in situ, utilizando las fijaciones necesarias para que el forjado pueda soportar todas las cargas. Estos forjados se caracterizan por su rapidez de construcción, ya que requieren menos elementos y operaciones en obra. La resistencia de los elementos está garantizada por el fabricante.

Por otro lado, los forjados "in situ" se construyen en obra utilizando los elementos tradicionales de vigas y viguetas, lo que requiere más tiempo y trabajo en comparación con los prefabricados.

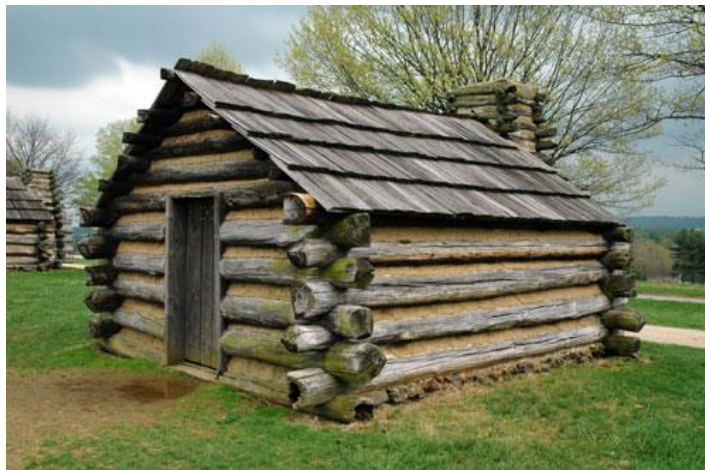
- **Según el nivel de hiperestatismo:** En la mayoría de los casos, el uso de madera en los forjados se limita a sistemas biapoyados, donde los elementos se flexionan en una dirección y requieren apoyos en ambos extremos. Sin embargo, con la aparición de nuevos materiales de madera, se han desarrollado forjados continuos que permiten cubrir luces más grandes.

En conclusión, señala (Caneiro, 2023) “Es importante tener en cuenta que estas clasificaciones son solo algunas de las muchas formas en que se pueden categorizar los forjados” (pág. 11). La elección de la tipología adecuada dependerá de varios factores, como el tipo de construcción, las cargas a soportar y las características del terreno.

2.1.18 Desarrollo histórico de los sistemas de forjado en madera.

Figura 11

Madera como material de construcción

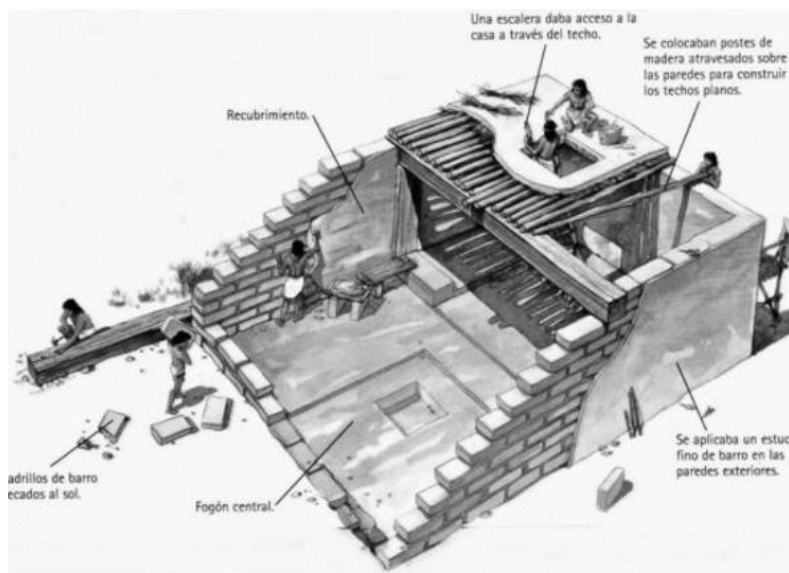


Fuente: (Melero Herranz, 2020)

A lo largo de la historia, se han utilizado diferentes técnicas y materiales para construir forjados, en función de los conocimientos disponibles en cada momento. Destaca (Melero Herranz, 2020) “La madera fue un material crucial en la construcción debido a su abundancia, versatilidad y eficacia para manejar la tensión y la flexión, hasta la introducción del acero laminado y el hormigón” (pág. 6). Además, la ausencia de piedra en ciertas zonas y la habilidad de los carpinteros para crear estructuras complejas y visualmente atractivas contribuyeron aún más al uso de la madera. Hoy

en día, los suelos pueden fabricarse con diversos materiales, pero en la antigüedad, la madera era el material primario utilizado. El método inicial de construcción de forjados consistía simplemente en colocar vigas sobre muros de carga. Este capítulo pretende mostrar la evolución de los suelos de madera en los edificios residenciales a lo largo de los siglos, desde los diseños antiguos hasta los sistemas modernos conseguidos gracias a los avances tecnológicos.

Figura 12
Tipos de viviendas antiguas



Fuente: (Molar Orozco & Roux Gutiérrez, 2024)

En las ciudades mesopotámicas de alrededor del año 2000 a.C. ya existían casas de dos pisos dentro de sus murallas, en las que se utilizaban vigas de madera sostenidas por muros de ladrillo. En Egipto, donde se aplicaban muchos materiales de construcción, se conocen casas de una sola planta con dos pisos, en las que se utilizaban vigas de bambú y madera de palma de baja calidad para los forjados, sostenidas por muros. Esta técnica evolucionó, y en las culturas micénica y griega se construyeron casas de uno y dos pisos con soportes internos de vigas y pilares, eliminando la necesidad de muros de carga.

Se pondrá gran énfasis en encontrar soluciones que mantengan una estética visual atractiva. La evolución de los elementos estructurales también está influida por la arquitectura japonesa, debido a su rica tradición. Su búsqueda de la perfección

conduce a soluciones para conectar estructuras sin utilizar elementos metálicos, lo que da lugar a una gran riqueza de detalles constructivos.

Durante el Renacimiento, Arquitectos como Giorgio Vasari y Andrea Palladio revolucionaron el uso de la madera en sistemas estructurales disponiendo el material de forma que pudiera soportar mayores fuerzas de flexión y tensión, lo que dio lugar a impresionantes estructuras que podían cubrir luces de aproximadamente doce metros.

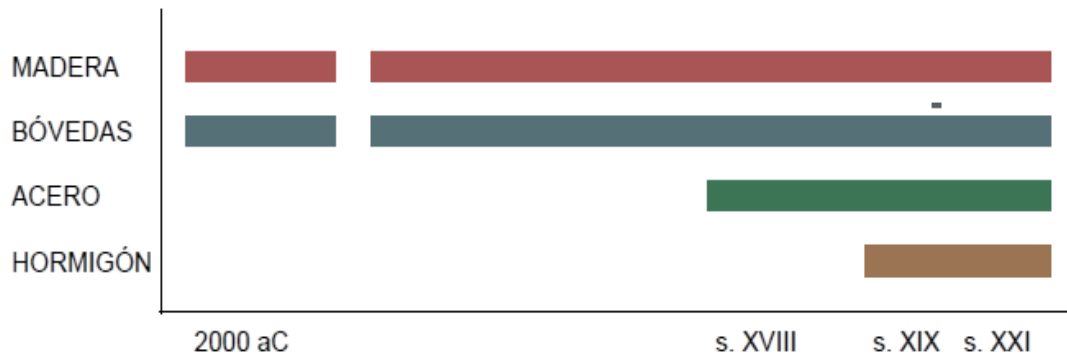
En la Edad Moderna, la industrialización trajo consigo la optimización de las estructuras de madera en términos de funcionalidad y estética. Los avances tecnológicos y la producción en masa de elementos de construcción introdujeron el concepto de prefabricación a mediados del siglo XIX. (Molar Orozco & Roux Gutiérrez, 2024, pág. 21)

Durante esta época, la madera fue perdiendo protagonismo en la construcción a medida que surgían otros materiales como el acero y el hormigón. Al proponerse nuevas normas de dimensionamiento para las piezas de madera, los elementos estructurales adquieren ahora dimensiones más esbeltas que las anteriores. En la Edad Contemporánea, la evolución de las estructuras de madera alcanzó su punto máximo. La construcción seguía consumiendo madera, y el deseo de conseguir mayores luces exigía tamaños más grandes. Los constructores de castillos, catedrales, iglesias y conventos encontraron dificultades para obtener las dimensiones necesarias de los árboles disponibles. Fue entonces que:

Puntualiza (Franco, 2021) que cuando constructores como Philibert Delorme, aplicando el concepto del arco, que permitía mayores luces utilizando piezas cortas de piedra comprimida, lo aplicaron a la carpintería y crearon su primera obra en el castillo de Mulette (1548) y más tarde en el castillo de Montceaux. Tres siglos más tarde, el coronel Emy, director de fortificaciones de Bayona, ideó el sistema que lleva su nombre. Consiste en planchas de madera colocadas horizontalmente y ensambladas mediante pernos y bridas metálicas (pág. 1).

Esto lleva a la creación de la madera laminada encolada, que supondrá una transformación significativa en la construcción de forjados y estructuras de madera en general.

Figura 13
Forjados de madera



Fuente: (Navarro, 2009)

2.1.19 Vulnerabilidad Sísmica

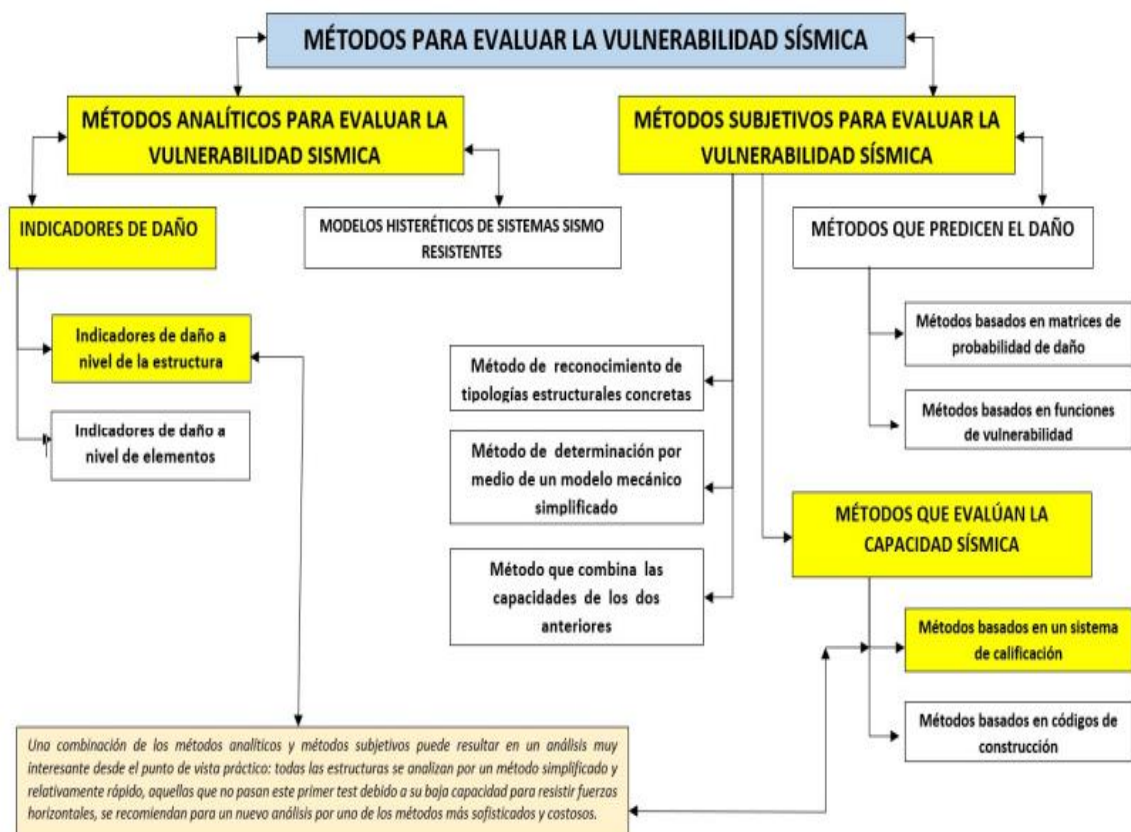
Las investigaciones sobre la vulnerabilidad sísmica desempeñan un papel crucial en la ejecución de programas de mitigación de riesgos. En Ecuador, un país propenso a un alto riesgo sísmico, se han realizado esfuerzos para evaluar el nivel de vulnerabilidad de las estructuras existentes. Por consiguiente, comentan (Cunalata Vásquez & Caiza Sánchez, 2022) que “Ecuador puede caracterizarse como un país que se enfrenta a múltiples catástrofes naturales. Por eso es crucial centrarse en mejorar la calidad de los edificios” (pág. 13).

La vulnerabilidad sísmica se refiere a la medida del potencial de un edificio para un rendimiento inadecuado en respuesta a la actividad sísmica, o en otras palabras, el nivel de daños que puede sufrir un edificio durante un terremoto. El alcance de los daños está relacionado con las características específicas del edificio, en las que influye su ubicación, ya que la geología de la zona determina la probabilidad de actividad sísmica. Además, la vulnerabilidad depende de la capacidad del edificio para resistir las fuerzas a las que pueda verse sometido. Por tanto, es crucial evaluar adecuadamente la seguridad de la estructura.

El lugar de estudio está situado en el cantón Guayaquil de la provincia del Guayas, que está clasificado como Zona Sísmica V con una calificación de peligrosidad sísmica "Alta", según la sección de Peligrosidad Sísmica del Código Ecuatoriano de la Construcción (Sección 3.1). El valor de Z es de 0,40 g, determinado a partir de un estudio que incorpora las últimas evaluaciones de la peligrosidad sísmica realizadas en Ecuador hasta 2015, como se muestra en la figura siguiente.

Para determinar la vulnerabilidad estructural, es necesario conocer el edificio que necesita intervención. Para ello, es necesario desarrollar una metodología. Redacta (Prieto, Prieto, & Miranda, 2021) que “esta metodología dependerá del diseño y de los cálculos estimados, de los materiales utilizados en el edificio, de las condiciones de construcción y del mantenimiento” (pág. 2).

Figura 14
Flujograma Métodos para evaluar la vulnerabilidad Sísmica



Fuente: (Mora, 2016)

2.1.20 Índice de daño

El índice de daño evalúa el grado de deterioro del sistema estructural y el comportamiento dinámico no lineal de un edificio frente a las fuerzas verticales y/o fuerzas laterales causadas por fenómenos sísmicos. Recalca (Zamora Cedeño & Aguirre Ullauri, 2020) “La importancia de las intervenciones de prevención y refuerzo en las catástrofes radica en que, aunque las catástrofes naturales no pueden evitarse, sí puede minimizarse el impacto de los daños” (pág. 4). Se calcula teniendo en cuenta la estructura de la edificación y las propiedades de sus materiales.

La progresión del daño se establece a través de los estados de daño, comenzando desde un estado de falla insignificante o nula hasta llegar al estado de fallo total o destrucción completa.

En resumen, el índice de daño es una medida que evalúa el nivel de degradación y la resistencia de un edificio ante las fuerzas sísmicas, teniendo en cuenta su estructura y los materiales utilizados.

2.1.21 Ductilidad

La ductilidad es una medida de la capacidad de un edificio para soportar cargas laterales en el rango post-elástico, disipando la energía del terremoto y generando daños controlados y localizados, según el tipo de construcción y el sistema estructural. Algunos materiales, como el acero, el hierro forjado y la madera, son intrínsecamente dúctiles. Otros materiales, como el hierro fundido, la mampostería simple, el adobe o el hormigón simple, no son dúctiles o también conocidos como frágiles y tienden a romperse repentinamente. Detalla (Olazabal Vasquez, 2023) “La mayor ductilidad permite una mayor deformación y aumenta la resistencia de la estructura al colapso, proporcionando mayor seguridad” (pág. 26). Los materiales frágiles pueden hacerse dúctiles incorporando pequeñas cantidades de materiales dúctiles. Esto puede conseguirse, por ejemplo, añadiendo elementos de madera a las construcciones de adobe o refuerzos de acero a las construcciones de mampostería y hormigón.

2.1.22 Rehabilitación Arquitectónica

La rehabilitación arquitectónica es una intervención que se lleva a cabo en un bien o conjunto patrimonial cuando no es posible o conveniente una intervención excepcional total o parcial. Su objetivo principal es recuperar los valores arquitectónicos del bien y restaurar sus características originales. La rehabilitación pretende garantizar las condiciones de habitabilidad respetando la tipología arquitectónica, los rasgos morfológicos fundamentales, la materialidad y la integración con el entorno. Destaca (Caballero-Piza, 2022, pág. 16) lo siguiente;

La restauración del patrimonio cultural va de la mano de la equidad social en la medida en que los edificios y su reutilización pueden reactivar sectores en torno a edificios de diferentes áreas, lo que sugiere también una eficiencia económica que permita crear menos costes de nuevos escenarios y la posibilidad de recrear la gestión cultural en otro tipo de edificios que se han creado.

Esencialmente, la rehabilitación arquitectónica se centra en la recuperación y conservación del patrimonio arquitectónico al tiempo que garantiza su funcionalidad y adaptación a las necesidades actuales.

2.2 Marco Conceptual

Árbol: Es una planta perenne de tallo leñoso que se ramifica a cierta altura del suelo. Los árboles son organismos vivos que tienen raíces, tronco, ramas y hojas. Son fundamentales para el equilibrio ecológico y desempeñan un papel vital en la producción de oxígeno, la regulación del clima y la conservación del suelo.

Construcción sustentable: En las obras civiles, la planificación, diseño, construcción y optimización deben ser aprovechadas sustentablemente, es decir sin dar la naturaleza, dando una menor aplicación de los recursos no renovables

Daños estructurales: Los daños estructurales se refieren a los deterioros o problemas que afectan la integridad y estabilidad de una estructura, como un edificio o una construcción. Estos daños pueden incluir grietas, hundimientos, corrosión,

deformaciones o cualquier otro tipo de deterioro que comprometa la estabilidad de carga y tenacidad de una obra civil.

Estructuras: Las estructuras son sistemas construidos que están diseñados para soportar cargas y mantener la estabilidad de un edificio, puente u otra construcción. Pueden ser de diferentes tipos, como estructuras de acero, hormigón armado o madera, y están diseñadas para resistir fuerzas, como el peso propio, cargas estáticas y dinámicas, viento, sismos, entre otros.

Forjados en madera: Son elementos estructurales horizontales hechos de madera, como vigas o techos, que se utilizan para soportar la carga y distribuirla de manera uniforme en una construcción. La materia maderada comúnmente esgrimido en la obra constructora debido a la resistencia y la facilidad de manipulación.

Humedad: La humedad es la presencia de agua o vapor de agua en el aire o en materiales. En el contexto de la construcción, la humedad puede ser un problema, ya que puede causar daños a las estructuras, como la aparición de moho, la corrosión de materiales metálicos, la deformación de la madera y la deterioración de los materiales de construcción.

Iglesia: Una iglesia es un lugar de culto religioso cristiano. Por lo general, es un edificio o estructura de arquitectura distintiva, diseñado para acomodar a una congregación y realizar ceremonias religiosas. Las iglesias pueden ser de diferentes estilos arquitectónicos y pueden tener un significado cultural e histórico importante.

Madera: Material natural derivado de los macizos, ampliamente utilizado en la construcción debido a su resistencia, durabilidad y capacidad para ser trabajada. La madera se utiliza para construir estructuras, muebles, revestimientos y otros elementos decorativos. Además, la madera es un recurso renovable y sostenible.

Patrimonio cultural: El patrimonio cultural se refiere a los bienes culturales heredados de generaciones anteriores, que tienen un valor histórico, artístico, arquitectónico o social. Puede incluir monumentos, sitios arqueológicos, obras de arte, tradiciones, costumbres y edificios históricos, como iglesias, que representan la identidad y el legado de una comunidad o sociedad.

Reforzamiento estructural: Es el proceso de fortalecer una estructura existente para mejorar su capacidad de carga y resistencia. Esto se logra mediante la adición de elementos estructurales adicionales, como vigas, columnas o refuerzos de acero, para corregir debilidades o daños existentes y garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura.

2.3 Marco Legal:

El concepto de un sistema jurídico escalonado se aplica principalmente por medio de la pirámide de Kelsen, la cual establece una conexión entre un conjunto de normas legales y establece un orden para su interacción mutua.

(Constitución del Ecuador, 2008) Título VII Régimen del Buen Vivir

Capítulo primero-Inclusión y equidad

Art. 379.- Son parte del patrimonio cultural tangible e intangible relevante para la memoria e identidad de las personas y colectivos, y objeto de salvaguarda del Estado, entre otros:

1. Las lenguas, formas de expresión, tradición oral y diversas manifestaciones y creaciones culturales, incluyendo las de carácter ritual, festivo y productivo.
2. Las edificaciones, espacios y conjuntos urbanos, monumentos, sitios naturales, caminos, jardines y paisajes que constituyan referentes de identidad para los pueblos o que tengan valor histórico, artístico, arqueológico, etnográfico o paleontológico.
3. Los documentos, objetos, colecciones, archivos, bibliotecas y museos que tengan valor histórico, artístico, arqueológico, etnográfico o paleontológico.
4. Las creaciones artísticas, científicas y tecnológicas.

Los bienes culturales patrimoniales del Estado serán inalienables, inembargables e imprescriptibles. El Estado tendrá derecho de prelación en la adquisición de los bienes del patrimonio cultural y garantizará su protección. Cualquier daño será sancionado de acuerdo con la ley.

Para (Ley Orgánica de Cultura , 2016, pág. 14) Título VII.- Del subsistema de la memoria social y el patrimonio cultural

Capítulo 5.- Del Patrimonio Cultural

Art. 50.- De los bienes que conforman el Patrimonio Cultural. Los bienes que conforman el patrimonio cultural del Ecuador son tangibles e intangibles y cumplen una función social derivada de su importancia histórica, artística, científica o simbólica, así como por ser el soporte de la memoria social para la construcción y fortalecimiento de la identidad nacional y la interculturalidad.

Art. 54.- De los bienes y objetos pertenecientes al patrimonio cultural nacional. En virtud de la presente Ley se reconocen como patrimonio cultural nacional y por tanto no requieren de otra formalidad, aquellos bienes que cumplan con las siguientes consideraciones:

e) Las edificaciones y conjuntos arquitectónicos como templos, conventos, capillas, casas, grupos de construcciones urbanos y rurales como centros históricos, obrajes, fábricas, casas de hacienda, molinos, jardines, caminos, parques, puentes, líneas férreas de la época colonial y republicana construidos hasta 1940, que contengan un valor cultural e histórico que sea menester proteger;

f) Los bienes muebles de la época colonial y republicana con al menos cien años de antigüedad como dibujos, pinturas, esculturas, monedas, medallas, talla, objetos de orfebrería, cerámica, madera o cualquier otro material que se haya construido en dichas épocas.

Según (Norma Ecuatoriana de la Construcción-Estructuras de Madera, 2014, pág. 64)

5. Diseño estructural

5.1. Consideraciones generales de diseño

5.1.1. Condiciones de resistencia y de rigidez Se respetarán los requisitos, métodos de análisis y calculo, bien como recomendaciones del Manual de Diseño de la JUNAC, en particular en sus capítulos 7 a 12. Además, el apéndice informativo 6.4 ilustra las sollicitaciones mecánicas a ser tomadas en cuenta, con referencias al Manual de Diseño de la JUNAC.

5.1.2. Condiciones para madera estructural La madera empleada en estructuras reunirá las siguientes condiciones:

- Debe ser material clasificado como de calidad estructural, conforme a la sección 3.8;
- Debe provenir de especies maderables correspondientes a cualquiera de los tres Grupos Estructurales (A, B o C) definidos en la sección 5.3;

- Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las secciones más usuales;

- Usar madera seca con un contenido de humedad máxima del 19% o del 12% si se trata de madera laminada;

- La madera estructural debe ser de buena durabilidad natural, o, en su defecto, debe ser preservada adecuadamente.

- Los elementos metálicos de las uniones deberán llevar pintura anticorrosiva o en su defecto protección de zincado, si así se especifica en el diseño.

Por fin, salvo casos se puede demostrar lo contrario, el diseño reflejará la no rigidez de las uniones.

5.1.3. Elementos estructurales

El Manual de Diseño de la JUNAC organiza la parte de diseño respecto al dimensionamiento de elementos estructurales siguientes:

- Vigas, viguetas y entablados
- Columnas y entramados
- Muros de corte
- Armaduras ligeras

Se verificarán, según los elementos o sistemas:

- Flexión (tracción y compresión generadas por el propio fenómeno)
- Compresión
- Corte
- Compresión perpendicular

- Flexo compresión
- Flexo tracción
- Deflexión
- Estabilidad

Para (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019) Libro Segundo Patrimonio Natural, Título Preliminar-Disposiciones General

Capítulo I-Regularización y Legalización de Tierras

Art. 70.- Reglas generales aplicables a territorios en posesión ancestral.- Las tierras y territorios ancestrales dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Patrimonio Forestal Nacional, en concordancia con lo establecido en la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales, se sujetarán a las siguientes reglas:

e) Para la construcción de infraestructura prevista en las políticas públicas de vivienda rural, servicios de salud y educación, proyectos de infraestructura, y servicios públicos en beneficio de la colectividad; las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades deberán ceder al Estado el derecho de uso y usufructo de superficies determinadas de tierra en las que se construirá la infraestructura correspondiente. Sin perjuicio de lo anterior, estas tierras se mantendrán en propiedad comunitaria. El inicio de los proyectos, obras o actividades estará sujeto al respectivo proceso de regularización ambiental y de consulta previa, de ser aplicable.

(Guía práctica para el diseño de estructuras de madera, 2016)

2.1 Esfuerzos admisibles para madera estructural: Los esfuerzos de diseño que se presentan a continuación son exclusivamente aplicables a madera estructural que cumple en su totalidad con la norma de clasificación visual. Se deberá supervisar que la madera empleada en la construcción cumpla con los requisitos de la NEC-SE-MD. La clasificación para madera estructural se la puede encontrar en el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino PADT-REFORT para las especies del Ecuador

Figura 15

Grupo de especies estudiadas para madera estructural

Tabla 3: Grupos de especies estudiadas en el PADT-REFORT para madera estructural.

País	Grupo	Nombre Común	Nombre Científico
Ecuador	A	Caimitillo	Chrysophyllum cainito
		Guayacán Pechiche	Minuartia guianensis
	B	Chanul	Humiriastrum procerum
		Moral fino	Chlorophora tinctoria
		Pituca	Clarisia rasemosa
	C	Fernansánchez	Triplaris guayaquilensis
		Mascarey	Hieronyma chocoensis
		Sande	Brosimum utile

Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino.

Fuente: (Guía práctica para el diseño de estructuras de madera, 2016)

Las especies de madera adecuadas para el diseño han sido agrupadas en 3 grupos estructurales.

Figura 16

La pirámide de Kelsen o jerarquía norma legal aplicada



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: Cualitativo

El proyecto de investigación se fundamenta por un enfoque cualitativo, integrando documentos ambiguos, información en artículos de revistas, libros y sitios web, que comprenda la utilidad de un reforzamiento con forjados de madera mediante un material amigable con dicha madera que determine beneficios de la realidad en la que se encuentra expuesta por daños para conservar el Patrimonio Cultural.

El enfoque cualitativo se distribuye principalmente por recopilar datos descriptivos, cualidades o características que expresan los individuos, centrándose en los problemas, eventos, acciones y valores desde las perspectivas del ser humano, tomando en consideración un análisis profundo o reflexivo de los significativos subjetivos e interpersonales presentes en las realidades estudiadas.

Dentro de lo antes expuesto, la metodología cualitativa permite explorar las causas de los fenómenos sociales y defender las ideas expuestas por el investigador, lo que contribuye a una comprensión adecuada de investigaciones documentales. Se utiliza palabras, textos, gráficos e imágenes para alcanzar la adaptación de solución problemática a través de los significados desarrollados, asumen una realidad subjetiva, dinámica y compuesta por multiplicidad de contextos, de igual manera, se caracteriza por desplegar los fenómenos de manera inductiva, recurrente y con amplitud, exprimiendo significados y observando múltiples aspectos para obtener riqueza investigativa en el texto científico.

3.2 Alcance de la investigación: Descriptivo

Para garantizar la preservación adecuada del patrimonio cultural y religioso que representa la iglesia Nuestra Señora del Carmen de Guayaquil se debe utilizar un alcance descriptivo, es fundamental llevar a cabo un refuerzo estructural mediante el uso de forjados de madera estableciendo un nuevo material de madera que sea amigable con el medio ambiente, para el presente trabajo de titulación se enfoca en fortalecer la torre Norte y Sur de la edificación donde se encuentran los campanarios

que a diario se utiliza para eventos católicos. Debido a la problemática de los daños estructurales, ya sea por falta de mantenimiento, sismos o humedad, con el objetivo de identificar cualquier otro tipo de daño que pueda requerir reparación. También será necesario investigar las evaluaciones de los materiales a utilizar y analizar la utilización de técnicas apropiadas de restauración que estén en línea con la historia y el patrimonio de la iglesia.

En relación a la justificación presentada, el alcance descriptivo se refiere a la definición de las características de un fenómeno, sin enfocarse en el por qué se produce, la cual, este tipo de investigación busca proporcionar una comprensión detallada y específica de un tema o situación, lo que puede ser fundamental para diversos tipos de estudios en el ámbito social, dentro de la importancia, es crucial para delimitar y definir las tipologías de un fenómeno lo que proporciona una base sólida para la investigación y contribuye a la comprensión detallada de un tema o situación específica en el contexto social.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

En relación con el tema científico, se muestra los resultados investigativos que se consideran a través de técnicas e instrumentos cualitativos presentando mediante tablas y gráficos relacionados al uso de forjados de manera como método de refuerzo que se ha convertido en un enfoque de interés debido a su capacidad para combinar resistencia estructural con la preservación de los caracteres históricos del patrimonio cultural, llevando a cabo una inspección exhaustiva de la Iglesia identificando daños estructurales que hoy en día se observan, para realizar una revisión detallada de la literatura existente sobre los forjados de madera en Iglesias ambiguas de forma mundial ejemplificando su adecuado material favorable.

Mediante una encuesta elaborada para visitantes y personal de trabajo, se realizó un cuestionario de preguntas, para adecuar los puntos de vista que se presenten en la problemática investigativa, entrevistando a aproximadamente 30 personas que se encuentran laborando en la Iglesia Católica Nuestra señora del Carmen-Guayaquil.

Tabla 1

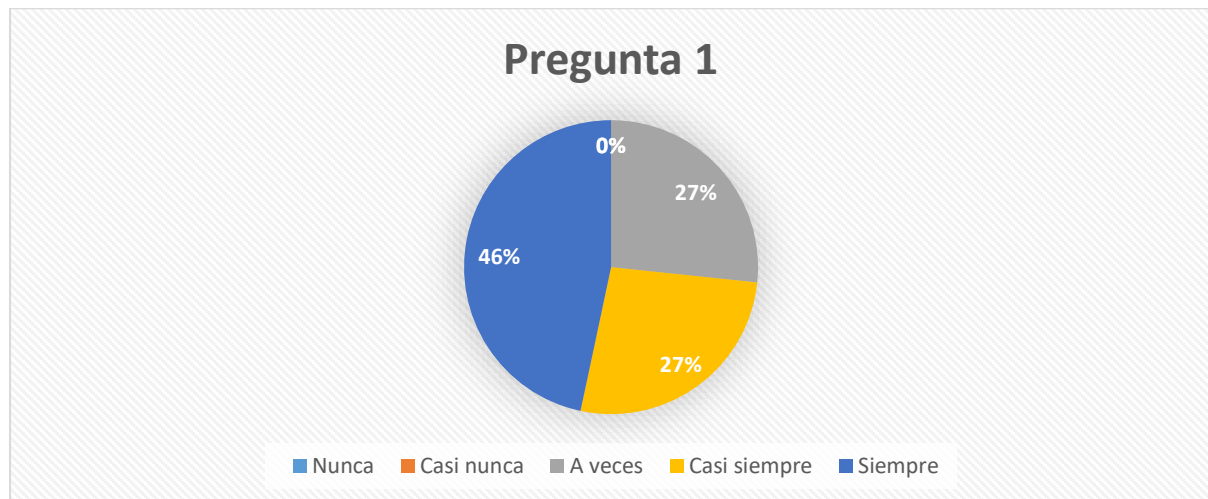
¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	0	0%
Casi nunca	0	0%
A veces	8	27%
Casi siempre	8	27%
Siempre	14	46%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 17

¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se observa una igualdad de “a veces” y “casi siempre” en la pregunta 1, refiriéndose a ¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?, representando un 27% en cada uno que se establece por 8 individuos encuestados por cada respuesta, pero no obstante, en su mayoría los encuestados indicaron que

“siempre”, es decir, encuentran daños estructurales en la ala sur y norte, con un 47% que pertenece a 14 personas, mientras que para “nunca”, “casi nunca” obtuvieron 0%.

Tabla 2

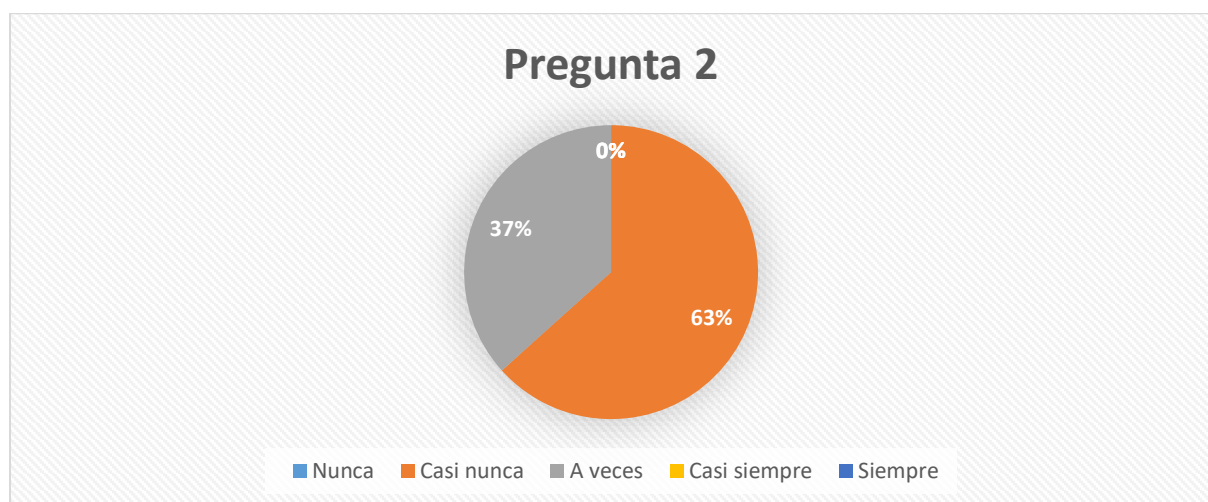
¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	0	0%
Casi nunca	19	63%
A veces	11	37%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 18

¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Dentro de la siguiente pregunta que es ¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural? Predomina el valor de “casi nunca” representando un 63% que se involucran 19 personas que consideran que no realizan evaluaciones eventualmente o como debería de ser,

mientras que con un 73% que se encuentra en “a veces” ya que 11 encuestados indican que realizan evaluaciones no rutinariamente, pero si cada año, pero no obstante, con un 0% de 0 personas consideran que “nunca”, “casi siempre” y “siempre” realizan labores de evaluar a la entidad de Patrimonio Cultural, ya que, no consideran que se haga un registro donde se justifique el estado actual que se encuentra la Iglesia.

Tabla 3

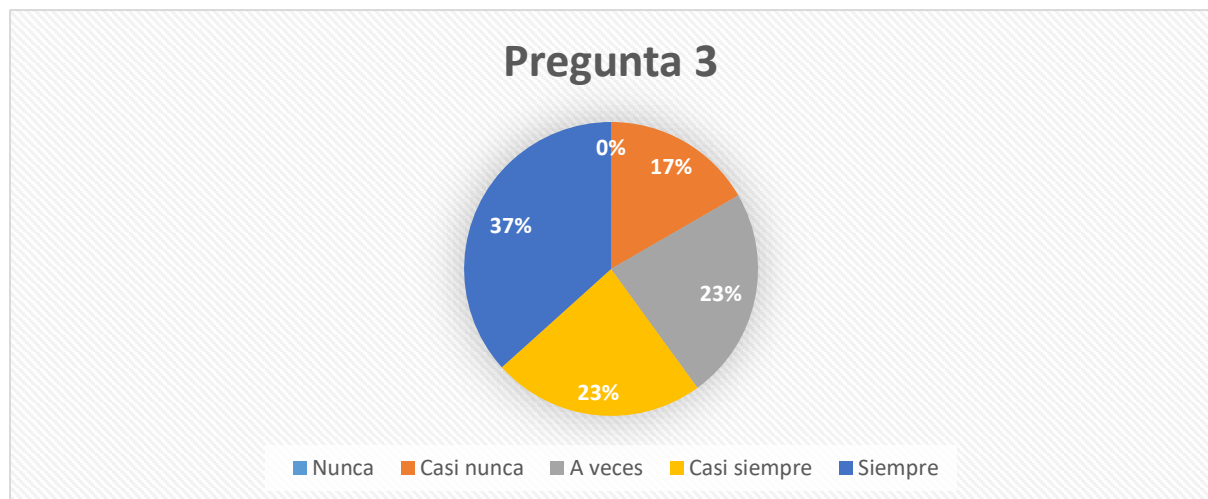
¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	0	0%
Casi nunca	5	17%
A veces	7	23%
Casi siempre	7	23%
Siempre	11	37%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 19

¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Para el ítem 3 tiene como pregunta ¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural? Influyendo el valor de “siempre” se realizan métodos de evaluación, comentan que se da una ayuda comunitaria que aporta con arreglos de fachada pero que sus daños se vuelven constantes con un 37% que pertenece a 11 personas, mientras que los valores de “a veces” y “casi siempre” indican que en ocasiones han observado a cuadrillas realizando arreglos con un 23% que son 7 personas para cada respuesta, de igual manera, con un 17% y 5 personas responden que “casi nunca” ven a personal capacitado para realizar evaluaciones, aunque con un 0% de 0 personas no respondieron que “nunca” se elaboran métodos de evaluación a la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil.

Tabla 4

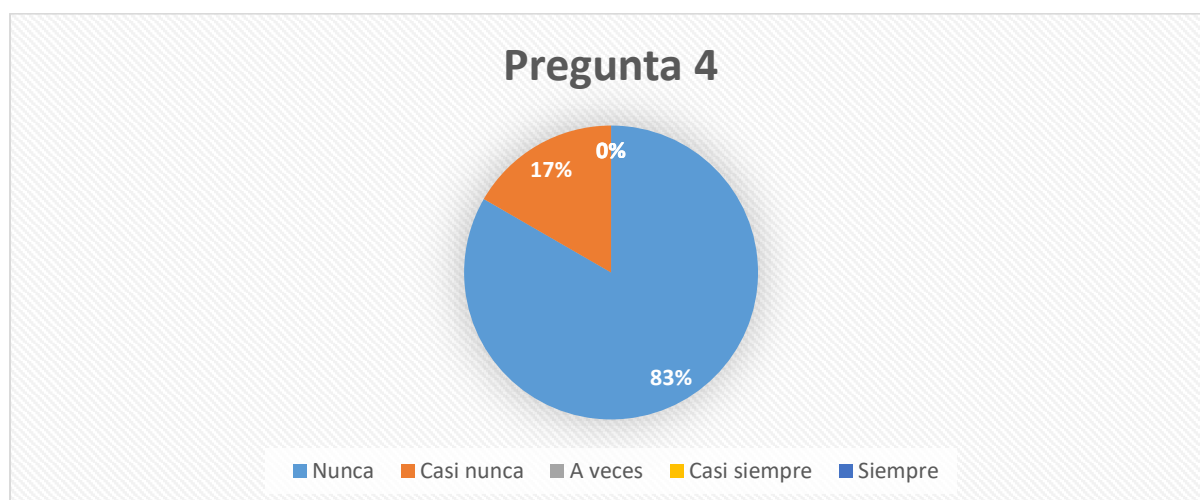
¿Se ha realizado mantenimientos de la edificación para mejorar la estabilidad estructural?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	25	83%
Casi nunca	5	17%
A veces	0	0%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 20

¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Ítem 4 se encuentra la siguiente pregunta *¿Se ha realizado mantenimientos de la edificación para mejorar la estabilidad estructural?* Con un 83% que se involucran 25 personas indican que “nunca” realizan mantenimientos al Patrimonio Cultural para mejorar la estabilidad estructural, aunque con un 17% que son 5 encuestados indican que “casi nunca” ejecutan mantenimientos anuales que beneficie a la edificación, por otro lado, con un 0% es decir 0 personas, no contestaron a favor de los valores “a veces”, “casi siempre” y “siempre”.

Tabla 5

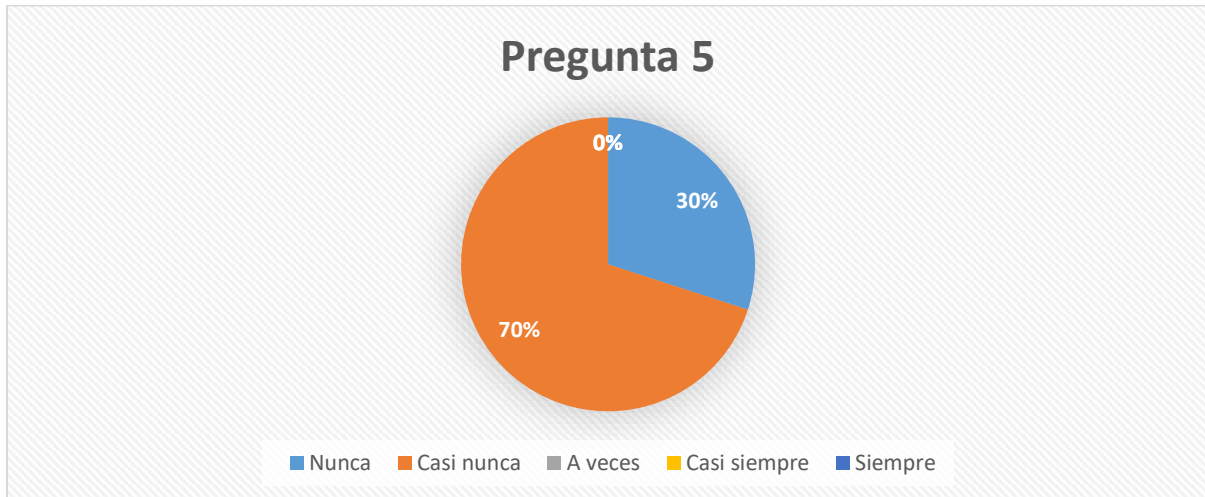
¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	9	30%
Casi nunca	21	70%
A veces	0	0%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 21

¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Dentro del ítem 5, la siguiente pregunta expuesta es ¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil? Prevale el “casi nunca” indicando con un 70% que se involucran 21 personas observan que no realizan un análisis a profundidad sobre posibles daños en las columnas o paredes que se encuentren con fisuras. Mientras que con un 30% que pertenece a un total de 9 personas indican que “nunca” encuentran a un personal especializado para verificar los daños de la edificación, aunque con un 0% es decir 0 personas no contestaron a favor de los valores “a veces”, “casi siempre” y “siempre” observaban que no realizaban un análisis adecuado de daños estructurales una vez ocurrido un sismo.

Tabla 6

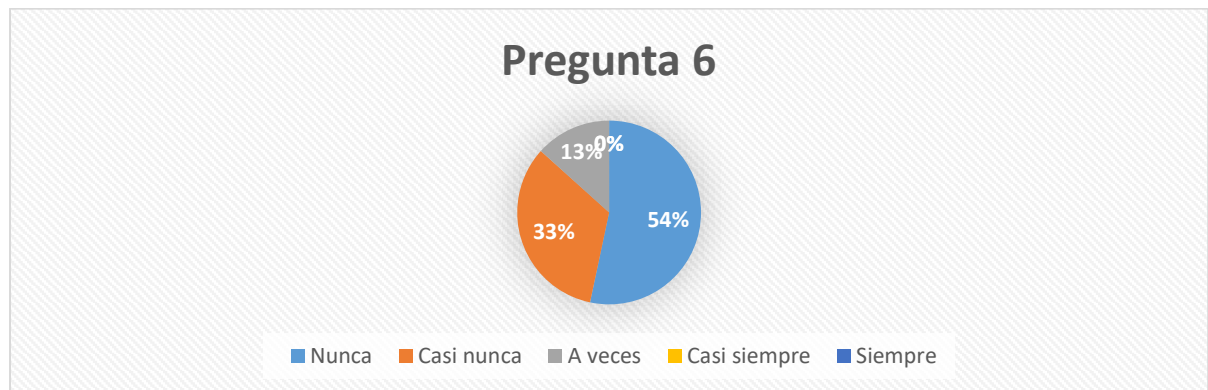
¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar el Patrimonio Cultural?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	16	54%
Casi nunca	10	33%
A veces	4	13%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 22

¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar el Patrimonio Cultural?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se identifica el valor “nunca” sobresale en la pregunta 6 sobre ¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar al Patrimonio Cultural? Con un 53% que se involucran 16 individuos consideran que no se toman medidas de reforzamiento a la edificación, además con un 33% y un total de 10 personas indican que “casi nunca” emplean los reforzamientos, cabe recalcar que con un 13% de 4 encuestados siendo el valor mínimo de todos los ciudadanos que respondieron la sexta pregunta.

Tabla 7

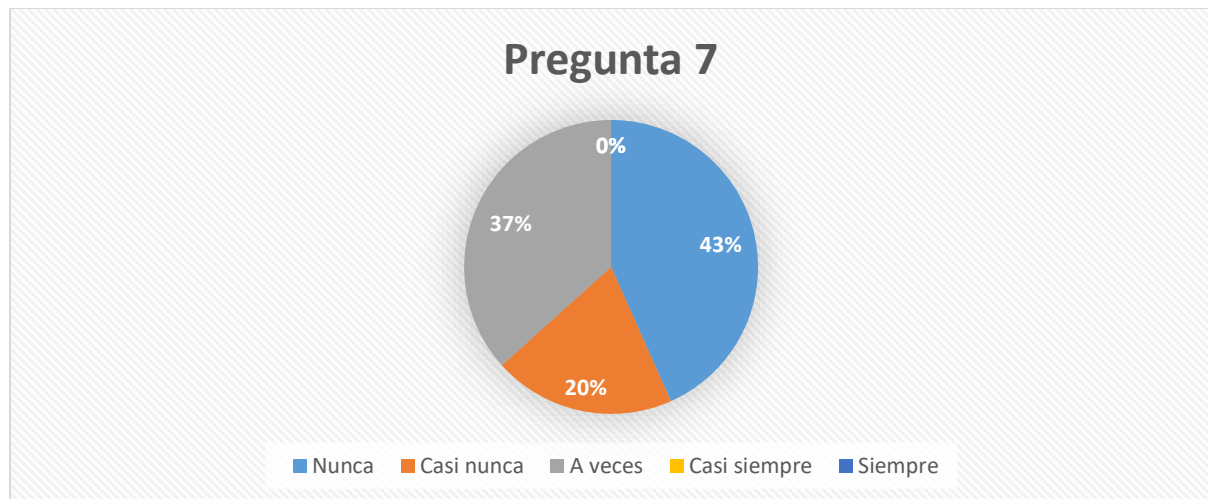
¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	13	43%
Casi nunca	6	20%
A veces	11	37%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 23

¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Dentro de la pregunta 7 menciona que ¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años? se encuentra un aumento en el valor “nunca” con un 43% que son 13 encuestados, mientras que con 37% y total de 11 individuos responden que “a veces” conocen si se ha reforzado la edificación, por otro lado con el valor de “casi nunca” dan reforzamiento en todo este tiempo, con un 20% de 6 personas, aunque ninguna persona respondió con los valor “casi siempre” y “siempre”.

Tabla 8

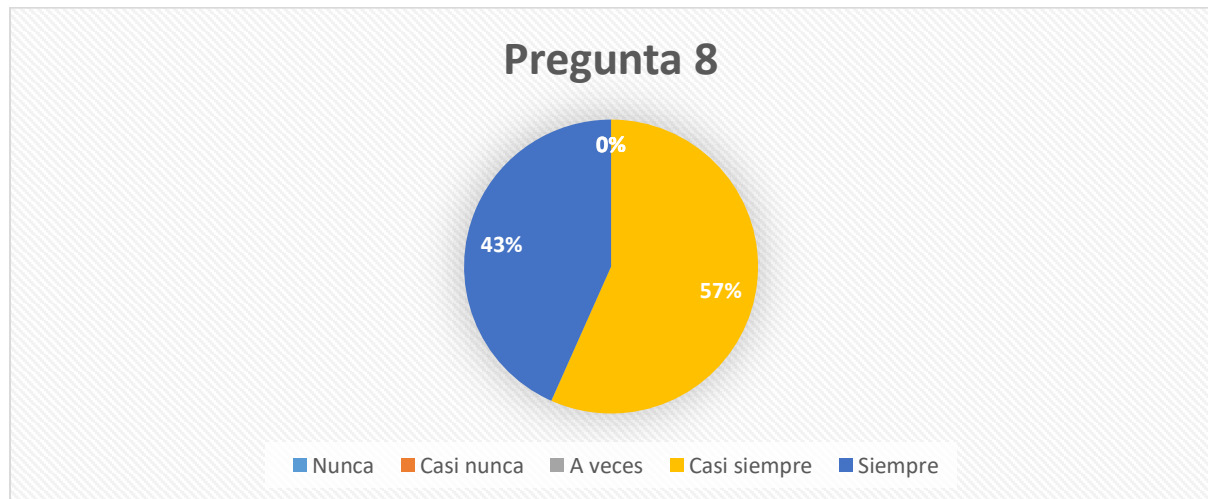
¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	0	0%
Casi nunca	0	0%
A veces	0	0%
Casi siempre	17	57%
Siempre	13	43%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 24

¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Ítem 8, se identifica la siguiente pregunta *¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?* Se considera un valor de 57% de 17 personas que su mayoría indican que “casi siempre” es indispensable reforzar la edificación, ya que acuden diariamente, por otro lado con un 43% de 13 encuestados indican que “siempre”, es decir, constantemente se realice refuerzos para mejorar la fachada del Patrimonio Cultural, pero, no obstante con los valores de

“nunca”, “casi nunca” y “a veces” no respondieron a que no era necesario reforzar la edificación.

Tabla 9

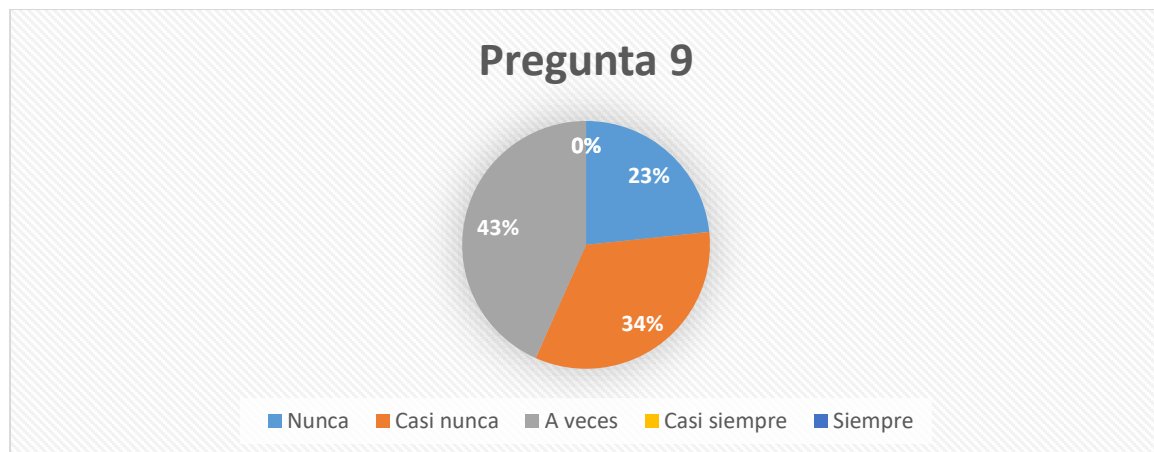
¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	7	23%
Casi nunca	10	34%
A veces	13	43%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 25

¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Ítem 9, se muestra la siguiente pregunta ¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen? Con un 43% que involucran 13 encuestados se da el valor de “a veces” se da inspecciones anuales y que lo han visto, mientras que con un 33% y un total de 10 personas indican que “casi nunca realizando inspecciones anuales dentro del Patrimonio Cultural, y por

último con un 23% que son 7 individuos mencionan que “nunca” han realizado inspecciones anuales.

Tabla 10

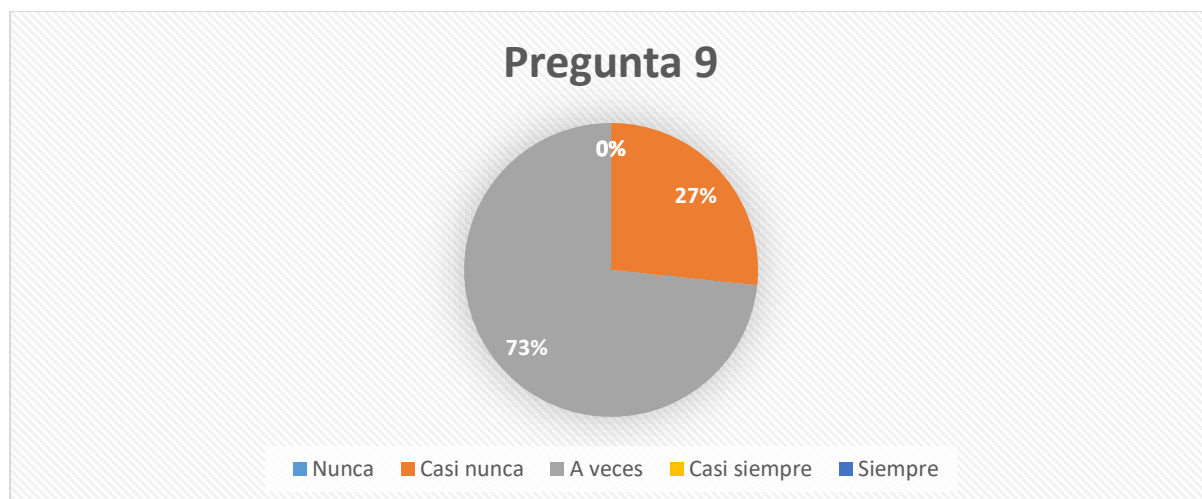
¿Los colaboradores de la Iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar?

Opciones de respuesta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Porcentual
Nunca	0	0%
Casi nunca	8	27%
A veces	22	73%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	30	100%

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Figura 26

¿Los colaboradores de la Iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar?



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Ítem 10, se establece la siguiente pregunta ¿Los colaboradores de la iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar? Con un 73% y un total de 22 trabajadores comentan que “a veces” o en ocasiones se dieron cuenta de cuáles son las secciones que están más vulnerables, asimismo, con un 27% que es 8

encuestados indican que “casi nunca” han identificado de cuál es el área que tiene que reforzarse.

3.4 Población y muestra

En lo que respecta la población y la muestra del presente trabajo investigativo, se considera en la población se da por la capacidad máxima permitida de 1500 personas que pueden acudir a la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil ubicada en la Avenida Quito y la calle 10 de agosto, mientras que la muestra que se describe mediante un cálculo numérico que son los visitantes, los devotos y los colaboradores del Patrimonio Cultural que acuden diariamente.

A continuación, se fundamenta realizando un cálculo para determinar el número de personas de la siguiente manera.

Cálculo de la muestra:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

En donde:

N = Tamaño de la población: 1500 personas

Z = Nivel de confianza: 95%=1,96

e = Margen de error: 10%=0,10

o = Desviación estándar de la población

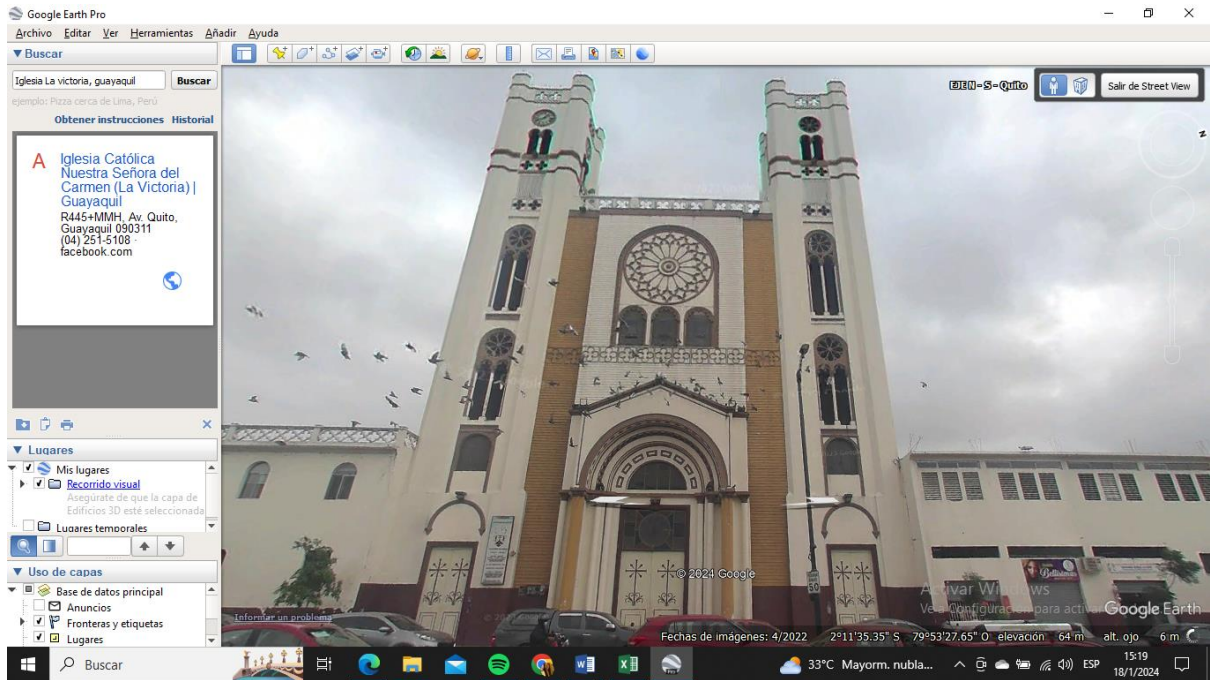
n = Tamaño de la muestra

$$n = \frac{1500 \times 0,5^2 \times 1,96^2}{(1500 - 1)0,10^2 + 0,5^2 1,96^2}$$

$$n = 91 \text{ personas}$$

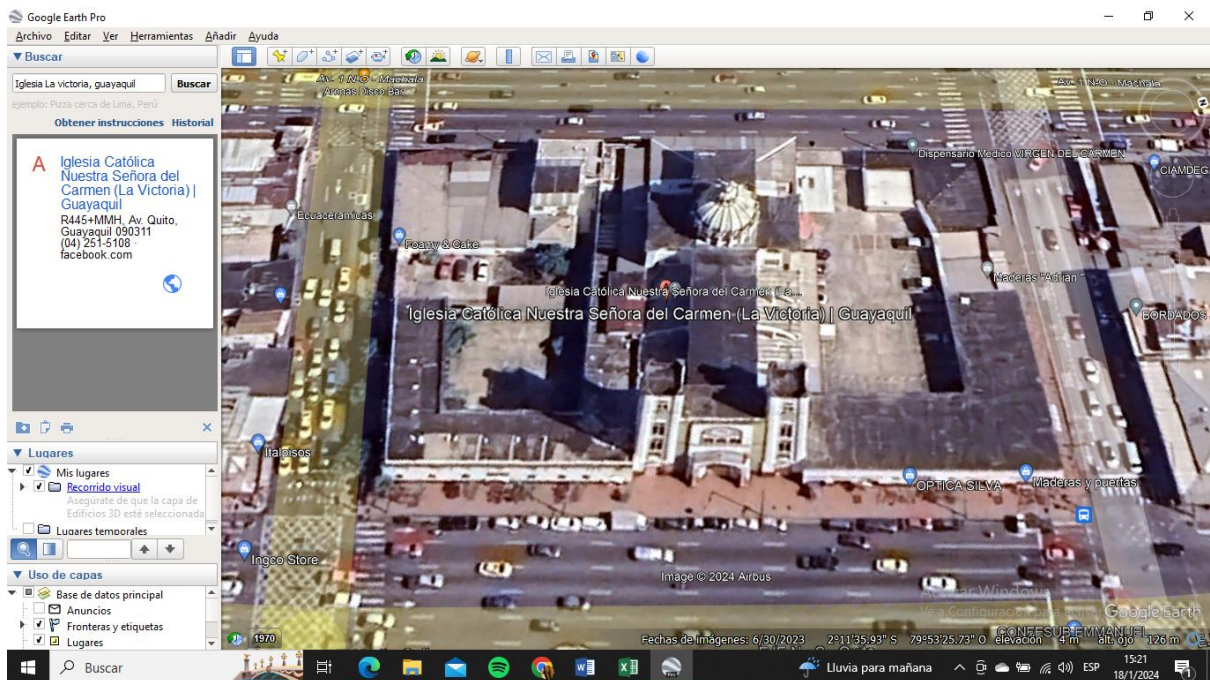
EL resultado del cálculo de la muestra del trabajo de titulación es de 91 individuos que acuden a la Iglesia Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil.

Figura 27
Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil



Fuente: (Google Earth, 2023)

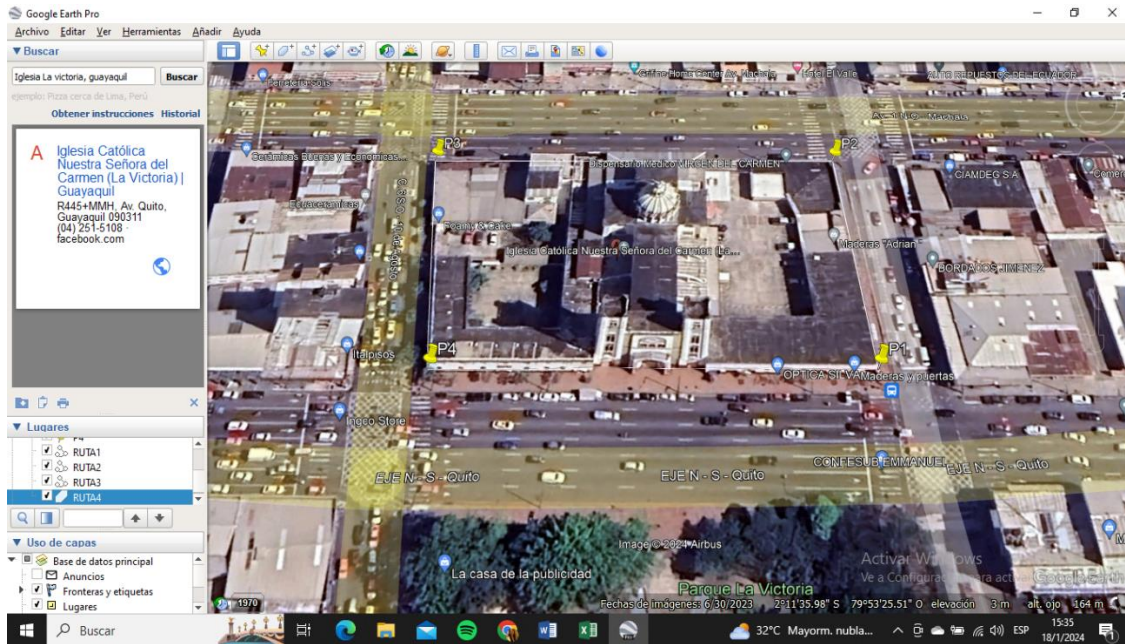
Figura 28
Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil desde arriba



Fuente: (Google Earth, 2023)

Figura 29

Delimitación de la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil



Fuente: (Google Earth, 2023)

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1 Título de la propuesta

Reforzamiento estructural con forjados de madera de eucalipto en el campanario y cubierta de campanario en la Iglesia Nuestra Señora del Carmen – Guayaquil

4.2 Presentación de la propuesta

El presente trabajo de investigación se refiere al examen del estado actual de una estructura y al refuerzo estructural basado en los resultados obtenidos de la caracterización y clasificación de las propiedades inherentes a la estructura. La propuesta de refuerzo y el diseño de los elementos que requieren intervención por falta de resistencia o deterioro se basan en un estudio estructural que determina la geometría y los niveles definitivos del proyecto. Se consideran las cargas en función del uso de la estructura y se tienen en cuenta las recomendaciones mínimas indicadas en el código local y las normativas reconocidas internacionalmente.

En el caso específico de la iglesia Nuestra Señora del Carmen, ubicada en la Avenida Quito, entre las calles Clemente Ballén y Diez de Agosto, en la parroquia urbana 9 de octubre en la ciudad de Guayaquil, se realizó un estudio técnico-visual debido a su condición de edificio con el más alto grado de protección y clasificado como bien patrimonial. Dado que se encuentra en una zona altamente sísmica, es necesario aplicar un refuerzo que cumpla con los criterios sismo técnicos y la normativa vigente para garantizar la seguridad estructural y la preservación de su valor patrimonial. La importancia de esta edificación en la arquitectura guayaquileña determina que la rehabilitación se realice con un estricto respeto a los materiales, formas y elementos constructivos originales. Se emplean nuevas técnicas y sistemas constructivos fruto del avance de la tecnología para beneficiar el bien patrimonial. El uso de nuevos materiales de construcción se sustenta en la protección y recuperación de los materiales y sistemas constructivos originales, así como en garantizar la permanencia de la edificación.

Para llevar a cabo el refuerzo estructural, se utilizaron los siguientes parámetros:

- ✚ Inspección visual para detectar daños en elementos arquitectónicos.

La importancia de esta edificación en la arquitectura guayaquileña determina que la rehabilitación se realice con un estricto respeto a los materiales, formas y elementos constructivos originales. Se emplean nuevas técnicas y sistemas constructivos fruto del avance de la tecnología para beneficiar el bien patrimonial. El uso de nuevos materiales de construcción se sustenta en la protección y recuperación de los materiales y sistemas constructivos originales, así como en garantizar la permanencia de la edificación.

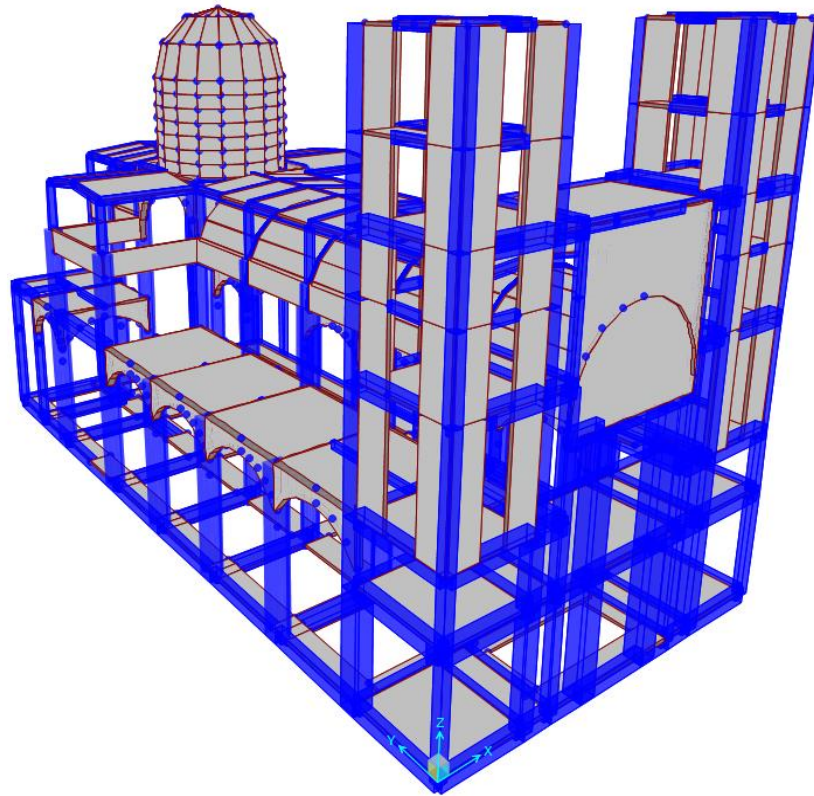
Figura 30

Vista plano general de la Iglesia Nuestra Señora del Carmen



Fuente: (El Universo, 2019).

Figura 31
Modelado 3D del diseño estructural



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

La modelación de las columnas y vigas se determinó por la longitud que es mayor que sus dimensiones, es importante resaltar que las losas de hormigón son elementos de la iglesia es tipo "Shell". Todas las columnas de hormigón se encuentran empotradas en la base, en la misma se detectó que, la carga por el peso propio de los elementos que componen la estructura está determinada internamente por el programa de análisis; las cargas muertas adicionales y las cargas vivas se han asignado a las diferentes losas como carga distribuida por metro cuadrado. La estructura consta de tres pisos, se lo valoró de abajo hacia arriba para el reforzamiento.

Tabla 11
Coordenadas UTM

ID	COORDENADAS UTM			NIVEL	PROFUNDIDAD
	Z	ESTE	NORTE		
SONDEO SPT					
S1	1	0623356	9757538	0.70	15.0
SONDEO CPT					
CPT	1	0623357	9757528	1.80	18.0
CALICATAS					
C1	1	0623356	9757536	0.70	1.80
C2	1	0623361	9757546	0.70	1.75

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

Mediante una exploración que se desarrolla por parte de Google Earth, se identifica 4 puntos donde geoméricamente considera un cuadrangular, el primer punto S1 de 17 metros con coordenadas UTM 0623356 E Y 9757538 S considerando un nivel freático de 0,70 metros y una profundidad de 15 metros, como segundo punto CPT1 de 17 metros con coordenadas UTM 0623357 E y 9757528 S tomando encuentra un nivel freático de 1,80 metros y una profundidad de 18,0 metros, en el caso de un tercer punto C1 de 17 metros con coordenadas UTM 0623356 E y 9757536 S que se considera un nivel freático de 0,70 metros y una profundidad de 1,80 metros y como último punto C2 de 17 metros con coordenadas UTM 0623361 E y 9757546 S considerando un nivel freático de 0,70 metros y 1,75 metros.

Figura 32

Ubicación de la iglesia según la exploración en Google Earth



Fuente: (Google Earth, 2023).

4.2.1 Resultado del análisis visual de la estructura del primer, segundo y tercer nivel de las torres

Figura 33

Torre Norte y Torre Sur de la Iglesia Nuestra Señora del Carmen



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

Para el proyecto se consideró el primer, segundo y tercer Nivel piso que dividen a la torre, donde los dos primeros niveles son de ingreso a la torre y el último nivel está ubicada el campanario que consta de dos campanas, la misma que se convirtió en el objetivo del diseño para reestructurar.

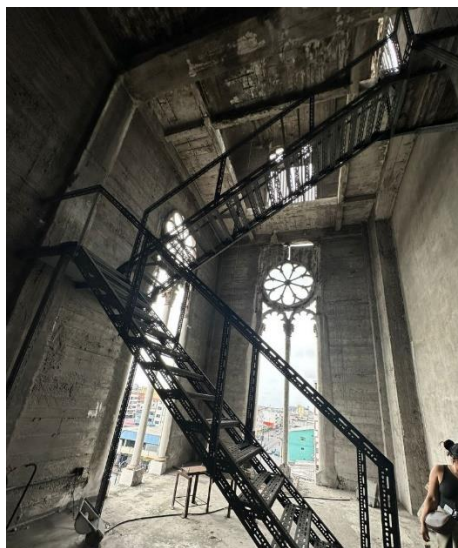
Figura 34
Torre Sur nivel 1



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

En el análisis corresponde describir la Torre Sur donde se determina el nivel 1 que está compuesta por material de madera y de hormigón, recubierta por mallas de acero que soportan las cargas vivas, muertas y sísmicas, está ubicada la primera escalera metálica a transitar, en este caso se observa el acero que está desgastándose mientras que la viga está deteriorada porqué la antigüedad, por efecto del agua y por los sismos.

Figura 35
Torre Sur Nivel 2

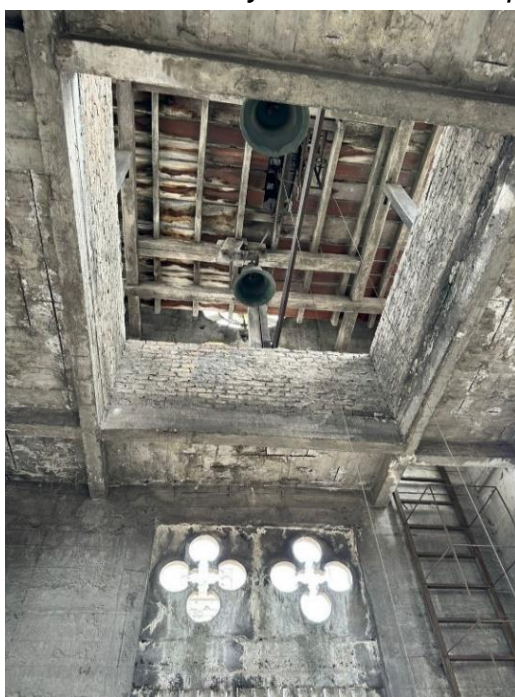


Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

En el estudio corresponde describir la Torre Sur donde nivel 2 de entrepiso se visualiza una losa con vigas secundarias y una abertura cuadrangular en medio de la losa, compuesta por material de hormigón armado. Se ubica la segunda escalera metálica, de igual forma muestra deficiencia en su losa y sus vigas expuestas por corrosión. Estas dos secciones de entrepiso son el acceso a los campanarios.

Figura 36

Torre Sur nivel 3 y Cubierta de campanario



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

De acuerdo a la siguiente figura, se visualiza el entrepiso tercero con acceso al campanario de la Torre Sur, donde se asienta las dos campanas que están inhabilitadas hace más de 6 meses. De igual manera, está compuesta por material de hormigón, recubierta por mallas de acero que soportan cargas vivas, muertas y sísmicas, donde en la inspección visual se observa el acero que se desgasta y en la madera deteriorada. En la cubierta improvisada se observa un forjado de madera, antes solo sostenía una viga la campana, pero por fallo de esta se reemplazó por un forjado de madera para sostener el campanario. Según el análisis de cada entrepiso, se implementará forjados de madera en cada Nivel, con el fin de construir una

plataforma de madera sobre la losa para mantener el estilo arquitectónico y valor cultural de la iglesia.

A continuación, se describirá la torre norte de la iglesia, acotando que esta torre si tiene los 3 niveles de entrepiso, pero solamente se puede acceder por la torre sur a su campanario. Por esa razón en esta torre solo se detallará el nivel 3 y la cubierta.

Figura 37
Torre Norte



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se receipto información por el encargado de la iglesia, que la torre norte es la más afectada estructuralmente, previamente en esta figura se observa el daño en sus acabados.

Figura 38
Torre Norte Nivel 3 y Cubierta



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

Según la figura adjunta, se puede observar el tercer nivel del campanario de la Torre Norte, donde se encuentran ubicadas las dos campanas que son las que se encuentran suspendidas, debido a su inestabilidad de las vigas de madera. No hay accesibilidad a la cubierta, se evidencia la cubierta del campanario antigua donde se observan los mismos daños estructurales de la torre sur.

Figura 39
Elementos no estructurales



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

La figura muestra un elemento arquitectónico que está unido al armazón estructural con mortero. Estos elementos presentan un deterioro grave que no puede repararse y deben examinarse a fondo y sustituirse por completo si es necesario. Alternativamente, si la parte arquitectónica lo considera necesario, pueden sustituirse por otro elemento.

4.3 Estados de carga

4.3.1 Cargas muertas (DL)

Para determinar las cargas muertas (DL), se tomó de la información proporcionada por la Fundación Siglo XXI, quienes utilizaron el software SAP2000, que calcula automáticamente el peso propio basándose en la geometría de los elementos de la estructura y los materiales, apoyándose en los resultados de las coordenadas. Las ubicaciones tomadas en consideración para este cálculo fueron:

✚ Mezanine	200 kg/m ²
✚ Planta baja	150 kg/m ²
✚ Losas en campanario	100 kg/ m²
✚ Cubiertas accesibles	200 kg/m ²
✚ Cubiertas inaccesibles	100 kg/m ²

Es importante indicar que las cargas se aplicaron como cargas distribuidas uniformemente por metro cuadrado en losas.

4.3.2 Cargas vivas (LL)

Para determinar las cargas vivas (LL), se consultó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015) para establecer la carga viva, que depende del uso previsto del edificio. Se determinaron valores de carga determinantes para cada tipo de uso.

✚ Mezanine	200 kg/m ²
✚ Planta baja	480 kg/m ²
✚ Losas en campanario	200 kg/ m²
✚ Cubiertas accesibles	200 kg/m ²
✚ Cubiertas inaccesibles	70 kg/m ²

Las cargas se aplicaron como cargas distribuidas uniformemente por metro cuadrado en losas y distribuidas longitudinalmente en los elementos de cubierta.

4.3.3 Cargas sísmicas (Ex - Ey)

Para analizar el comportamiento de la estructura sometida a cargas sísmicas, se realizó un análisis modal aplicando un espectro de diseño de aceleraciones. Se utilizó el espectro inelástico recomendado por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15), basado en los siguientes parámetros:

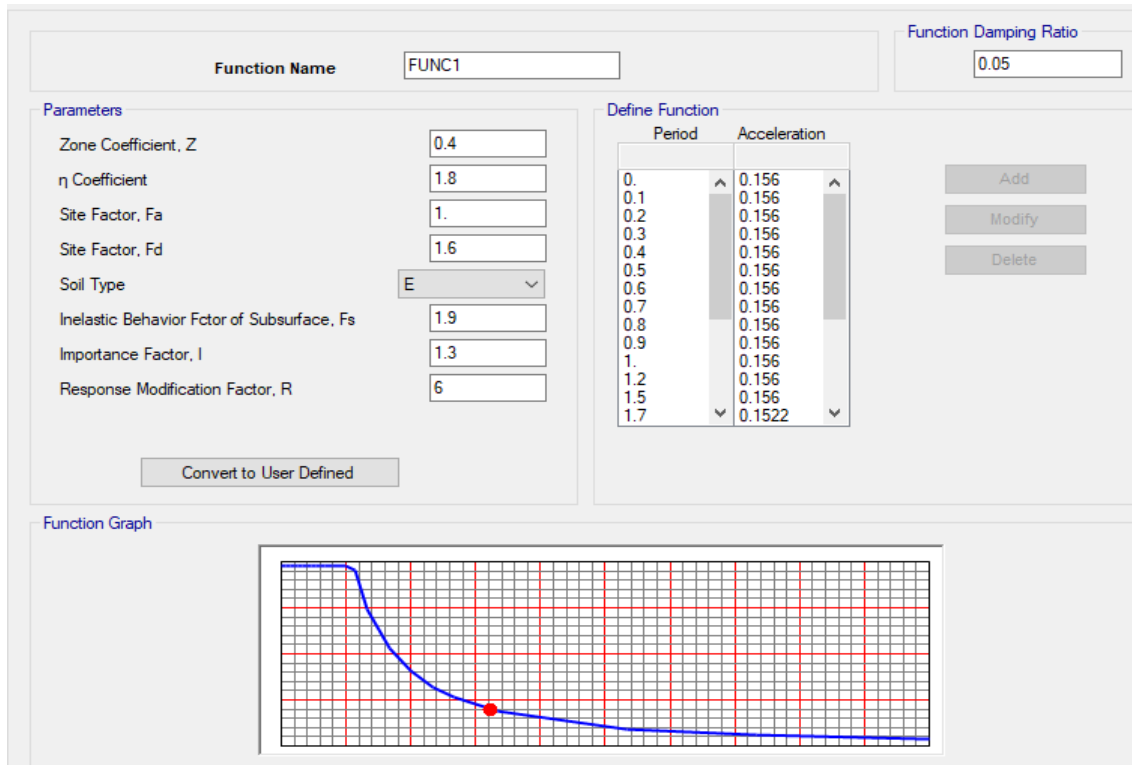
- ✚ Z = 0.4 Zona sísmica
- ✚ E Tipo de suelo
- ✚ Fa = 1.00
- ✚ Fd = 1.60
- ✚ Fs = 1.90
- ✚ $\eta = 1.80$
- ✚ I = 1.30 Factor de importancia
- ✚ R = 6.00 Coeficiente de reducción inelástica.

En la distribución adecuada que favorece al espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño, se da por: Z es la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, E es el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura.

Mientras que son los valores de los coeficientes de amplificación del suelo que se desglosan de la siguiente manera: Fa es el coeficiente de amplificación de suelo donde amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, Fd es el coeficiente de amplificación del suelo en el que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, Fs es el coeficiente de amplificación de suelo donde considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamiento relativos del suelo.

De igual manera, Sa es el espectro de respuesta elástico de aceleraciones expresado como fracción de la aceleración de la gravedad donde depende del período o modo de vibración de la estructura, T es el período fundamental de vibración de la estructura, n es la razón entre la aceleración espectral Sa (T=0,1 s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado y por último I que es el factor de importancia para el sismo de diseño. Sismo NEC, z=0.4, Suelo E, I=1.30, R=6.00

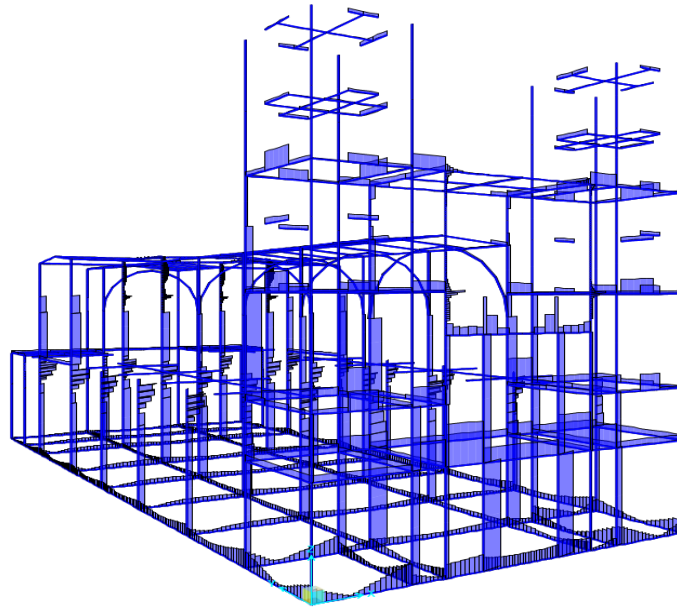
Figura 40
Espectro de diseño de aceleraciones



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024) elaborado en el software SAP2000

Para cada dirección de análisis (X e Y), se aplicó el 100% de la carga sísmica en la dirección de análisis y adicionalmente el 30% en la dirección perpendicular. Mediante el software SAP2000 se identifica la gráfica de función sísmica que es determinada por zona de coeficientes, coeficiente, factores de coeficientes de amplificación, factor de importancia y factor modificante responsable, en el cual se realizaron intervalos de tiempo que determinan el periodo y la aceleración para cada valor designado.

Figura 41
Diagrama cortante de carga sísmica

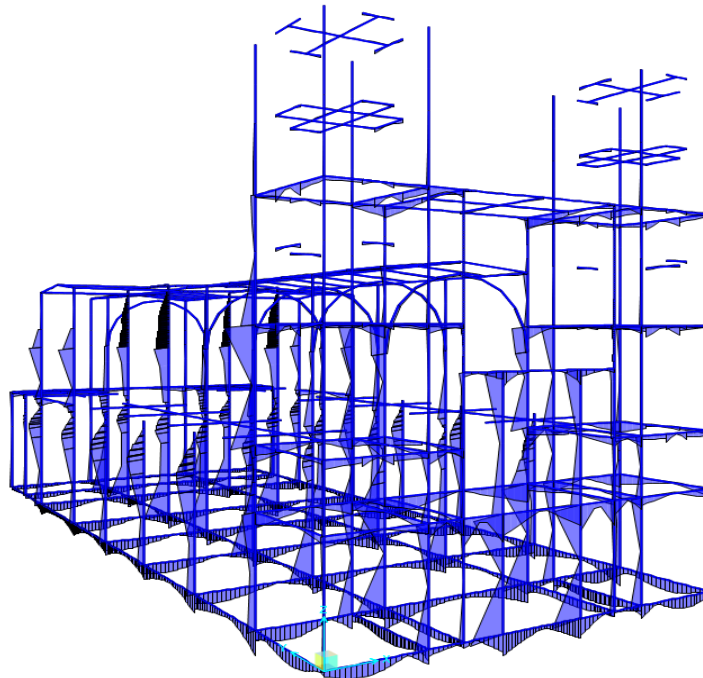


Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se muestra la siguiente gráfica donde el diagrama cortante de carga sísmica se determina en función de la ubicación geográfica de la estructura y la categoría de diseño sísmico correspondiente. La geometría de la estructura incluye la forma, tamaño y disposición de los elementos estructurales, en este caso se identifica la muestra de magnitud de las fuerzas cortantes en diferentes secciones de la planta baja, cúpula, campanario y torres de la estructura. Estas fuerzas cortantes representan la cantidad de carga transmitida a través de las secciones que identifican los puntos críticos donde pueden ocurrir fallas o deformaciones. Además, la pendiente del diagrama cortante representa la magnitud de la carga aplicada en cada punto de la estructura.

Figura 42

Diagrama de momentos de carga sísmica

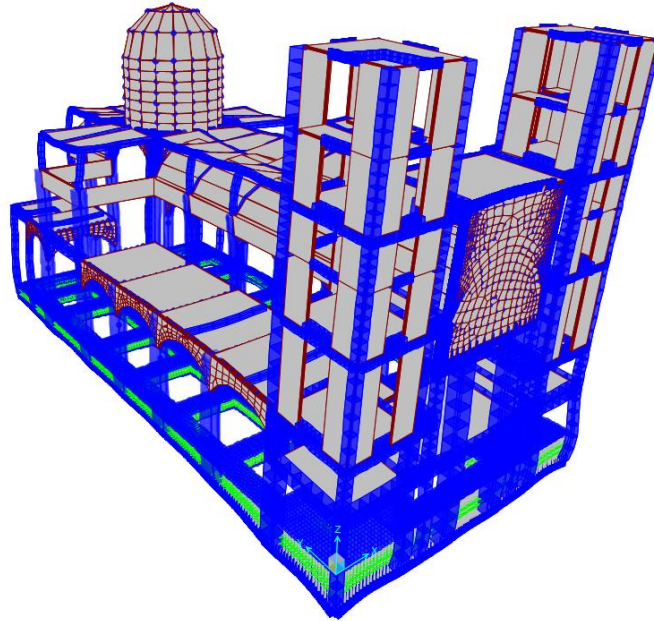


Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024).

El diagrama de momentos de carga sísmica es una representación gráfica como se muestra el momento flector a lo largo de un elemento estructural, como una viga, debido a las fuerzas sísmicas. De igual manera, ayuda a comprender la distribución de los momentos y diseñar estructuras que sean capaces de resistir las cargas sísmicas, es decir diseños de estructuras sismorresistentes. Existen diferentes métodos para construir el diagrama de momentos de carga sísmica. Uno de los métodos más comunes es el método de las secciones que realizan cortes imaginarios a lo largo del elemento estructural y aplicar las ecuaciones del equilibrio, la parte cortada está empotrada a la otra parte de la viga, lo que genera reacciones que impiden el desplazamiento.

Otro método utilizado es por tramos, para elementos lineales perpendiculares tipo barra, donde el momento flector se define como una función a lo largo del eje neutro del elemento. Para construir el diagrama de momento flector utilizando este método, se deben realizar cortes en puntos específicos del elemento y calcular el momento en cada tramo.

Figura 43
Diagrama de deformaciones de carga sísmica



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

De acuerdo al diagrama de deformaciones de carga sísmica que se observa en la figura donde experimenta una estructura y la carga sísmica a la que está sometida. Por tanto, se comporta una estructura ante un evento sísmico y diseñarla de manera adecuada que favorece a la determinación de deformación en el eje vertical y la carga sísmica en el eje horizontal. Este diagrama muestra cómo la estructura se deforma a medida que aumenta la carga sísmica.

En la etapa elástica, la deformación es proporcional a la carga aplicada y la estructura puede recuperar su forma original una vez que se retira la carga. Sin embargo, a medida que la carga sísmica aumenta, la estructura puede entrar en la etapa plástica, donde la deformación es permanente y la estructura no puede recuperar completamente su forma original.

4.4 Resultados del análisis estructural

4.4.1 Análisis modal

Para el análisis modal se definió la masa participativa igual al 100% de la carga muerta y 25% de la carga viva. Se consideró además una torsión accidental del 5%.

Se calcularon los primeros modos de vibración de la estructura y sus correspondientes periodos de vibración en el software ETABS realizando un análisis modal. Se utilizó el número de modos suficiente de tal manera la masa modal acumulada sea por lo menos el 90% de la masa participativa total en las direcciones X e Y, según la recomendación del NEC-15.

4.4.2 Deformaciones

La deformación del patrimonio cultural se define a la obtención de deformaciones verticales en la estructura de la planta, que se refiere a la producción debido a fuerzas externas, variaciones de temperatura o sedimentos de apoyos. Este modelado interpreta las variaciones que requieren inspecciones para detectar daños estructurales. Dentro de los materiales de alternativa se limita a materiales elásticos, como la goma, pueden experimentar grandes elongaciones bajo carga, pero recuperan su forma original al retirar la fuerza aplicada. En la mecánica de sólidos deformables, las deformaciones pueden ocurrir en diversas direcciones, provocando distorsiones en la forma del objeto. Las estructuras deben soportar diferentes tipos de esfuerzos, como compresión, tracción, flexión, torsión y cortante.

4.4.3 Revisión de deformaciones verticales

Se debe revisar que las deformaciones verticales sean menores que las admisibles para evitar problemas debido a deflexiones excesivas. Se considera que la deformación admisible máxima es igual a $L/200$ debido al uso que tiene la estructura.

4.4.4 Revisión de deriva inelásticas

Se procedió a revisar las derivas inelásticas en ambas direcciones (θ), las cuales deben ser menores al 2 % (según NEC-15), y se deben calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{0.75\delta C_d}{h}$$

δ : Desplazamiento relativo en el entrepiso considerado obtenido por medio de un análisis elástico de la estructura (centímetros)

C_d : Factor de amplificación de deformaciones igual a R.

h : Altura del entrepiso considerado (centímetros)

Con las combinaciones de servicio COMB6 Y COMB 7 se revisó las derivas entre piso dando como resultado una deriva máxima de entre piso igual a 1.89%, esta deriva es menor al 2% estipulado en las normas, por tal motivo la edificación cumple su funcionalidad sin tener muchas deformaciones horizontales.

4.4.5 Fuerzas internas

Mediante el análisis estructural, hemos obtenido las fuerzas internas críticas necesarias para revisar a fondo todos los elementos que componen la estructura. Hemos tomado los valores máximos de momentos flectores, esfuerzos cortantes y momentos de torsión para el diseño de las vigas y el forjado. Hemos considerado las combinaciones críticas de flexión-compresión biaxial en los pilares y las fuerzas cortantes máximas en ambas direcciones.

4.5 Revisión Estructural

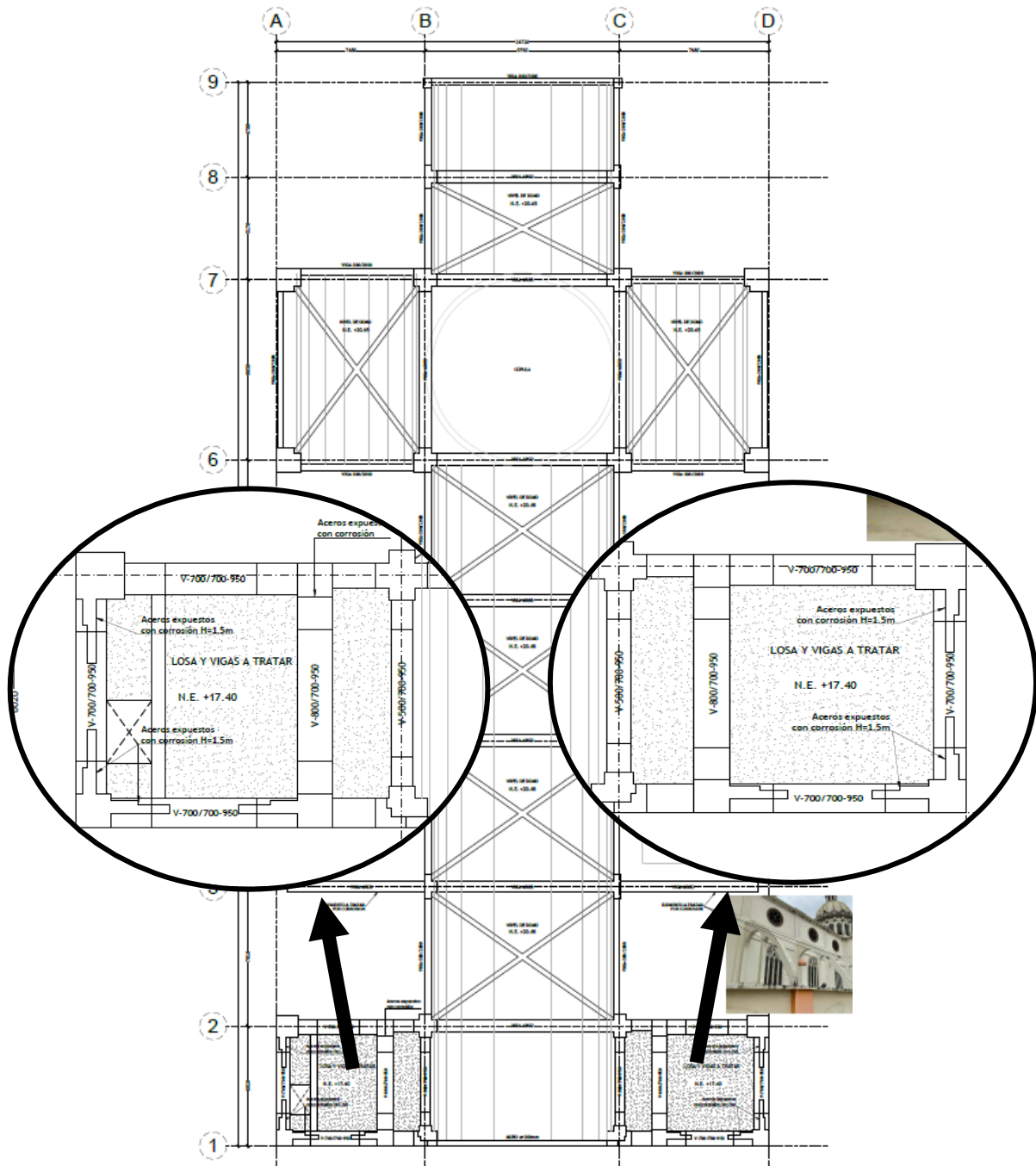
4.5.1 Revisión de estructura con elementos pretensados.

Se completaron los diseños de los pilares, las vigas y la losa de la planta baja, y se revisaron minuciosamente las cargas críticas en el modelo global de la estructura. Basándose en el análisis resultante, se hicieron las correcciones necesarias para garantizar que la resistencia de cada elemento superara sus tensiones internas para cada escenario de carga crítica. No hubo lugar para el error o la incertidumbre en el proceso, y se garantiza que los diseños finales cumplen las normas más estrictas de seguridad y durabilidad.

4.6 Plano Estructurales de las Torres

Plano 1

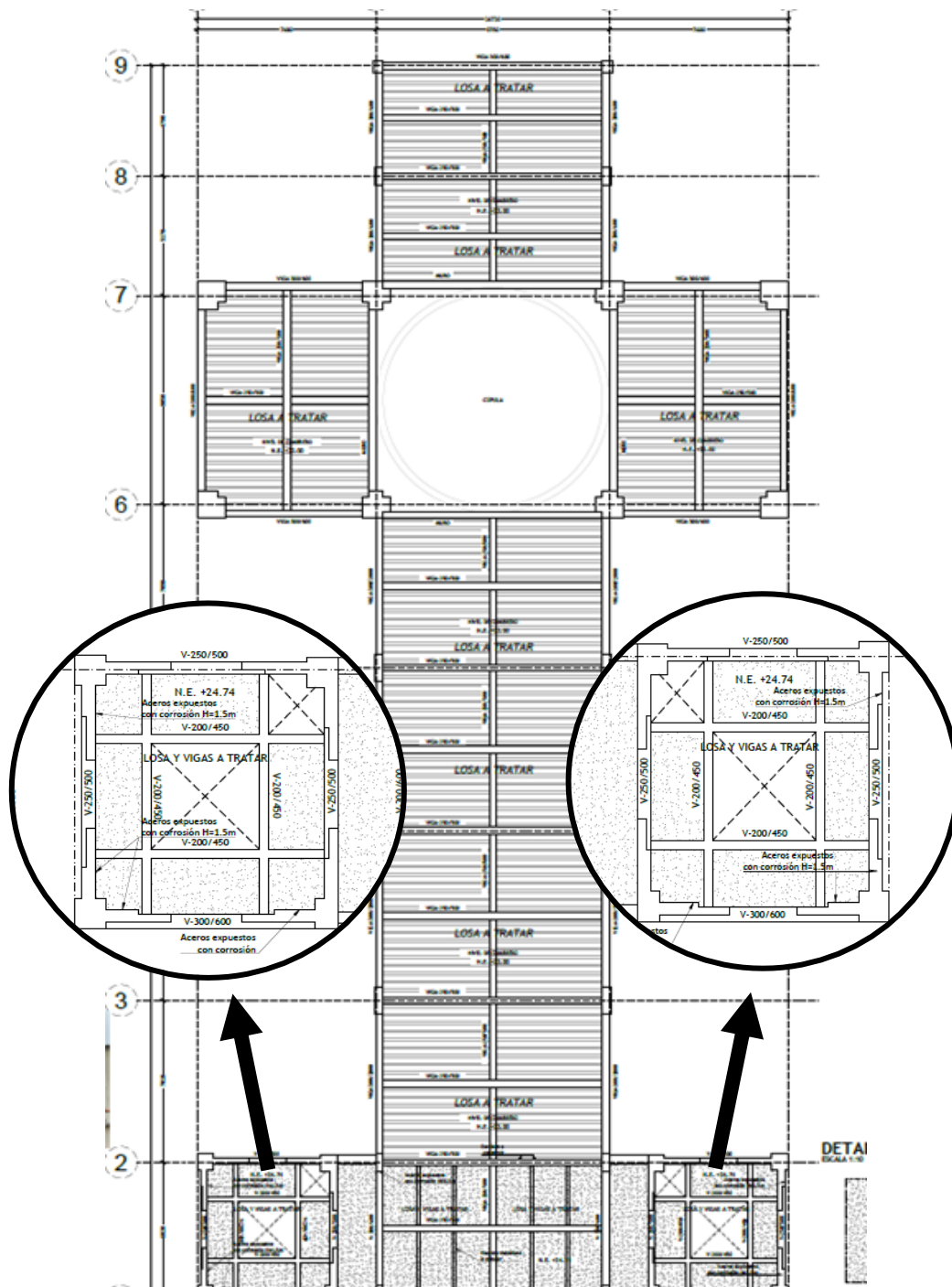
Entrepiso Nivel 1 destinado a acceso a Torres



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se presenta el plano de entrepiso del primer nivel destinado a tener acceso a las torres, según se representa esta losa tiene un N.E +17.40. Se resaltan los daños estructurales y las dimensiones de los elementos.

Plano 2
Entrepiso Nivel 2 destinado a acceso a Torres



Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se muestra el plano de entrepiso del segundo nivel destinado a tener acceso a las torres, además la losa tiene un N.E +24.74. De igual manera, se distingue las distribuciones de los elementos y sus dimensiones

Plano 3

Entrepiso Nivel 3 acceso al campanario

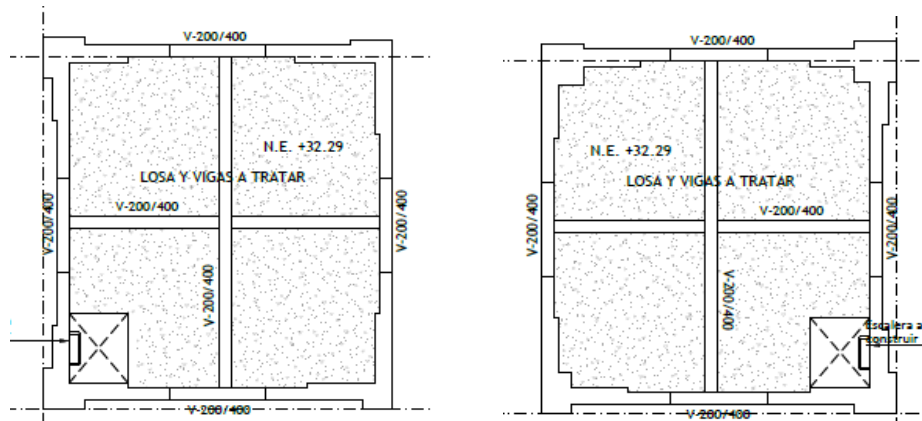


Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

Se detalla la losa numero 3 tiene un N.E de +28,79; con acceso al campanario de la torre, con cada uno de sus elementos y sus extensiones

Plano 4

Cubierta de campanario



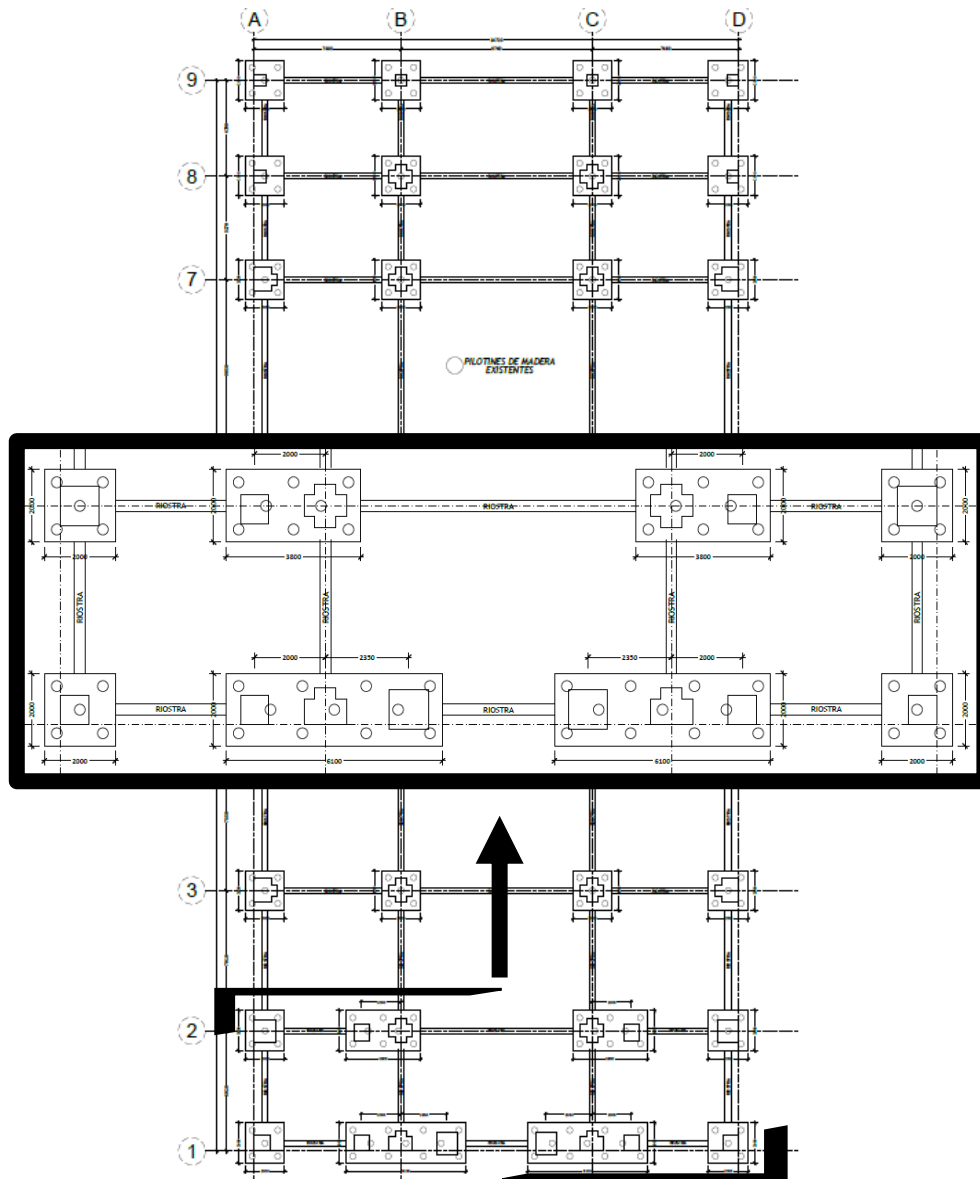
Fuente: (Castillo T. y Zapata L., 2024)

La cubierta de la torra es una losa que tiene un N.E +32.39, de igual manera, por el pasar del tiempo y los sismos existidos en el país se han deteriorado, se vuelve adjuntar los campanarios y a detallar que la torre sus existe un forjado de madera improvisado para el funcionamiento del campanario.

4.7 Plano de Cimentación Estructural

Plano 5

Planta de Cimentación Estructural



Elaborado por: (Fundación Siglo XXI, 2023)

Se presente plano de cimentación de la iglesia con la finalidad de evidenciar el soporte de las torres, y se concluye el soporte estructural de la misma. Se evidencia un conjunto de plintos, con la finalidad de recibir las cargas de todas de losas

existentes en la iglesia. Según el informe detalla la existencia de posibles pilotes en la cimentación.

4.8 Descripción de la propuesta

Madera Estructural de Ecuador

La norma de construcción ecuatoriana NEC-SE-ESTRUCTURAS DE MADERA establece directrices claras para determinar si una pieza de madera puede considerarse estructural en función de su densidad básica, tensión admisible y módulo de elasticidad. Cualquier madera que no cumpla estos criterios no puede clasificarse como madera estructural. Es imperativo que los constructores y arquitectos cumplan estas normas para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras construidas con madera.

Densidad Básica

La densidad básica de un material es un parámetro fundamental en el estudio de la madera y otros materiales. Se define simplemente como el peso de la sustancia por unidad de volumen. No hay lugar para la ambigüedad en esta definición, ya que es un factor esencial que no puede pasarse por alto. Entender la densidad básica es clave para comprender las propiedades y el comportamiento de los materiales, lo que la convierte en un aspecto indispensable de cualquier investigación o análisis.

Tabla 12

Clasificación de la madera por densidad básica

Grupo Estructural	Densidad Básica (g/cm ³)
A	0.71 – 0.90 (Maderas duras)
B	0.56 – 0.70 (Maderas semiduras)
C	0.40 – 0.55 (Maderas blandas)

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)

Esfuerzos admisibles

Las maderas que componen estos tres grupos estructurales deben soportar las siguientes tensiones mecánicas:

Tabla 13
Clasificación de la madera por esfuerzos admisibles

Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular
A	21	14.5	14.5	1.5
B	15	10.5	11	1.2
C	10	7.5	8	0.8

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)

Módulo de Elasticidad

Los valores del Módulo de Elasticidad E, para los 3 grupos estructurales, se utilizarán para dimensionar elementos en flexión, así como para elementos en compresión y tracción paralelos a las fibras.

Tabla 14
Clasificación de la madera por su Módulo de Elasticidad

MÓDULO DE ELASTICIDAD (Mpa)		
Grupo	E mín. (E .005)	E promedio
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)

Donde:

- E min: Es el valor mínimo absoluto para cálculos de elementos individuales, como vigas o pilares.
- E medio: Es el valor adecuado para el cálculo de elementos sometidos a acciones colectivas, como viguetas para forjados y montantes en muros o forjados.

Ecuador tiene la particularidad de contar con varias zonas climáticas en un territorio relativamente pequeño. El uso de la madera como material de construcción no se limita a la zona de la que procede el árbol, sino que existe un amplio intercambio de especies entre distintos climas. El resultado es un amplio abanico de posibilidades fácilmente accesibles y transportables.

En la ciudad de Cuenca, el uso de la madera en la construcción del edificio de la Escuela Benigno Malo es evidente. La madera no sólo está presente en los suelos, escaleras, techos, puertas y ventanas de esta estructura, sino que también se utiliza en la construcción de tejados y cúpulas, demostrando la notable versatilidad del material. La estructura del tejado está totalmente ensamblada con madera de eucalipto, lo que demuestra la innegable resistencia y fiabilidad de este material de construcción.

Hoy en día, empresas de construcción experimentadas especializadas en el diseño y la construcción de cabañas rústicas y semirústicas han creado diseños de casas únicos y atractivos utilizando madera de eucalipto, ciprés y pino.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la Autoridad Forestal Ecuatoriana es la única responsable de controlar el origen legal de la madera utilizada en la construcción de viviendas y otras estructuras que empleen madera como material estructural en todas las instalaciones de almacenamiento e industrias madereras del país. Además, los proveedores de madera estructural deben proporcionar a los compradores una lista de piezas, sus dimensiones y la certificación de sus productos estructurales, incluyendo la siguiente información:

1. Identificación de la madera (nombre común, nombre científico).
2. Contenido de humedad de la madera tras el secado en estufa.
3. Densidad básica media con un contenido de humedad del 12% y grupo estructural específico o características mecánicas.
4. Durabilidad natural o características de retención, penetración y nombre del conservante utilizado para las maderas que requieren conservación.
5. Cumplimiento de la Norma de Clasificación Visual de la Madera Estructural.

Tabla 15
Especies de madera de mayor comercialización

ESPECIES	USOS	TEXTURA
Abío	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	
Ciprés	Estructuras Construcción Mobiliario Instrumentos musicales	
Colorado	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos Tumbados	
Eucalipto	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	
Intachi	Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos, Tumbados Acabados	
Moral Fino	Elementos estructurales: vigas, pilares. Pisos Tumbados Acabados	
Pino	Estructuras Construcción: elementos estructurales, tableros aglomerados, vigas, madera laminada.	
Seique	Estructura Carpintería Pisos	
Yumbingue Amarillo	Estructuras de madera Elementos estructurales: vigas, pilares. Revestimientos Pisos Tumbados	

Fuente: (Cruz Salinas , 2022)

Las especies seleccionadas se presentan con las secciones comúnmente comercializadas y sus precios respectivos.

Tabla 16
Tipo de madera y sus dimensiones

Especie	Dimensiones de la pieza	Precio
Abío	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Ciprés	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$16 c/pieza.
Colorado	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Eucalipto	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$12 c/pieza.
Intachi	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$20 c/pieza.
Moral Fino	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$35 c/pieza.
Pino	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$16 c/pieza.
Seique	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$27 c/pieza.
Yumbingue Amarillo	Sección: 24x10 cm Longitud: 2.40 m	\$19 c/pieza.

Fuente: (Cruz Salinas , 2022)

- El Yumbingue (Oriente), el Eucalipto (Sierra), el Abío (Oriente), el Intachi (Oriente) y el Moral Fino (Oriente) son las especies que han demostrado las resistencias mecánicas y los módulos elásticos más fuertes.
- Las especies de Seique, Ciprés y Pino se han identificado como las maderas más ligeras y son muy recomendables para su uso como materiales de revestimiento, suelos, muebles, contrachapados, puertas, ventanas y techos.
- Las especies Yumbingue, Moral Fino y Eucalipto, que mostraron la mayor resistencia a la compresión paralela, se recomiendan encarecidamente para su uso en columnas o pilotes.
- El Yumbingue, el Abío y el Eucalipto también se recomiendan para su uso en elementos como vigas y losas, ya que muestran la mayor resistencia a la compresión perpendicular.
- El Intachi, el Eucalipto, el Yumbingue y el Abío, al ser las especies con mejor comportamiento en flexión y tracción, se recomiendan encarecidamente para su uso en elementos como pilares y vigas.

Alternativas de reforzamiento estructural

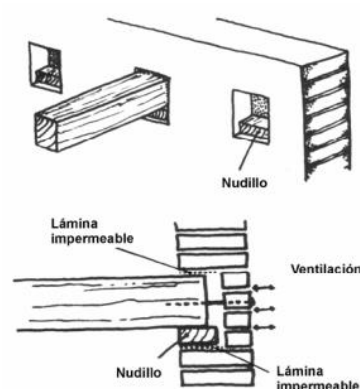
Se establece alternativas de reforzamiento estructural con forjados de madera y técnicas a implementar, considerando los entrepisos empleados con madera para conservar la estética Patrimonial Cultural.

Un entrepiso sirve principalmente para fines estructurales y estéticos. Además, debe cumplir requisitos de aislamiento acústico para evitar la transmisión de sonidos de pisadas o ruidos generados por objetos en movimiento al entorno inferior. Si el entrepiso funciona como techo, se añaden requisitos de aislamiento térmico e hidrófugo. La función estructural es esencial en cualquier construcción y se refiere a la capacidad del entrepiso para soportar su peso y el de los objetos que transmiten cargas sobre él.

Las vigas pueden montarse sobre dos o más niveles de vigas, en función del tamaño de las zonas a cubrir y de las cargas generadas. Cada nivel de vigas apoya perpendicularmente al nivel inferior, creando niveles de vigas primario, secundario y terciario. Cuando la entreplanta tiene más de un nivel de vigas, el nivel secundario puede apoyarse en el nivel primario o conectarse directamente a él mediante uniones metálicas, reduciendo su altura.

Primer sistema de conexión para el refuerzo de forjados

Figura 44
Viga simplemente apoyada al muro



Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)

En referencia a este apoyo es uno de los más sencillos que se ha desarrollado a lo largo del tiempo en estructuras de madera. Para este apoyo se debe proteger la viga de madera que tiene contacto con el muro de hormigón, de igual

manera el muro presenta una exposición con el exterior. Se recomienda realizar un asentamiento impermeable que permita la separación con el muro por lo general es de un mínimo de 15cm.

Cada torre de la Iglesia está distribuida por dos niveles de entrepiso con vigas principales de hormigón armado que transmiten las cargas a las columnas de mismo material, en conjunto con vigas secundarias de madera, se puede observar a simple vista la existencia de malla de acero sobre las vigas de madera.

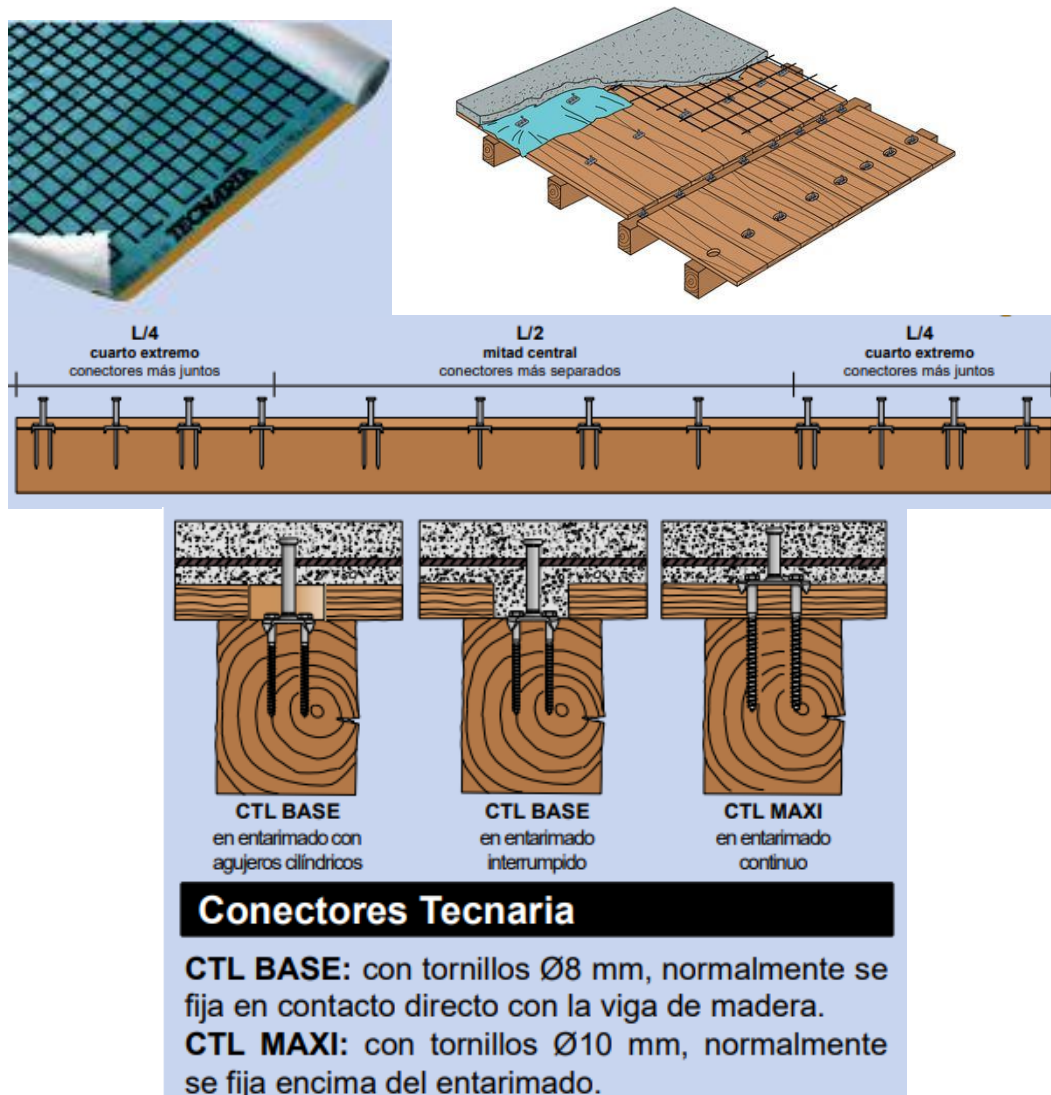
Forjado de madera-hormigón

Esta alternativa de forjado ya es existente en las torres norte y sur, pero por su antigüedad de más de 90 años se observan fallas en el forjado, evidenciando malla de acero y desprendimiento de madera, todo esto por falta de impermeabilizante.

Se concientiza el mismo mecanismo, pero con mejoras en su fabricación:

- Se utilizará forjados nuevos donde se puede manejar madera maciza o laminada.
- El intercalado de los tablonces se puede realizar de forma continua o por secciones
- Para disminuir el espesor y la carga del concreto al entrepiso se pueden colocar se debe colocar hormigones ligeros estructurales o hormigones fibroreforzados.
- Se colocará una membrana impermeable para protección al forjado de madera del agua.
- Se ubicará una malla electrosoldada sobre el forjado de madera y un aislante que permitirá aumentar la sección de la viga sin añadir peso al forjado, mejorando así la capacidad de carga. Esto proporcionará ventajas como una mayor resistencia, rigidez y aislamiento térmico y acústico.
- Se colocará conectores que van directamente en la viga de madera como promedio son de 6-8 elementos por m², estos conectores pueden ser clavos o un conector especial como el CTL MAXI o CTL BASE mencionados en el catálogo de TECNARIA.
- Por último, conexión en muros de hormigón con una varilla que uno el muro con el forjado aportando beneficios de rigidez y resistencia a la losa.

Figura 45
Forjado de Madera Mixto



Fuente: (TECNARIA, 2021)

Forjado de madera

Otra variante para esta viga simplemente apoyada sería netamente madera con placas metálicas para unión de las vigas terciarias.

Figura 46

Entrepiso de madera simplemente apoyado



Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2023)

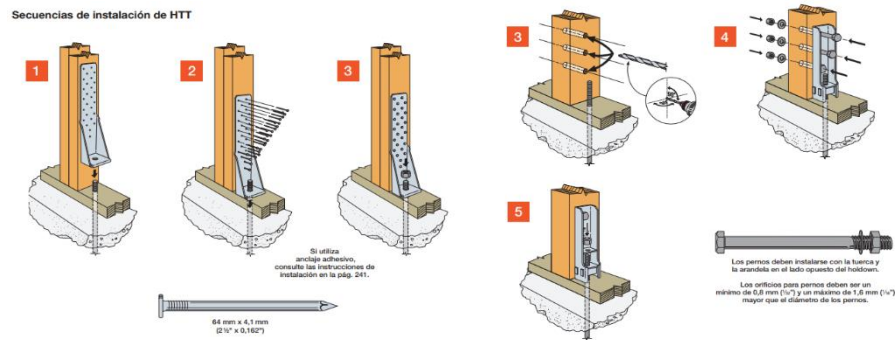
Se alterna las vigas en los muros con adherencia del impermeable, siguiendo de las vigas terciarias con el soporte metálico y finalizando con un recubrimiento superior de tablonos de madera.

Segundo sistema de conexión para el refuerzo de forjados

- **Viga apoyada en placas metálicas**

Estos apoyos metálicos reflejan un soporte para vigas de montaje frontal al muro de hormigón, existen variedad de soportes en sistemas de construcción para madera.

Figura 47
Placas Metálicas conectores a viga de madera



Fuente: (Strong-Tie., 2022)

Las placas metálicas resultan de fácil instalación, sus diseños varían dependiendo de la cantidad de tornillos y clavos a utilizar; así mismo como la magnitud de su diámetro. Relacionándonos con las vigas terciarias se pueden ensamblar entre vigas de varias formas distintas:

- Conectando Madera con Madera sin utilizar piezas metálicas, pero cada vez son menos utilizadas.
- Juntas clavadas enlazando la madera con los clavos dependiendo del número de clavos y su ubicación
- Conjuntos empernados unidos con la madera estos también dependerán del número de pernos y su ubicación.
- Unión mediante placas metálicas entre viga con viga también se implementan clavos y tornillos

Se concientiza esta alternativa de la siguiente manera:

Figura 48
Detalle constructivo de entrepiso con estructura de madera



Fuente: (Baliño, 2020)

- Colocación de placa metálica empotrada en el muro de hormigón, se elegirá la placa más viable para el entrepiso.
- Asentamiento de la viga secundaria estructural en la placa metálica, con sus respectivos clavos o tornillos.
- Aplicación de tablero no estructural que será soporte para la viga terciaria ubicada perpendicular a la viga secundaria
- Unión de vigas terciarias mediante un ensamble con placa metálica, por consiguiente, se agrega material aislante en los espaciados de estas vigas.
- Se implementará otro tablero no estructural, donde posteriormente se ubicarán los acabados del entrepiso.

Como acotación se podría implementar el siguiente forjado, pero con apoyos metálicos empotrados en la pared

4.9 Propuesta de solución

Elección del Material Principal: Eucalipto

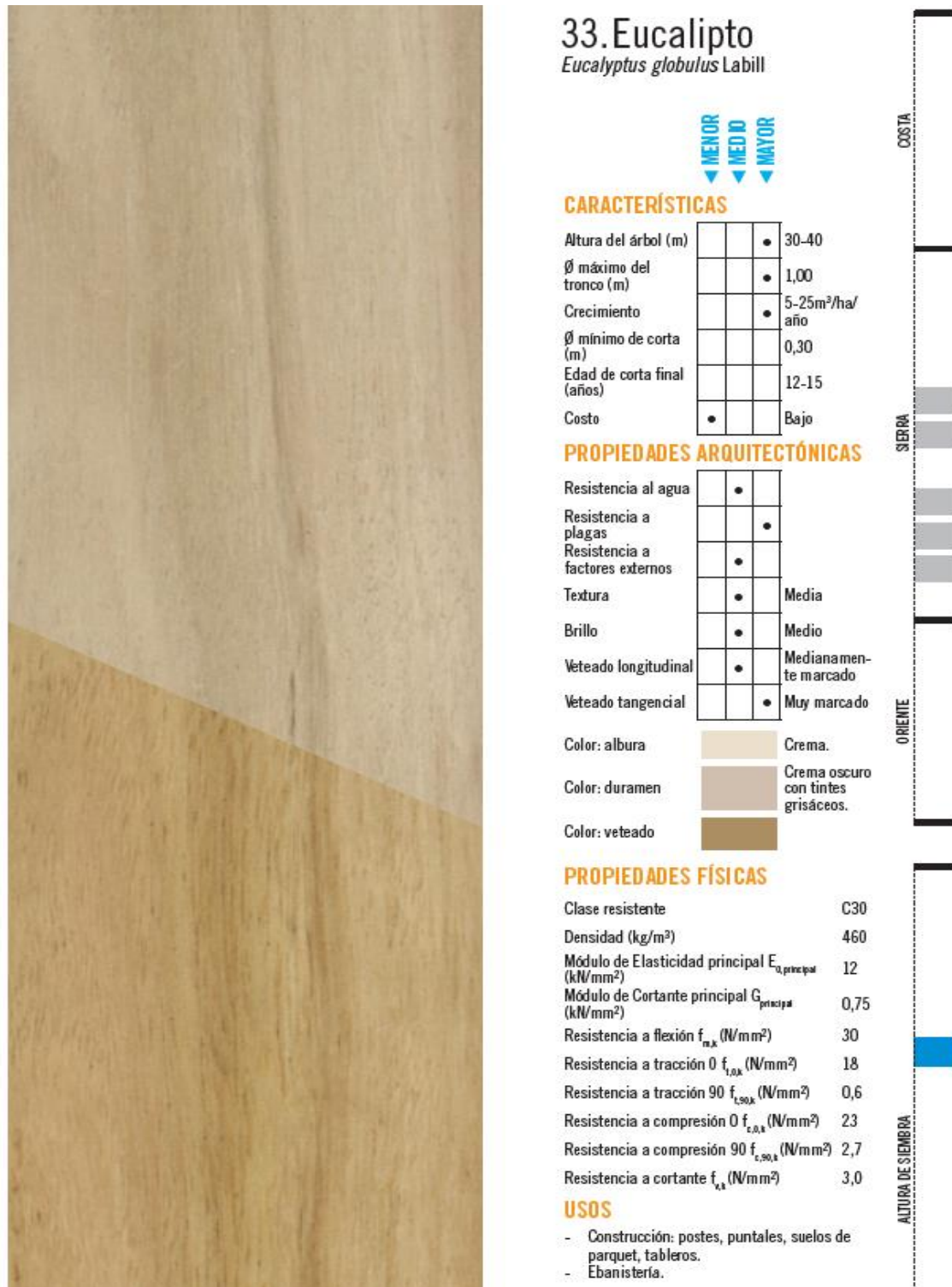
Ventajas del Uso de Eucalipto:

1. **Bajo Costo:** El eucalipto es una opción económicamente viable en comparación con otros tipos de madera. Su disponibilidad en Ecuador lo convierte en una elección sensata para proyectos de construcción.
2. **Amplia Disponibilidad:** El eucalipto se encuentra abundantemente en nuestro país. Esta disponibilidad facilita su adquisición y reduce los costos logísticos.
3. **Resistencia Estructural:** El eucalipto posee excelentes propiedades mecánicas. Su resistencia a las cargas está comprobada, lo que lo convierte en un material confiable para la estructura.

Consideraciones:

- **Selección Cuidadosa:** Al elegir eucalipto, asegúrate de seleccionar piezas de alta calidad, libres de defectos. La durabilidad de la estructura depende en gran medida de la calidad del material.

Figura 49
Especificación de madera estructural Eucalipto



Fuente: (Espinosa, Barrera Peñafiel, & Proano, 2018)

Se presenta las Características del Eucalipto, extraído del catalogo de madera estructural de Ecuador.

Reforzamiento de las Losas:

1. Placas Metálicas como Apoyos:

- Las placas metálicas proporcionan una base sólida para las vigas de madera. Distribuyen las cargas uniformemente y evitan puntos de concentración de esfuerzos.
- Asegúrate de calcular el tamaño y espesor adecuado de las placas según las cargas previstas.

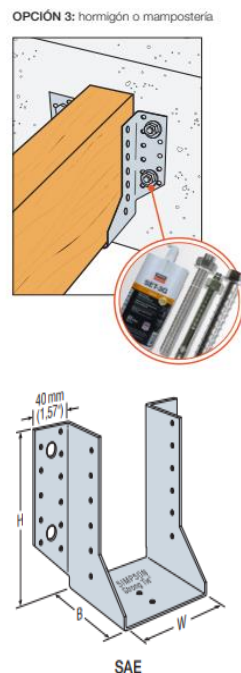
2. Vigas de Madera:

- Al asentar las vigas de madera sobre las placas metálicas, verifica que estén correctamente alineadas y fijadas. La alineación precisa garantiza la transferencia eficiente de cargas.

3. Losa con Tablones de Madera:

- Utilizar tablones de madera para la losa es una elección acertada. Estos tablones deben estar bien unidos y nivelados para formar una superficie resistente y duradera.

Figura 50
Alternativa Viable



Fuente: (Strong-Tie., 2022)

Se representa la solución para los entrepisos de las torres de la iglesia Católica Señora del Carmen-Guayaquil, con sus apoyos empotrados a la viga de hormigón, en conjunto con sus viguetas, todos estos anclajes se harán con placas metálicas como se especifica en la imagen. Con ayuda de un adhesivo epoxico se puede tener una mejor fijación en acción de viga de hormigón con viga de madera. Mas aun, se puede proteger la madera con aditivos contra la humedad, insectos y factores externos.

CONCLUSIONES

Para concluir el trabajo de titulación, se menciona la contribución del aporte a la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen-Guayaquil con los siguientes puntos de acuerdo a los objetivos específicos:

- ✚ En la investigación acerca de las características de la madera y su comportamiento con el paso del tiempo se detectó que cuando se lo utiliza para la construcción cambia de manera significativa, particularmente cuando sirve para construir los forjados que se pueden utilizar en vigas y viguetas de madera que le dan a la imagen de las edificaciones una presentación elegante y en ocasiones el carácter patrimonial. Identificando que hace aproximadamente cien años las iglesias católicas se vieron favorecidos por presentar en su interior forjados de madera, colocados en el antepecho, debajo de la losa en toda su dimensión.
- ✚ El uso de forjados de madera como alternativa de reforzamiento es una decisión acertada para la Iglesia Católica Señora del Carmen en Guayaquil. La elección del eucalipto como material principal ofrece ventajas económicas y estructurales. Es fundamental seleccionar piezas de alta calidad para garantizar la durabilidad de la estructura. La inspección minuciosa y la elección de madera libre de defectos son esenciales.
- ✚ Finalmente, se puede concluir que al seleccionar la alternativa viable para los forjados de madera de eucalipto y reforzamiento con técnicas que implican la colocación de placa metálica empotrada en el muro de hormigón y que forma parte del asentamiento de la viga secundaria estructural en la placa metálica, con sus respectivos clavos o tornillos, de tal manera que la aplicación de tablero no estructural será soporte para la viga terciaria ubicada perpendicular a la viga secundaria.
- ✚ El uso de placas metálicas como apoyos contribuye a distribuir las cargas uniformemente y evitar puntos de concentración. Esta solución es eficiente y compatible con la madera.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones, sugerencias, criterios o comentarios se exponen los siguientes puntos para la edificación del Patrimonio Cultural:

- ✚ Se recomienda a los futuros investigadores, que al momento de estudiar las características y comportamiento de la madera se enfoque en las propiedades físicas y químicas, respondiendo a los factores como la humedad, la temperatura y el envejecimiento.
- ✚ Se aconseja a los futuros ingenieros, que al momento de indagar en sitios webs sobre materiales utilizados para reforzar edificaciones de hormigón, se centre en fichas técnicas, capacidad de carga o fichas sísmicas que detallen individualmente el uso, mantenimiento, revestimiento, entre otras características generales del uso de la madera.
- ✚ Se sugiere que como nuevas líneas de investigación se considere el uso de madera para la construcción de vigas con forjados de madera de eucalipto por su durabilidad y mejorar de la estética del lugar que se reconstruya o construya, considerar la aplicación de tratamientos protectores para prolongar la vida útil de la madera.
- ✚ Documentar todo el proceso de refuerzo y mantener registros detallados para futuras referencias.
- ✚ Considere la posibilidad de implementar medidas adicionales de reforzamiento, como refuerzos estructurales adicionales o sistemas de monitoreo, para garantizar la seguridad y estabilidad a largo plazo de la iglesia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcivar-Meza, M., Torres-Quezada, J., & Panchana-Cedeño, R. (01 de Abril de 2023). *Vista de La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone* (Vol. 9). Chone: Dominio de las Ciencias. doi:<https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>
- Arquima. (Mayo de 2019). *Arquima*. Obtenido de <https://www.arquima.net/que-durabilidad-tienen-las-construcciones-en-madera/>
- Baliño, L. (2020). *Detalle constructivo de entepiso con estructura de madera*. Argentina: arqaldetalle. Obtenido de <https://arqaldetalle.com/e-8-entepiso-de-madera/>
- Bravo, E. (30 de julio de 2023). *El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la ecología política del desastre*. doi:<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17163/uni.n26.2017.10>
- Bulnes del Pino, A. (2023). Levantamiento Arquitectónico de la Iglesia de Nuestra Señora de las Nieves-Olivares. *Repositorio de la Universidad de Sevilla* , 109. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Bulnes_delPino_Andr%C3%A9s_G17_PFG.pdf
- Caballero-Piza, L. (2022). *El Museo de Arte Moderno de Bucaramanga y la rehabilitación del patrimonio arquitectónico urbano*. Bucaramanga: Revista Cambios Y Permanencias. Recuperado el 23 de Enero de 2024, de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistacyp/article/view/13318>
- Cabrera, A., Igartua, J., & Ortega, A. (23 de mayo de 2022). . Usos sociales, beneficios socioeconómicos e indicadores en el patrimonio cultural: un estudio correlacional. *HiSTOReLo. Revista de Historia Regional y Local*, 15(23), 5. doi:DOI: <https://doi.org/10.15446/historelo.v15n32.98556>
- Caneiro, A. T. (09 de Marzo de 2023). Analisis Comparativo de forjados: comportamiento estructural y costes. *Repositorio de la Universidad Politécnica*

de Madrid, 95. Recuperado el 22 de Enero de 2024, de https://oa.upm.es/72954/1/TFG_Ene23_Triguero_Caneiro_Adrian_1de2.pdf

Carreras Rivery, R., & Pérez Marín, E. (2023). *Maderas en bienes culturales europeos: identificación microscópica y casos prácticos*. Valencia : Editorial Universitat Politècnica de València.

Castillo T. y Zapata L. (2024).

Cayambe, A., Chiluisa, A., Quizanga, D., & Viera, P. (2024). Análisis de las características mecánicas de un muro marco plataforma de madera de eucalipto, sin carga vertical. *Repositorio de la Universidad Central del Ecuador*, 107-121. doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.13.06>

Cesio, P. (2 de Julio de 2019). La iglesia que clama por un “milagro” para mantenerse íntegra. *Aleteia Ecuador*, pág. 1. Recuperado el 7 de Agosto de 2023, de Aleteia: <https://es.aleteia.org/2019/07/02/la-iglesia-que-clama-por-un-milagro-para-mantenerse-integra/>

CI.C MADERAS. (10 de Enero de 2023). *CI.C MADERAS*. Obtenido de <https://www.clcsa.cl/blog/propiedades-quimicas-fisicas-y-mecanicas-de-la-madera/>

Constitución del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Cruz Salinas, C. E. (2022). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE MADERA*. AMBATO: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36301>

Cunalata Vásquez, F., & Caiza Sánchez, P. (25 de Mayo de 2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador . *Revistas UTE*. doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>

Durán Falcón, J. (2021). ESTUDIO Y ANÁLISIS CONSTRUCTIVO MEDIANTE EL. *Repositorio de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación*, 114. Obtenido de <file:///C:/Users/USER/Downloads/PFG%20DURAN%20FALCON%20JUAN.pdf>

- EcoHouses. (2019). *EcoHouses*. Obtenido de <https://www.ecohouses.es/la-durabilidad-de-la-madera-en-construccion/?lang=es>
- El Universo. (1 de Mayo de 2019). Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil alarman a fieles. *Comunidad* , pág. 1. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/05/01/nota/7311074/danos-iglesia-victoria-guayaquil-alarman-fieles/>
- Espinosa, P. A., Barrera Peñafiel, L. E., & Proano, D. (2018). *Catálogo de madera Estructural de Ecuador*. (G. d. Arquitectura, Ed.) Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361899534_Catalogo_de_madera_Estructural_de_Ecuador
- Fernández , Á. (2020). *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de https://oa.upm.es/63545/1/TFG_Jun20_Andres_Fernandez_Angel.pdf
- Franco, J. T. (27 de Noviembre de 2021). *Arquitectura con Madera Laminada: 17 edificios notables en Chile* . doi:<https://www.archdaily.cl/cl/970612/arquitectura-con-madera-laminada-17-edificios-notables-en-chile>
- Fundación Siglo XXI. (2023).
- Gonzalo Hernández y Patricio Elgueta. (2022). *Fortalecimiento de capacidades tecnológicas del Instituto Forestal para el desarrollo de la Industria Secundaria de la Madera, a través de bienes públicos orientados al sector de la construcción*. doi:<https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30377>
- Google Earth. (2023).
- Granados Chafloque, L. (2022). Evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la Iglesia de Santa Lucía de Ferreñafe. *Repositorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*, 223. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5327>
- Guía práctica para el diseño de estructuras de madera. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de madera*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/GUIA-4-MADERA.pdf>

- Lambert Luna, M., & Mendez Martinez, L. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural de la Iglesia Stella Maris, ubicado en el Guasmo Sur de la ciudad de Guayaquil. *Repositorio de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*, 124.
- Ley Orgánica de Cultura . (2016). *Ley Orgánica de Cultura* . Obtenido de https://www.presidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2017/08/a2_LEY_ORGANICA_DE_CULTURA_julio_2017.pdf
- Lima, L. (Febrero de 2023). LA MADERA COMO MATERIAL ESTRUCTURAL Certezas, Conjeturas, Incógnitas y Perspectivas. En L. J. Lima, *Hacia la conformación de una Resistencia* (pág. 59). Buenos Aires. Recuperado el 5 de Agosto de 2023, de LEMEJ: https://repositorio.unnoba.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/23601/206/Luis_Lima-La_madera_como_material_estructural.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lizeth Rodríguez, A. (Julio de 2019). *ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA, ETSAB*. Obtenido de ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES INDUSTRIALIZADOS PARA EDIFICACIÓN VERTICAL A TRAVÉS DE PARÁMETROS DE SOSTENIBILIDAD: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/166482>
- Martinez Soriano, F., & Martinez Sierra, E. (2019). *Análisis y cálculo de refuerzo de forjados de madera: el CLT como alternativa al armado de hormigón*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Martínez, J., Bustamante , M., Salazar, P., Macias, J., Lobato, A., Narváez, R., & Cordovez, M. (Julio de 2019). Caracterización Térmica y Mecánica de la Madera de Roble. 16(1). doi:<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n1.2019.339>
- Melero Herranz, D. (18 de Septiembre de 2020). Lesiones habituales de las estructuras de madera tradicionales y criterios de intervención. *Repositorio de la Universidad de Valladolid*. Recuperado el 22 de Enero de 2024, de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/45032>

- Meza, L. R. (2019). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/394655914/189615401-Factores-Que-Afectan-EI-Comportamiento-de-La-Madera#>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2023). *Estructuras de Madera Normativa Ecuatoriana de la Construcción*. Quito. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/11.-NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf>
- Molar Orozco, M., & Roux Gutiérrez, R. (2024). *Los retos en la vivienda en el siglo XXI*. Coahuila: Universidad Autónoma de Coahuila. Obtenido de <http://www.investigacionyposgrado.uadec.mx/libros/2017/2017LosRetosViviendaSigloXXI.pdf>
- Mora, P. A. (2016). *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA, REHABILITACION Y EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO DE UNA EDIFICACION PERTENECIENTE AL PATRIMONIO CENTRAL EDIFICADO EN LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR*. CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26547>
- Moreno Roman , A. (28 de Febrero de 2020). *DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: CATEDRALES, IGLESIAS, TEMPLOS PARA LAS PROVINCIAS DE GUAYAS Y MANABÍ*. Obtenido de Repositorio ucsg: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14371/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-333.pdf>
- Munguía, E. I. (14 de Enero de 2020). *PATRIMONIO Y TERREMOTOS*. Obtenido de https://oa.upm.es/57992/1/TFG_20_Ibanez_Munguia_Elena.pdf
- Navarro, J. V. (2009). *LA EVOLUCIÓN DE LOS FORJADOS DE EDIFICACIÓN HACIA UNAS TÉCNICAS MÁS COMPETITIVAS ECONÓMICAMENTE*. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8534/00.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción-Estructuras de Madera. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Obtenido de

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/11.-NEC-SE-MD-Estructuras-Madera.pdf>

Ochoa, F. (22 de Enero de 2023). *ArcGeek*. Obtenido de <https://acolita.com/propiedades-mecanicas-de-la-madera/>

Olazabal Vasquez, C. D. (2023). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del mortero con adición de fibras de basalto. Recuperado el 22 de Enero de 2024, de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/11061/Olazabal%20Vasquez%2C%20Claudio%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/11061/Olazabal%20Vasquez%2C%20Claudio%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pastor Pérez, A., & Diaz-Andreu, M. (2 de Junio de 2022). Evolución de los valores del patrimonio cultural. *Revista de Estudios Sociales* 80: 3-20, 7. doi:<https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/res/article/view/6190>

Pedroso Martínez, M., & Álvarez Morejón, N. (2023). *Análisis comparativo de las propiedades de la madera laminada y madera maciza utilizadas en las cubiertas de la Parada de Ómnibus: Parcela 19. Varadero*. (Vol. 12). Varadero : Fundación Dialnet . Recuperado el 16 de August de 2023, de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6548143>

Prieto, C., Prieto, L., & Miranda, E. (06 de Abril de 2021). *La ingeniería civil aplicada a la conservación y restauración de patrimonios y monumentos*. Tunja: repository udistrita. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7821/RuizKatherinePicoClara2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Pucon, C. (Mayo de 2023). *CASASPUCON*. Obtenido de <https://casaspucon.cl/2023/05/07/durabilidad-de-la-madera/>

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. Obtenido de <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>

Rengifo Briceño, R. (2020). Estudio comparativo de forjados de madera: análisis estructural y de habitabilidad, y comparación en función al peso, volumen,

altura e impactos ambientales. *Repositorio de Universitat Politècnica de Catalunya*. Recuperado el 22 de Enero de 2024, de <http://hdl.handle.net/2117/334414>

Sánchez Dahua, J. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto, proveniente de la provincia de tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC 2015). *Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato*, 167. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33541/1/Tesis%20I.%20C.%201523%20-%20S%C3%A1nchez%20Dahua%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>

Strong-Tie., S. (2022). *Conectores para construcción con madera*. Santiago - Chile: strongtie.cl. Obtenido de <https://www.disenamadera.cl/templates/plantillaresponsiva/doc/Conectores%20para%20la%20construccion%20con%20madera.pdf>

TECNARIA, E. (2021). *SISTEMAS DE CONEXIÓN PARA EL REFUERZO DE FORJADOS*. Italia: Tecnaria Building Reinforcement. Obtenido de https://tecnaria.com/download/homepage/CT_CATALOGO_ES.pdf

Timermans. (10 de Abril de 2023). *TIMERMANS*. Obtenido de <https://timermans.com/plaga-madera/>

Torner Feltrer, M. E., Cañada Soriano, M., Vivancos Bono, J., Aparicio Fernández, C., & Royo Pastor, R. (13 de Julio de 2023). EFECTOS DE LAS CONDICIONES HIGROTÉRMICAS EN SISTEMA ESTRUCTURAL DE FORJADO CON VIGUETAS DE MADERA Y MURO DE MAMPOSTERIA. *Repositorio de Universitat Politècnica de València*. doi:10.13039/501100011033

Universidad San Sebastián . (21 de Noviembre de 2022). *Patrimonio en la USS: 100 años de historia de la Iglesia Nuestra Señora de la Victoria*. Obtenido de Universidad San Sebastián : <https://www.uss.cl/noticias/iglesia-nuestra-senora-de-la-victoria/>

Valencia Giraldo, A. (16 de Enero de 2019). Vista de La madera como un nuevo material sostenible. *Revista Colombiana de Materiales* (14). Obtenido de

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/340836/207954>

51

- Vidal Matutano , P., Morales, J., Henríquez-Valido, P., Marchante Ortega, Á., Moreno Benítez, M., & Rodríguez-Rodríguez, A. (31 de Enero de 2020). El uso de la madera en espacios de almacenamiento colectivos: análisis xilológico y antracológico de los silos prehispánicos (ca. 500 – 1500 d.C.) de La Fortaleza (Santa Lucía de Tirajana, Gran Canaria) / Wood Use in Pre-Hispanic (ca. 500–1500 AD ... (20). Recuperado el 5 de Agosto de 2023, de revista Vegueta: <https://revistavegueta.ulpgc.es/ojs/index.php/revistavegueta/article/view/515>
- Villa, K., Echavarría, C., & Blessent, D. (27 de Junio de 2019). Muro de madera aislado con fibra de coco. *DYNA*, 6. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.73685>
- Zamora Cedeño, G. M., & Aguirre Ullauri, M. d. (2020). Consideraciones sobre la vulnerabilidad del patrimonio arquitectónico. Estudio de caso: la iglesia de El Sagrario, Cuenca, Ecuador. *Revista Cielo*. doi:<https://doi.org/10.30763/intervencion.229.v1n21.08.2020>

ANEXOS

Anexo 1

Cuestionario de preguntas de la entrevista

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA

P1. ¿Considera usted que en la Iglesia Católica Nuestra Señora del Carmen se encuentra con daños estructurales en la ala sur y norte?

P2. ¿Durante estos 98 años se ha realizado evaluaciones de daños estructurales del Patrimonio Cultural?

P3. ¿Sabe si realizan métodos de evaluación utilizados en el Patrimonio Cultural?

P4. ¿Se ha realizado mantenimientos de la edificación para mejorar la estabilidad estructural?

P5. ¿Se realiza un análisis de daños estructurales una vez que ocurra un sismo en Guayaquil?

P6. ¿Considera usted que se ha implementado reforzamiento para preservar el Patrimonio Cultural?

P7. ¿Conoce usted si se ha reforzado la edificación en estos 98 años?

P8. ¿Es necesario reforzar los forjados de madera si se modifican sus condiciones de trabajo?

P9. ¿Conoce usted si se dan inspecciones anuales para conocer la resistencia de las cargas que poseen?

P10. ¿Los colaboradores de la Iglesia han identificado las secciones donde se debe reforzar?

Elaborado por: (Castillo T. y Zapata L., 2024)