

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magister en Ingeniería Civil con mención en Construcción y Saneamiento

Presentado por:

Sebastián Paul Valencia Redrován

Maribel Katherine Chunata Cumbal

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico:

A Dios por su misericordia,
A mi familia por su apoyo,
A ti por tu amor,
A mis mejores amigos por la dicha de
coincidir,
Y a mí, que con esfuerzo y dedicación
día a día cumplo mis sueños decido
vivir y ser feliz.

Maribel Katherine Chunata Cumbal

El presente proyecto lo dedico:

A Dios, a mis padres Patricio y Cecilia
y a mis hermanos David y Carlos
Andrés, por todo el esfuerzo, apoyo y
confianza, ¡siempre para adelante!

Sebastián Paul Valencia Redrován

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a:

La Escuela Politécnica del Litoral por la oportunidad de cursar esta maestría, a su cuerpo docente y administrativo.

Al PhD. Eduardo Santos Baquerizo por su dirección técnica, tutorías y valioso tiempo en el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero Sebastián Valencia por la apertura y conocimientos, para la materialización de este proyecto.

Maribel Katherine Chunata Cumbal

Mi más sincero agradecimiento a:

A todos los profesionales, que me abrieron las puertas para consolidar esta idea, que será en beneficio para mi ciudad.

A nuestro tutor PhD. Eduardo Santos Baquerizo, por concretar la idea de trabajo y por el tiempo que depositó en este proyecto de graduación.

Sebastián Paul Valencia Redrován

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Sebastián Paúl Valencia Redrován y Maribel Katherine Chunata Cumbal acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 15 de marzo de 2025.

Sebastián Paul Valencia Redrován

Maribel Katherine Chunata Cumbal

EVALUADORES

Ing. Fernanda Mejía M.Sc.

Profesor de Materia

PhD. Samantha Jiménez

Profesor de Materia

PhD. Eduardo Santos Baquerizo

Tutor de proyecto

RESUMEN

El proyecto se enfoca en la rehabilitación patrimonial de la Quinta San José, una edificación ubicada en la ciudad de Azogues, Ecuador. El objetivo es desarrollar métodos constructivos mediante la aplicación de técnicas tradicionales y modernas, garantizando las condiciones de seguridad, estabilidad y firmeza estructural, para la conservación del bien patrimonial. Se justifica la intervención debido al avanzado estado de deterioro causado por factores ambientales e intervenciones inadecuadas previas.

El estudio se desarrolló en varias fases, se realizaron inspecciones visuales, ensayos de flexión y compresión a la madera de nogal y análisis de granulometría del barro antiguo y barro nuevo, para determinar las condiciones de los materiales. Además, se implementó un sistema de soporte estructural con andamios y vigas de eucalipto, combinado con gatos hidráulicos, permitiendo la suspensión temporal del inmueble mientras se construye la nueva cimentación.

Los resultados indican que el barro de los muros de bahareque puede reutilizarse ajustando la dosificación de sus componentes en las capas de embutido, revoque y empañete y, la estructura original de madera debe remplazarse, debido a la formación de planos de falla en los agujeros ocasionados por la polilla.

Se concluye que la rehabilitación de edificaciones patrimoniales requiere de métodos constructivos con un enfoque integral, esta investigación proporciona un modelo replicable para futuras intervenciones patrimoniales en el Ecuador.

Palabras clave: Rehabilitación patrimonial, madera, bahareque, cimentación.

ABSTRACT

The project focuses on the heritage rehabilitation of the Quinta San José, a building located in the city of Azogues, Ecuador. The objective is to develop construction methods through the application of traditional and modern techniques, guaranteeing the conditions of safety, stability and structural strength, for the conservation of the heritage property. The intervention is justified due to the advanced state of deterioration caused by environmental factors and previous inadequate interventions.

The study was carried out in several phases: visual inspections, bending and compression tests on walnut wood, and granulometry analysis of old and new mud to determine the condition of the materials. In addition, a structural support system was implemented with scaffolding and eucalyptus beams, combined with hydraulic jacks, allowing the temporary suspension of the building while the new foundation is being built.

The results indicate that the mud of the wattle and daub walls can be reused by adjusting the dosage of its components in the layers of plaster, plaster and plastering, and the original wooden structure must be replaced due to the formation of failure planes in the holes caused by the moth.

It is concluded that the rehabilitation of heritage buildings requires construction methods with an integral approach, this research provides a replicable model for future heritage interventions in Ecuador.

Keywords: Heritage rehabilitation, wood, wattle and daub, foundations.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
DECLARACIÓN EXPRESA	4
EVALUADORES	5
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
ÍNDICE GENERAL	3
ABREVIATURAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE PLANOS	12
ANEXOS	13
1. CAPÍTULO 1	14
INTRODUCCIÓN	14
1.1 Antecedentes	15
1.2 Localización	16
1.3 Estudios previos	17
1.4 Definición del problema	18
1.5 Justificación	18
1.6 Objetivos	19
1.6.1 Objetivo General	19
1.6.2 Objetivos Específicos	19
2. CAPÍTULO 2	21
DESARROLLO DEL PROYECTO	21
2.1 Marco conceptual	21

2.1.1	Restauración de obras patrimoniales	21
2.1.2	Restauración de obras patrimoniales en Ecuador.....	21
2.1.3	Maderas estructurales en el Ecuador.....	22
2.1.3.1	Eucalipto.....	25
2.1.4	Tipos de uniones en madera.....	27
2.1.4.1	Unión con clavos	27
2.1.4.2	Unión con clavos lanceros.....	28
2.1.4.3	Unión mediante pernos	29
2.1.4.4	Ensamblados madera-madera:	31
2.1.4.5	Ensamblados caja-espiga:.....	31
2.1.4.6	Ensamblados a media madera:	32
2.1.4.7	Ensamblados a rayo de júpiter:	32
2.1.4.8	Machihembrado:.....	33
2.1.5	Tratamiento de conservación para madera.....	33
2.1.6	El bahareque en edificaciones patrimoniales	35
2.1.7	Cimentación:	36
2.1.7.1	Zapata corrida en una dirección	36
2.1.7.2	Viga de zapata.....	36
2.1.7.3	Innovación constructiva para cimentación.....	37
2.1.8	Normas y Códigos.....	37
2.1.8.1	Normas Ecuatorianas	37
2.1.8.2	Normas, códigos y reglamentos Internacionales	38
2.2	Marco Metodológico	39
2.2.1	Trabajo de campo	40
2.2.2	Trabajo de laboratorio o gabinete	43
2.2.2.1	Ensayo de suelos:	43
2.2.2.2	Ensayos de madera:.....	50

2.2.2.3	Ensayo de granulometría al barro antiguo y barro nuevo:	52
2.2.2.4	Estado de deterioro de los elementos de la Quinta San José:	55
2.2.3	Tabulación de datos	58
2.2.3.1	Clasificación del suelo	58
2.2.3.2	Ensayos a flexión en los elementos estructurales de madera (vigas y columnas) 60	
2.2.3.3	Ensayos a compresión en los elementos estructurales de madera (vigas y columnas)	61
2.2.3.4	Granulometría del barro antiguo	62
2.2.3.5	Granulometría del barro nuevo	64
2.2.3	Solución a diseñar	66
2.2.3.1	Cimentación:	66
2.2.3.2	Métodos constructivos en bahareque:	66
2.2.3.3	Secuencia con la cual se trabaja el bahareque:	67
2.2.3.4	Uniones	68
3.	CAPÍTULO 3	69
3.1	Resultados	69
3.1.1	Inspección visual	69
3.1.2	Ensayos de laboratorio	69
3.1.2.1	Ensayo de flexión y compresión en probetas de madera de Nogal	69
3.1.2.2	Ensayo de granulometría del barro antiguo y barro nuevo	72
3.2	Análisis de resultados	72
3.3	Especificaciones Técnicas	76
3.4	Diseño de la solución	77
3.4.1	Diseño del apuntalamiento para construir una nueva cimentación	78
3.4.2	Diseño, composición y preparación del barro (Embutido, Revoque y Empañete)	80
3.4.3	Diseño de uniones en madera	84

3.4.4	Productos para el tratamiento y conservación de la madera	86
4	CAPÍTULO 4	88
4.1	Conclusiones	88
4.2	Recomendaciones	89
5	BIBLIOGRAFÍA	91
6	PLANOS Y ANEXOS.....	93

ABREVIATURAS

ESPOL: Escuela Superior Politécnica del Litoral

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

UCUENCA EP: Empresa pública Universidad de Cuenca

GAD: Gobiernos Autónomos Descentralizados

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS84: World Geodetic System 1984

UNE-EN 408:2004: Norma Europea sobre estructuras de madera, que establece métodos de ensayo para determinar propiedades mecánicas y de rigidez

NCh1198 Of90: Norma Chilena sobre diseño estructural de madera (versión de 1990)

NCh1198 Of91: Norma Chilena sobre diseño estructural de madera (versión de 1991)

NCh 300: Norma Chilena sobre diseño estructural en hormigón armado

Fy: Límite elástico del acero

CCA: Cobre, Cromo y Arsénico

CCB: Cobre, Cromo y Boro

MIDUVI: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

ACA: Arsénico Cobre Amoniacales

CCA: Cupro Cromo Arsenicales

CCB: Cupro Cromo Bóricas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Topografía y dotación de equipos de la ciudad de Azogues [5]	16
Figura 2.1: Unión Mediante Clavos y Clavos Lanceros [15]	28
Figura 2.2: Unión Mediante Pernos [15]	29
Figura 2.3: Unión mediante pernos tipo rosca [16]	31
Figura 2.4: Ensamblajes caja-espiga [17]	32
Figura 2.5: Ensamblajes a media madera [17]	32
Figura 2.6: Ensamblajes a rayo de júpiter	33
Figura 2.7: Ensamble machihembrado [17]	33
Figura 2.8: Sistema Constructivo de Madera y Bahareque [9]	36
Figura 2.9: Actividades el marco metodológico	39
Figura 2.10: Distribución esquemática de la Quinta San José	42
Figura 2.11: Muestra inspección visual	42
Figura 2.12: Excavación de primera calicata [23]	44
Figura 2.13: Excavación de segunda calicata [23]	44
Figura 2.14: Estratigrafía de calicatas [23]	45
Figura 2.15: Ensayo a flexión	51
Figura 2.16: Ensayo a Compresión	52
Figura 2.17: Selección de muestra de barro antiguo para ensayo de granulometría	53
Figura 2.18: Material después del ensayo de granulometría	53
Figura 2.19: Preparación de muestra previo al ensayo de granulometría	55
Figura 2.20: Material después del ensayo de granulometría	55
Figura 2.21: Deterioro en muros planta de sótano	56
Figura 2.22: Deterioro en muros planta baja	56
Figura 2.23: Discontinuidad en entramado y diagonales	57
Figura 2.24: Desprendimientos y fisuras	57
Figura 2.25: Fisuras y grietas	57
Figura 2.26: Polilla en vigas de madera	58
Figura 2.27: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3	60
Figura 2.28: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 8	61
Figura 2.29: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3B	62
Figura 2.30: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3C	62

Figura 2.31: Curva granulométrica del barro antiguo	64
Figura 2.32: Curva granulométrica del barro nuevo	65
Figura 3.1: Proceso de apuntalamiento para nueva cimentación	79
Figura 3.2: Proceso de andamiaje y colocación de columna de madera.....	80
Figura 3.3: Detalle constructivo de las paredes de bahareque.....	83
Figura 3.4: Detalle constructivo de las paredes de bahareque.....	84
Figura 3.5: Detalles del diseño de uniones.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Coordenadas de ubicación de la Quinta San José	16
Tabla 2.1: Características de maderas estructurales [10]	23
Tabla 2.2: Propiedades de maderas estructurales [10]	26
Tabla 2.3: Características del eucalipto [10].....	27
Tabla 2.4: Diámetros y longitudes de los clavos.....	28
Tabla 2.5: Dimensiones de pernos toda rosca [16]	30
Tabla 2.6: Perforación Nro. 1 – Profundidad 0.50 metros [23].....	45
Tabla 2.7: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 1 – Profundidad 0.50 metros [23]	46
Tabla 2.8: Perforación Nro. 2 – Profundidad 0.50 metros [23].....	47
Tabla 2.9: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 2 – Profundidad 0.50 metros [23]	48
Tabla 2.10: Perforación Nro. 2 – Profundidad 1.20 metros [23].....	49
Tabla 2.11: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 2 – Profundidad 1.20 metros [23] ..	50
Tabla 2.12: Clasificación del suelo [23]	58
Tabla 2.13: Capacidad portante del suelo en condiciones actuales [23]	59
Tabla 2.14: Capacidad portante del suelo considerando un ablandamiento futuro [23] ..	59
Tabla 2.15: Ensayos a flexión.....	60
Tabla 2.16: Ensayos a compresión	61
Tabla 2.17: Cálculo de humedades de la muestra	63
Tabla 2.18: Datos para granulometría fracción fina por tamizado	63
Tabla 2.19: Composición del material	63
Tabla 2.20: Cálculo de humedades de la muestra sacadas en laboratorio	64
Tabla 2.21: Datos para granulometría fracción fina por tamizado	65
Tabla 2.22: Composición del material de barro ensayada en laboratorio.....	65
Tabla 3.1: Ensayos a flexión.....	70
Tabla 3.2: Ensayos a compresión	70
Tabla 3.3: Comparativo de ensayo a flexión.....	71
Tabla 3.4: Comparativo de ensayo a compresión	71
Tabla 3.5: Composición de barro antiguo y nuevo	72
Tabla 3.6: Contenido de humedad barro antiguo y nuevo.....	72
Tabla 3.7: Densidades del nogal - ensayo a flexión	73
Tabla 3.8: Densidades del nogal - ensayo a compresión	73
Tabla 3.9: Comparativo de ensayo a flexión.....	74

Tabla 3.10: Comparativo de ensayo a compresión	75
Tabla 3.11: Composición de la mezcla de barro.....	76
Tabla 3.12: Presupuesto Referencial	77
Tabla 3.13: Dosificación del barro para el embutido.....	80
Tabla 3.14: Dosificación del barro para el revoque	81
Tabla 3.15: Dosificación del barro para el empañete	82
Tabla 3.16: Usos y características de Merulex I.F.A	86
Tabla 3.17: Usos y características de BRAIS 77	86
Tabla 3.18: Usos y características de preservante para madera A17VSA3	87
Tabla 3.19: Usos y características de pentamaderol.....	87

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Uniones en madera

PLANO 2 Apuntalamiento para cimentación

PLANO 3 Detalle de la estructura del bahareque

ANEXOS

ANEXO A	Fichas de inspección visual Elementos Estructurales
ANEXO B	Ensayo de madera a compresión y flexión
ANEXO C	Ensayo de granulometría barro nuevo
ANEXO D	Ensayo de granulometría barro antiguo
ANEXO E	Presupuesto referencial, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La recuperación del patrimonio cultural es la identidad de un pueblo, ciudad y país que, identifica costumbres, tradiciones y formas de vida para ponerlos al servicio de la comunidad, debe ser una regla general de compromiso social en nuestra región. Los lugares patrimoniales deben ser potenciados como un desafío serio para la sociedad que los posee, siendo estas obras patrimoniales usadas por las comunidades, para que transmitan su riqueza y valores culturales, en última instancia, el patrimonio es un derecho humano del que no le podemos privar a quienes estarán presentes en las futuras generaciones [1].

En la zona austral del Ecuador, específicamente en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, se asienta la edificación Quinta San José, que data del siglo XX [2], edificación que presenta un alto estado de deterioro debido a factores meteorológicos, descuido por preservar su patrimonio y rehabilitaciones improvisadas, que han afectado la conservación de elementos estructurales de madera, paredes de bahareque y cimentación, los mismos que son los componentes principales que garantizan la estabilidad de la edificación.

Este proyecto busca evaluar el estado de conservación de los elementos estructurales de madera y paredes de bahareque y para proponer un sistema único de apuntalamiento y soporte temporal del inmueble que permita suspender la edificación durante el proceso de construcción de una nueva cimentación, utilizando métodos constructivos adecuados para evitar daños en los bienes patrimoniales.

Esta investigación se desarrolla en cuatro capítulos: el primero aborda una revisión teórica y planteamiento de los objetivos generales y específicos, el segundo capítulo detalla el diagnóstico de la situación actual de la Quinta San José, el tercer capítulo aborda todos los análisis y ensayos realizados en el marco del proyecto, y las propuestas de métodos constructivos de rehabilitación y planos de diseño y detalles, y el cuarto capítulo incluye las conclusiones y recomendaciones.

1.1 Antecedentes

Los bienes patrimoniales tienen importancia histórica en la memoria social y colectiva, lo que permite la construcción y fortalecimiento de la identidad de los pueblos. En la ciudad de Azogues, la Quinta San José, se posicionó como una obra arquitectónica notoria e histórica, la construcción fue realizada entre los años 1925 y 1932, mediante métodos constructivos propios de la zona y de la región. El uso de bahareque y madera son los más destacados los cuales manifiestan la cultura y arquitectura vernácula de la época [2].

Debido a la introducción de nuevas tecnologías constructivas, actualmente no se realizan construcciones a base de materiales naturales, como el bahareque, sin embargo, ciertas obras antiguas, patrimoniales o tradicionales, requieren de estos métodos constructivos para conservar su identidad.

En el año 2018 la Quinta San José, fue intervenida con fines de restauración, sin embargo, este proceso presentó falencias técnicas y de planificación, lo que afectó el sistema de madera y bahareque de la vivienda, debilitando la estructura de las paredes internas y elementos estructurales de madera, y exponiendo la vivienda a daños severos

En Ecuador existen diversos métodos constructivos con bahareque, como el bahareque con entramado de madera rústica relleno con arcilla, el bahareque mejorado con entramado de madera aserrada relleno con adobe prensado, y el bahareque prefabricado con entramado de madera aserrada relleno con paneles de bambú [3], siendo el primero el que será aplicado a este trabajo de titulación.

El ministerio de Cultura y Patrimonio declaró Patrimonio Cultural a treinta y ocho ciudades del Ecuador, y ha determinado que cerca del 30% de la población del país reside en casas patrimoniales [4].

Este proyecto ofrece una oportunidad única que permite documentar los procesos y métodos constructivos tradicionales en obras de rehabilitación patrimonial que sirvan como ejemplo para salvaguardar la integridad histórica y cultural de obras similares del país.

1.2 Localización

La Quinta San José está ubicada en la esquina de las calles José Joaquín de Olmedo y Cacique Tenemaza, zona 7 de la parroquia central de Azogues, de la ciudad de Azogues, provincia del Cañar, en Ecuador, siendo las coordenadas las indicadas en la Tabla 1.1 y su ubicación se muestra en la Figura 1.1.

Tabla 1.1: Coordenadas de ubicación de la Quinta San José

Coordenadas Geográficas	
Latitud	Longitud
2°44'27.6"S	78°50'42.9"W
Coordenadas UTM	
Coordenada en X	Coordenada en Y
739560.03 O	9696823.74 S
Altitud	
2.525	m.s.n.m

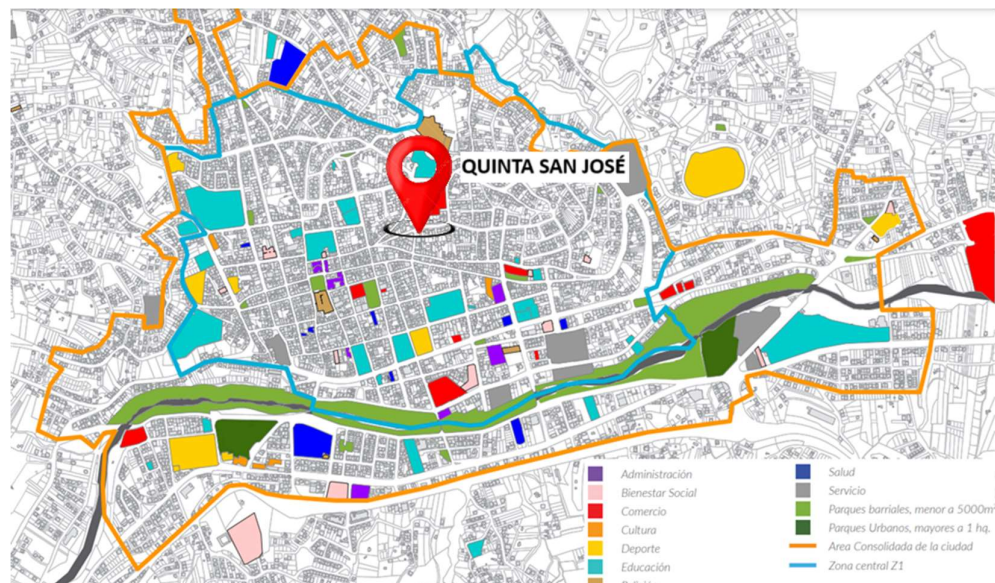


Figura 1.1: Topografía y dotación de equipos de la ciudad de Azogues [5]

1.3 Estudios previos

La municipalidad de la ciudad de Azogues en el año 2021 contrató los estudios y diseños técnicos para la rehabilitación de la obra patrimonial, consultoría denominada “Estudios integrales para la restauración de la Quinta San José Azogues - Ecuador”, la cual fue elaborada por la Empresa Pública Universidad de Cuenca, UCUENCA EP. Este estudio proporcionó información importante como diseños arquitectónicos, estructurales, de instalaciones y sus respectivas especificaciones técnicas, sin embargo, esta documentación no se ajusta en su totalidad a la realidad de la infraestructura, ya que al ser una construcción de materiales naturales como madera y bahareque se debe considerar técnicas adecuadas y especializadas para esta rehabilitación. Por tal motivo, se justifica la ayuda técnica que brinda este trabajo de titulación, garantizando así la funcionalidad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas durante el proceso de restauración.

Adicionalmente, en el año 2018 hubo una intervención realizada por profesionales de la ciudad. Sin embargo, esta intervención se realizó de manera empírica, generando daños en la estructura, principalmente perjudicando la estabilidad estructural al interrumpir la continuidad de las diagonales de las paredes de bahareque y afectando la estética del inmueble ocasionando muchos daños a la obra.

La información proporcionada por la consultoría “Estudios integrales para la restauración de la Quinta San José Azogues - Ecuador”, es importante para la investigación de este trabajo de titulación, porque detalla las condiciones actuales del inmueble, las técnicas constructivas originales y las patologías existentes, permitiendo entender las necesidades específicas de la rehabilitación.

Al contar con documentación técnica y de diseño, este trabajo de titulación puede enfocarse en áreas críticas, debiendo plantear métodos constructivos adecuados y técnicos para su rehabilitación. En esta investigación, se proporcionan procesos constructivos aplicables a la conservación y rehabilitación del patrimonio cultural, basadas en entrevistas, relatos orales, registros fotográficos, visitas de campo y análisis de materiales originales de madera y bahareque para evaluar su estado y proponer técnicas de rehabilitación adecuadas.

1.4 Definición del problema

Actualmente, la Quinta San José presenta un alto grado de deterioro afectado la conservación de la edificación patrimonial, especialmente de piezas estructurales de madera, paredes bahareque y cimentación, que son los componentes principales para garantizar la estabilidad de la edificación.

La vivienda está construida con una técnica tradicional que usa barro, carrizo y fibras naturales, por lo que, la problemática principal es, ¿cómo rehabilitar o restaurar piezas de madera y paredes de bahareque sin perder o comprometer el valor patrimonial de la edificación? En este sentido, cualquier intervención que se realice debe conservar materiales, técnicas y aspectos únicos, complementadas con métodos constructivos modernos que permitan la construcción de una nueva cimentación sin afectar la estabilidad de la casa patrimonial. Este proceso requiere la aplicación de métodos utilizados para "suspender" temporalmente la edificación. Secuencia que implica varios pasos para asegurar que el edificio permanezca en su lugar mientras se trabaja en su base; procedimiento que debe establecer una evaluación estructural y planificar su apuntalamiento de soporte temporal, excavación controlada, colocación de la nueva cimentación y transferencia gradual de carga. Para atender esta problemática se requiere de un estudio integral de rehabilitación patrimonial de la Quinta San José, que considere las técnicas adecuadas de conservación y rehabilitación de ingeniería y arquitectura, permitiendo el uso y accesibilidad a este bien inmueble y que, en un contexto global potencie el valor patrimonial y cultural de la Quinta San José.

1.5 Justificación

Al dotar de métodos y procesos constructivos de calidad en construcción de madera, bahareque y cimentación, que brinden funcionalidad a la Quinta San José, se devuelve a la ciudad de Azogues un espacio que rescate la cultura y la historia local, aprovechando los recursos disponibles y minimizando los impactos ambientales, considerando que, al utilizar materiales naturales, el gasto energético disminuye. Este enfoque se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente con el ODS 11: *“Ciudades y comunidades sostenibles”* y el ODS 12: *“Producción y consumo responsables”*, que entre sus objetivos está *“Redoblar los esfuerzos para proteger y*

salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo”, así como “... aumentar la urbanización inclusiva y sostenible” y “... reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización” [6].

Con la restauración de la Quinta San José no solo se busca revitalizar un espacio patrimonial, sino que también la posibilidad de generar un punto focal sobre políticas de urbanismo sostenible en la ciudad, a partir de la dotación de infraestructura urbana y de la dinamización cultural a partir de los servicios que ofrecerá a la comunidad.

Esta investigación tiene el potencial de sentar un precedente en el desarrollo de normativas relacionadas con la gestión del patrimonio en los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), tanto a nivel local como nacional, para futuros proyectos, promoviendo beneficios significativos para la ciudad al establecer una base sólida para la rehabilitación y conservación de edificaciones patrimoniales.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Desarrollar métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación patrimonial de la Quinta San José, mediante la aplicación de técnicas tradicionales y modernas, garantizando las condiciones de seguridad, estabilidad y firmeza estructural, para la conservación del bien patrimonial potenciando su valor cultural.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el estado de conservación de los elementos estructurales de madera, paredes de bahareque y cimentación, identificando los grados de deterioro y las necesidades específicas de rehabilitación.
- Proponer un sistema único para el apuntalamiento y soporte temporal del inmueble, suspendiendo la estructura durante el proceso de construcción de la nueva cimentación, utilizando métodos constructivos adecuados para evitar daños a los bienes patrimoniales.

- Proponer técnicas de rehabilitación y restauración que combinen métodos constructivos tradicionales y modernos, mediante la reutilización de materiales originales de las paredes de bahareque y madera sin comprometer su valor histórico cultural.
- Evaluar el costo de material, mano de obra y equipo que intervienen en la rehabilitación de la Quinta San José, que contribuyen a la reducción del impacto ambiental que generan los procesos constructivos.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Restauración de obras patrimoniales

Las obras patrimoniales, requieren conocer de técnicas de restauración para solucionar sus problemas de deterioro, que según la Carta Internacional de Venecia que en su apartado IX expresa: *“La restauración tiene un carácter especial, con la finalidad de conservar y demostrar los valores estéticos y auténticos de una obra o monumento, fundamentándose en el respeto a la esencia antigua y a la documentación histórica. Su límite está allí donde comienza la hipótesis: en el plano de las reconstituciones basadas en conjeturas, todo trabajo de complemento reconocido como indispensable por razones estéticas o técnicas aflora de la composición arquitectónica y llevará la marca de nuestro tiempo”* [7].

2.1.2 Restauración de obras patrimoniales en Ecuador

Las construcciones vernáculas forman parte del patrimonio cultural del Ecuador, tienen un valor incalculable, que sirven de ejemplo para el planteamiento de propuestas de métodos constructivos apropiados, los mismos que al ser bien elaborados, permitan la ejecución de programas nacionales de vivienda, mismos que responden a las necesidades de la sociedad. Por lo tanto, las formas, sistemas y técnicas constructivas vernaculares del Ecuador, son una expresión simbólica de nuestra cultura, transmitida de generación en generación [8].

Ecuador es conocido por tener diferentes culturas que caracterizan a su población y, una gran variedad de especies tanto en flora como en fauna, haciéndolo un país biodiverso a pesar de que tiene un área territorial pequeña, comparado con otros países de la región. Varios microclimas definen sus regiones: Costa, Sierra, Amazonía y Región Insular; consideraciones que se deben tomar en cuenta en la rehabilitación y restauración patrimonial. Esto implica desarrollar métodos constructivos, no de forma global, sino

dependiendo de la región del Ecuador, en este proyecto de titulación, la región Sierra, será la estudiada, ya que tiene diferentes características meteorológicas y geográficas con respecto a las otras regiones del Ecuador [9].

2.1.3 Maderas estructurales en el Ecuador

La madera es considerada uno de los mejores materiales para la construcción. La maleabilidad y su fácil adaptación a todos los lugares del mundo permitieron cubrir las necesidades de la población a lo largo de los años, consideración por la cual se sitúa como un material asequible para obras de diferentes características. Sin embargo, sus propiedades físicas y mecánicas dependen de las variables ambientales externas al árbol de origen en la zona en la que se encuentra. Su lugar de crecimiento, el clima, la edad de corte, el grado de humedad, la dirección de las fibras, entre muchos otros factores; determinan el uso correcto y la durabilidad que la madera pueda tener como material de construcción [10].

Una estructura de madera posee una elevada resistencia a la flexión, en proporción con su peso, lo que conlleva a la construcción de estructuras más ligeras. La relación de la resistencia / peso es 1,3 veces superior a la del acero y 10 veces a la del hormigón [11]. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en su capítulo Estructuras de madera (NEC-SE-MD), se considera como madera estructural a toda aquella que cumple con una densidad mínima de 400 kg/m³ [12].

Según el estudio Catálogo Madera Estructural Ecuador [10] “Para determinar los parámetros físicos y mecánicos de cada tipo de madera, basados en la metodología sugerida en el artículo *Strength Grading of the Structural Timber* [13], determinando la densidad de las muestras a una humedad aproximada del 12%, para posteriormente establecer el módulo de elasticidad de la madera en base a un ensayo de flexión no destructivo UNE- EN 408:2004, derivado de relaciones matemáticas establecidas en función del esfuerzo aplicado y la deformación obtenidos en probetas dimensionalmente proporcionadas en relación al tamaño de la prensa de ensayo del laboratorio; finalmente con el valor del módulo de elasticidad establecido se asumen las características mecánicas de la “clase resistente” determinadas en el Eurocódigo 5”. A continuación, se presentan las características y propiedades de maderas estructurales en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2:

Tabla 2.1: Características de maderas estructurales [10]

Capulí			
Características	Rango	Propiedad Arquitectónica	Rango
Altura del árbol (m)	12 – 13	Resistencia al agua	Mayor
Ø máximo del tronco (m)	0.50	Resistencia a plagas	Menor
Crecimiento	Medio	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.50		
Edad de corta final (años)	20	Textura	Mayor
		Brillo	Mayor
Edad de corta final (años)	20	Veteado longitudinal	Menor
		Veteado tangencial	Menor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Menor
Pino			
Altura del árbol (m)	20-40	Resistencia al agua	Medio
Ø máximo del tronco (m)	0.80-1.00	Resistencia a plagas	Mayor
Crecimiento	2m anual	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.3		
Edad de corta final (años)	15-25	Textura	Medio
		Brillo	Medio
Edad de corta final (años)	15-25	Veteado longitudinal	Medio
		Veteado tangencial	Mayor
Costo	Bajo	Veteado tangencial	Mayor
Ciprés			
Altura del árbol (m)	25-30	Resistencia al agua	Mayor
Ø máximo del tronco (m)	1.20	Resistencia a plagas	Menor
Crecimiento	Rápido	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.30		
Edad de corta final (años)	15-17	Textura	Medio
		Brillo	Mayor
Edad de corta final (años)	15-17	Veteado longitudinal	Medio
		Veteado tangencial	Medio
Costo	Medio	Veteado tangencial	Medio

Guayacán			
Altura del árbol (m)	Hasta 25	Resistencia al agua	Mayor
Ø máximo del tronco (m)	0.50-0.60	Resistencia a plagas	Medio
Crecimiento	Lento	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.40		Medio
Edad de corta final (años)	20-30	Brillo	Menor
		Veteado longitudinal	Mayor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Mayor
Abío			
Altura del árbol (m)	35	Resistencia al agua	Medio
Ø máximo del tronco (m)	1.00	Resistencia a plagas	Menor
Crecimiento	Medio	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.50		Medio
Edad de corta final (años)	20	Brillo	Medio
		Veteado longitudinal	Mayor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Mayor
Teca			
Altura del árbol (m)	20-30	Resistencia al agua	Mayor
Ø máximo del tronco (m)	0.60	Resistencia a plagas	Mayor
Crecimiento	Medio	Resistencia a factores externos	Mayor
Ø mínimo de corta (m)	0.30		Menor
Edad de corta final (años)	20	Brillo	Medio
		Veteado longitudinal	Menor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Menor
Roble			
Altura del árbol (m)	20-30	Resistencia al agua	Mayor
	0.50-0.60	Resistencia a plagas	Medio

Ø máximo del tronco (m)			
Crecimiento	Lento	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.30-0.40		Textura
Edad de corta final (años)	30	Brillo	Menor
		Veteado longitudinal	Mayor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Medio
Nogal			
Altura del árbol (m)	35	Resistencia al agua	Baja
Ø máximo del tronco (m)	0.30-1.30	Resistencia a plagas	Medio
Crecimiento	Medio		Resistencia a factores externos
Ø mínimo de corta (m)	0.30	Textura	Medio
Edad de corta final (años)	30	Brillo	Mayor
		Veteado longitudinal	Mayor
Costo	Alto	Veteado tangencial	Mayor

2.1.3.1 Eucalipto

El *Eucalyptus globulus* Labil forma parte de la familia de las *Mirtaceas*, subgénero *Symphyomyrtus*, conocido como eucalipto o gomero azul. Es una de las primeras especies en difundirse. El eucalipto es australiano; fue introducido en la sierra a alturas entre 2.200 y 3.200 msnm, al interior del callejón Interandino [14].

La madera de eucalipto se emplea en la fabricación de revestimientos y trabajos de carpintería, pero gracias a su dureza, esta madera es ampliamente utilizada en la construcción para la elaboración de elementos estructurales como columnas y vigas. Se caracteriza por su rápido proceso de secado, alcanzando un 20% de humedad en un período aproximado de 75 días [14]. Las características del eucalipto se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.2: Propiedades de maderas estructurales [10]

Propiedad Físicas	Rango								
	Capulí	Eucalipto	Pino	Ciprés	Guayacán	Abío	Teca	Roble	Nogal
Densidad (kg/m³)	724,81	827,04	614,29	625,12	867,47	831,27	683,34	574,61	550,68
Módulo de Elasticidad principal E0, principal (kgf/cm²)	127907,7	209666,91	154965,46	64104,15	200404,22	214865,63	159462,1	101127,91	116891,7
Clase resistente	C30	C30	C30	C14	C30	C30	C30	C22	C27
Módulo de Cortante principal Gprincipal (kgf/cm²)	7647,9	7647,9	7647,9	4486,8	7647,9	7647,9	7647,9	6424,2	7342,0
Resistencia a flexión $f_{m,k}$ (kgf/cm²)	305,9	305,9	305,9	142,8	305,9	305,9	305,9	224,3	275,3
Resistencia a tracción 0 $f_{t,0,k}$ (kgf/cm²)	183,5	183,5	183,5	81,6	183,5	183,5	183,5	132,6	163,2
Resistencia a tracción 90 $f_{t,90,k}$ (kgf/cm²)	6,1	6,1	6,1	4,1	6,1	6,1	6,1	5,1	6,1
Resistencia a compresión 0 $f_{c,0,k}$ (kgf/cm²)	234,5	234,5	234,5	163,2	234,5	234,5	234,5	203,9	224,3
Resistencia a compresión 90 $f_{c,90,k}$ (kgf/cm²)	27,5	27,5	27,5	20,4	27,5	27,5	27,5	24,5	26,5
Resistencia a cortante f_v,k (kgf/cm²)	30,6	30,6	30,6	17,3	30,6	30,6	30,6	24,5	28,6

Tabla 2.3: Características del eucalipto [10]

Eucalipto			
Altura del árbol (m)	30 – 40	Resistencia al agua	Medio
Ø máximo del tronco (m)	1	Resistencia a plagas	Mayor
Crecimiento	5 – 25 m ³ /ha/año	Resistencia a factores externos	Medio
Ø mínimo de corta (m)	0.30	Textura	Medio
Edad de corta final (años)	12-15	Brillo	Medio
		Veteado longitudinal	Medio
Costo	Bajo	Veteado tangencial	Mayor

2.1.4 Tipos de uniones en madera

Existen diversos tipos de uniones que se emplean en carpintería y construcción para ensamblar elementos de madera. Se aceptan otro tipo de uniones siempre y cuando los fabricantes y constructores cumplan con las normas aceptadas internacionalmente.

2.1.4.1 Unión con clavos

En el mercado están disponibles clavos con cuerpo liso o acanalado, elaborados a partir de alambres con un bajo contenido de carbono. Estos elementos de fijación son ampliamente utilizados debido a su simplicidad y facilidad de uso para unir elementos o piezas de madera. Su aplicación en uniones está regulada por la norma NCh1198, la cual establece especificaciones técnicas en conjunto con la norma NCh1269 Of90. Los clavos tienen la capacidad de transmitir esfuerzos entre distintos elementos, sin embargo, su pequeña sección transversal y su flexibilidad pueden generar deformaciones. Cuando la carga transmitida supera su capacidad, pueden presentarse problemas como la flexión del clavo o el rajado de la madera debido a su longitud y su reducido momento de inercia [15].

2.1.4.2 Unión con clavos lanceros

El sistema de fijación de madera, mediante la colocación de clavos inclinados a un ángulo de 30 grados, con la pieza donde queda incrustado la cabeza del clavo a una distancia aproximada de 1/3 del largo del clavo, longitud del extremo de dicho elemento, hay que tomar en cuenta que las cargas obtenidas, tanto de extracción directa como lateral en un clavo colocado con una inclinación, ya sea perpendicular a la fibra o paralela, está determinado mediante la norma NCh 1198 Of91 [15]. Los diámetros y longitudes de los clavos se muestran en la Tabla 2.4 y la representación gráfica en la Figura 2.1:

Tabla 2.4: Diámetros y longitudes de los clavos

TIPO	DIÁMETRO	LONGITUD	CABEZA	No. APROX.
	mm	mm	mm	Clavos/kg
20 x 1,50	1,50	20	3,38	3600
25 x 1,70	1,70	25	3,83	2243
30 x 1,70	1,70	30	3,83	1867
40 x 1,70	1,70	40	3,83	1401
40 x 2,15	2,15	40	4,84	876
50 x 2,80	2,80	50	6,30	413
65 x 3,45	3,45	65	7,76	209
65 x 3,10	3,10	65	6,98	259
75 x 3,80	3,80	75	8,55	149
90 x 4,20	4,20	90	8,40	102
100 x 5,20	5,20	100	10,40	59
125 x 5,60	5,60	125	11,20	41

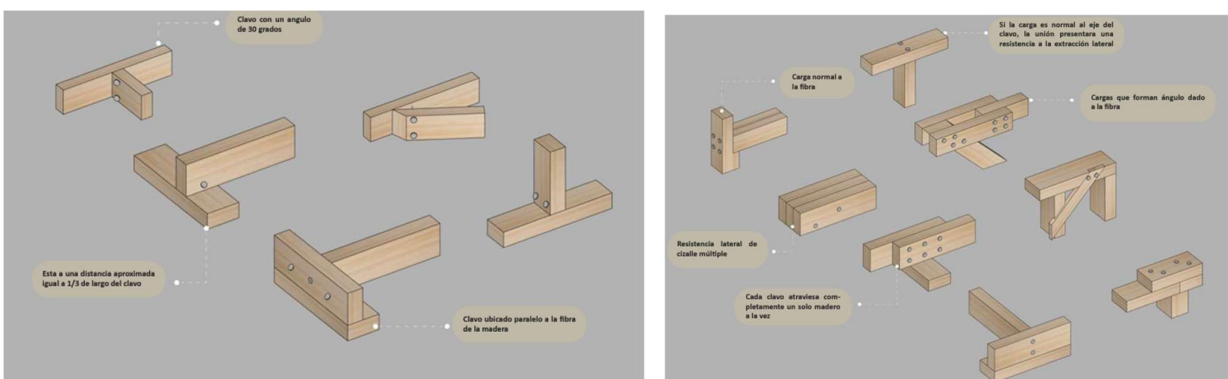


Figura 2.1: Unión Mediante Clavos y Clavos Lanceros [15]

2.1.4.3 Unión mediante pernos

El perno de acero se aplica sobre elementos de madera, los cuales atraviesan al lado posterior para ser ajustado con una rosca de acero y anillo de presión, obteniendo tensiones de aplastamiento en la madera, las especificaciones de pernos deben cumplir con la norma NCh 300, esta debe tener un diámetro que permitan una rápida y eficaz colocación, teniendo en cuenta los agujeros de la madera, los cuales deben cumplir con un mayor diámetro, dependiendo del tamaño del perno en mm, este se establece entre 10 y 30mm [15]. La representación gráfica se presenta en la Figura 2.2:

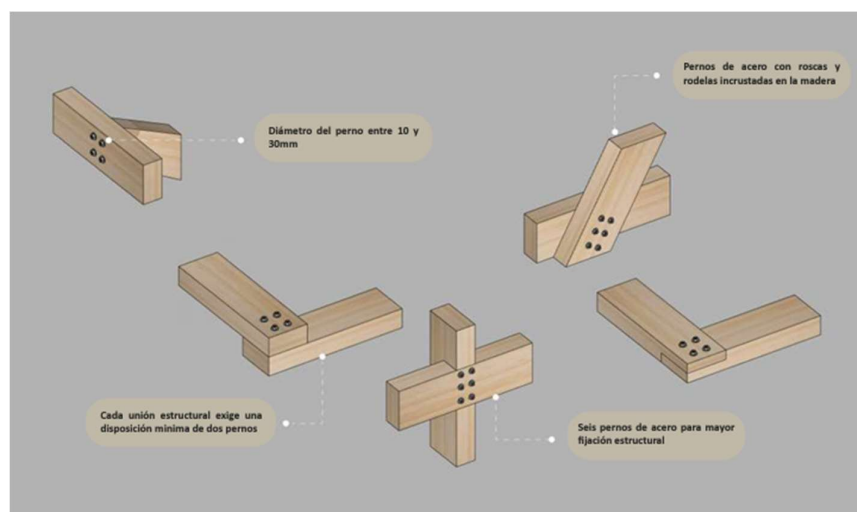


Figura 2.2: Unión Mediante Pernos [15]

Además, existen casos de uniones de madera donde los pernos no podrán atravesar al lado posterior para ser ajustado, por lo que es necesario aplicar pernos todo rosca con cabeza cilíndrica. El roscado profundo y el acero de alta resistencia ($f_{y,k} = 1000 \text{ N/mm}^2$) de los tornillos para madera garantiza alto rendimiento a la tracción. Son perfectos para acoplamiento de vigas y columnas en la restructuración y en nuevas intervenciones [16]. La desviación del tornillo con respecto a la dirección de atornillado a menudo ocurre durante la fase de instalación. Este fenómeno está relacionado con la configuración del material de madera, que no es homogéneo ni uniforme, por ejemplo, debido a la presencia localizada de nudos o a las propiedades físicas que dependen de la dirección de la fibra. La habilidad del operador también desempeña un papel importante. El uso de un agujero piloto o guía facilita la inserción de los pernos, especialmente de los largos, y permite asegurar una dirección de inserción muy precisa [16]. Las dimensiones de pernos toda rosca se muestra en la Tabla 2.5 y su representación gráfica en la Figura 2.3:

Tabla 2.5: Dimensiones de pernos toda rosca [16]

d₁	L	b	d₁	L	b	d₁	L	b	d₁	L	b
[mm]	[mm]	[mm]	[in]	[in]	[in]	[mm]	[mm]	[mm]	[in]	[in]	[in]
9	440	430	0.36	17 1/4"	16 15/16"	7	80	70	0.28	3 1/8"	2 3/4"
9	480	470	0.36	19"	18 1/2"	7	100	90	0.28	4"	3 1/2"
9	520	510	0.36	20 1/2"	20 1/16"	7	120	110	0.28	4 3/4"	4 3/8"
9	560	550	0.36	22"	21 5/8"	7	140	130	0.28	5 1/2"	5 1/8"
9	600	590	0.36	23 5/8"	23 1/4"	7	160	150	0.28	6 1/4"	6"
11	150	140	0.44	6"	5 1/2"	7	180	170	0.28	7 1/8"	6 3/4"
11	200	190	0.44	8"	7 1/2"	7	200	190	0.28	8"	7 1/2"
11	250	240	0.44	10"	9 1/2"	7	220	210	0.28	8 5/8"	8 1/4"
11	275	265	0.44	10 7/8"	10 7/16"	7	240	230	0.28	9 1/2"	9 1/16"
11	300	290	0.44	11 3/4"	11 7/16"	7	260	250	0.28	10 1/4"	10"
11	325	315	0.44	12 3/4"	12 3/8"	7	280	270	0.28	11"	10 5/8"
11	350	340	0.44	13 3/4"	13 3/8"	7	300	290	0.28	11 3/4"	11 7/16"
11	375	365	0.44	14 3/4"	14 3/8"	7	320	310	0.28	12 5/8"	12 3/16"
11	400	390	0.44	15 3/4"	15 3/8"	7	340	330	0.28	13 3/8"	13"
11	425	415	0.44	16 3/4"	16 5/16"	7	360	350	0.28	14 1/4"	13 3/4"
11	450	440	0.44	17 3/4"	17 1/4"	7	380	370	0.28	15"	14 9/16"
11	475	465	0.44	18 11/16"	18 5/16"	7	400	390	0.28	15 3/4"	15 3/8"
11	500	490	0.44	19 3/4"	19 5/16"	9	160	150	0.36	6 1/4"	6"
11	525	515	0.44	20 11/16"	20 1/4"	9	180	170	0.36	7 1/8"	6 3/4"
11	550	540	0.44	21 5/8"	21 1/4"	9	200	190	0.36	8"	7 1/2"
11	575	565	0.44	22 5/8"	22 1/4"	9	220	210	0.36	8 5/8"	8 1/4"
11	600	590	0.44	23 5/8"	23 1/4"	9	240	230	0.36	9 1/2"	9 1/16"
11	650	640	0.44	25 9/16"	25 3/16"	9	260	250	0.36	10 1/4"	10"
11	700	690	0.44	27 1/2"	27 3/16"	9	280	270	0.36	11"	10 5/8"
11	750	740	0.44	29 1/2"	29 1/8"	9	300	290	0.36	11 3/4"	11 7/16"
11	800	790	0.44	31 1/2"	31 1/8"	9	320	310	0.36	12 5/8"	12 3/16"
11	850	840	0.44	33 7/16"	33 1/16"	9	340	330	0.36	13 3/8"	13"
11	900	890	0.44	35 1/2"	35 1/16"	9	360	350	0.36	14 1/4"	13 3/4"
11	950	940	0.44	37 3/8"	37"	9	380	370	0.36	15"	14 9/16"
11	1000	990	0.44	39 3/8"	39"	9	400	390	0.36	15 3/4"	15 3/8"

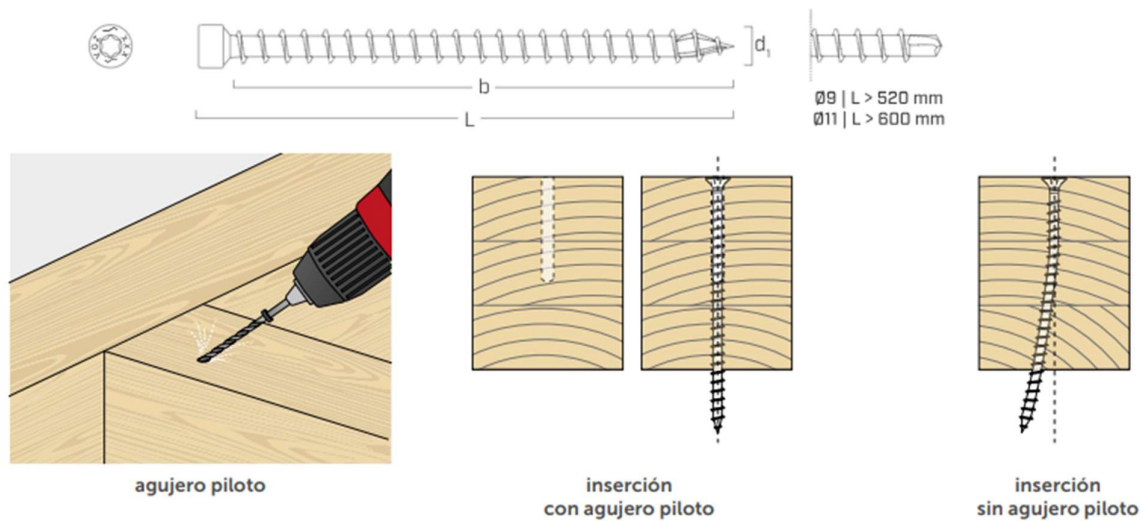


Figura 2.3: Unión mediante pernos tipo rosca [16]

2.1.4.4 Ensamblajes madera-madera:

La formación de un ángulo resulta de la unión de dos piezas de madera separadas. Las piezas suelen estar alineadas de manera que sean perpendiculares entre sí en un ángulo de noventa grados, aunque pueden adoptar diversas orientaciones alternativas. Resulta difícil describir todos los tipos de ensamblaje que existen, ya que, tanto en Occidente como en Oriente, los hombres vivían alejados los unos de los otros debido a las grandes distancias entre ambas regiones, y cada individuo tenía su propio método de conexión y ensamblaje de la madera, pero a continuación se destacan [17]:

2.1.4.5 Ensamblajes caja-espiga:

Se trata de uno de los ensamblajes más utilizados en carpintería, y puede construirse de muy diversas maneras para adaptarse a los requisitos de un determinado proyecto. Por ejemplo, el ensamblaje de caja y espiga puede construirse sin remate, con remate, con remate y cuña, etc., dependiendo de los requisitos de la tarea en cuestión [17], según se muestra en la Figura 2.4:

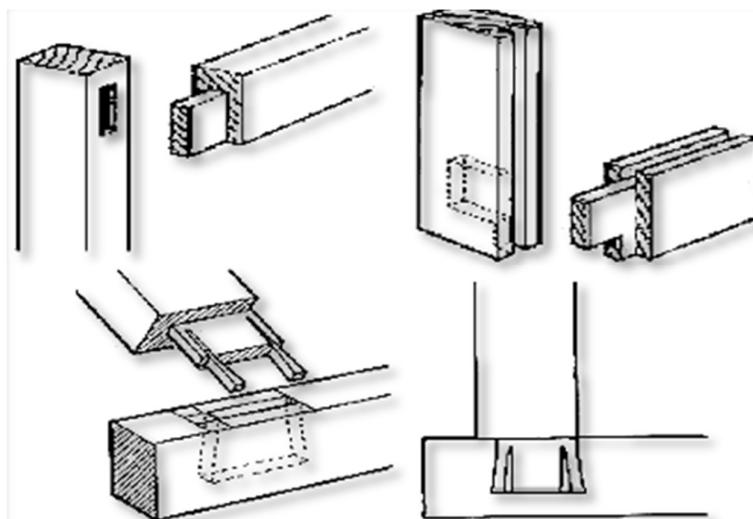


Figura 2.4: Ensamblajes caja-espiga [17]

2.1.4.6 Ensamblajes a media madera:

Similares a las uniones de caja y espiga, las uniones de media madera consisten en la unión de dos piezas de madera de igual grosor que crean un ángulo determinado entre ellas y se unen por los extremos, por el centro de una de ellas o cruzándose [17], según se muestra en la *Figura 2.5*:

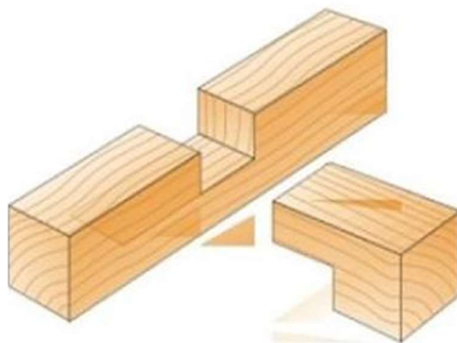


Figura 2.5: Ensamblajes a media madera [17]

2.1.4.7 Ensamblajes a rayo de júpiter:

La separación entre las piezas en este caso es angular, y la longitud de la unión puede oscilar entre 2,5 y 5 veces la altura de la sección. Esta forma de conexión necesita bridas para su fijación, y ofrece una superficie significativamente menor para la resistencia a los esfuerzos tangenciales [17], según se muestra en la *Figura 2.6*:



Figura 2.6: Ensamblajes a rayo de júpiter

2.1.4.8 Machihembrado:

La construcción de la junta se denomina "machihembrado" porque se crea uniendo una "lengüeta", también conocida como "macho", y una "ranura". Este tipo de unión es uno de los más empleados en carpintería, lo que llevó a la comercialización de un tablero con el mismo nombre. Estos salientes permiten unir el tablero de forma machihembrada [17], según se muestra en la Figura 2.7:



Figura 2.7: Ensamble machihembrado [17]

2.1.5 Tratamiento de conservación para madera

Actualmente la estructura de madera de la Quinta San José presenta polilla en sus elementos que han debilitado los elementos estructurales, por ende, deben ser cambiados, es importante el uso de un producto oleosoluble o hidrosoluble que evite que nuevamente se dañen las piezas estructurales.

La madera deberá ser sometida a un tratamiento inmunizante con algún tipo de preservante, a efectos de aumentar su durabilidad y resistencia a los agentes biológicos deteriorantes y/o al fuego o procesos de intemperización [12].

De acuerdo con su origen o naturaleza, los preservantes para madera se clasifican básicamente en:

- Creosotas.
- Oleosolubles u orgánicos.
- Hidrosolubles o inorgánicos.

Creosotas: Pueden ser ordinarias, líquidas y una mezcla de creosotas.

Preservantes oleosolubles: Conocidos también como orgánicos, existen naftenatos, pentaclorofenato de sodio, pentaclorofenol, óxido tributil estánico y quinolinolato de cobre. Son de gran toxicidad para los agentes biológicos, y presentan cualidades muy importantes, como: no son corrosivos, tienen gran poder de penetración y no son inflamables una vez que el solvente se ha evaporado [12].

Preservantes hidrosolubles: Conocidos como inorgánicos, existe la sal simple, sal doble, multisal tipo ACA, CCA o CCB, estas sales son muy eficientes para la protección de la madera que se encuentra en contacto con el suelo y en condiciones de humedad. Presentan ventajas como solventes, permiten una gran penetración en la madera y no son peligrosos ante el fuego. Sin embargo se debe tener presente su alta toxicidad para seres vivos [12].

Ataque externo de microorganismos a la madera: Cuando la madera es atacada por polilla, pierde parte de su resistencia mecánica, lo que puede hacer que los elementos estructurales de madera apolillados se deformen y fallen bajo cargas de servicio normales. La madera apolillada no puede transferir cargas debido a la reducción de su sección transversal. Esto provoca un aumento de las secciones restantes, lo que debilita aún más la madera y reduce su capacidad de carga. Como resultado, utilizarla como elemento estructural en una vivienda presenta graves problemas [18].

2.1.6 El bahareque en edificaciones patrimoniales

El bahareque es una técnica tradicional de las zonas andinas que se configura mediante una estructura de muros entramados estructurales de madera y carrizo, apoyados sobre las soleras y arriostradas superior e inferiormente por vigas de amarre [19]. Las paredes son la envolvente de la vivienda, sus componentes como la tierra, el carrizo la cabuya, y la paja para su elaboración, tienen cualidades de inercia térmica que permite mantener una temperatura de confort en el interior de los espacios.

El bahareque ha sido una técnica que se ha utilizado en la arquitectura latinoamericana a través de la historia, gracias a su bajo costo y a su desempeño en tecnologías constructivas sismo resistente [20].

Este sistema constructivo contiene los siguientes elementos y se muestra su representación gráfica en la Figura 2.8:

1. Paredes: Las paredes de este tipo de sistema oscilan entre los 10 cm y 20 cm, por lo que debido a su tamaño no funcionan como elemento estructural, están compuestas por un entramado de madera sobre el cual se vierte el revoque de barro.
2. Solera: Piezas de madera dispuestas longitudinalmente, sobre la base de la cimentación, las cuales funcionan como amarre entre columnas.
3. Columnas: Consiste en piezas de madera según la dimensión requerida en los planos estructurales del proyecto, estos elementos generalmente de eucalipto, debido a su fácil acceso en la región Sierra de Ecuador, serán ensambladas entre sí para conformar la estructura de soporte de la edificación.
4. Viga: Son componentes horizontales (vigas y viguetas) que se colocan después que se hayan colocado los elementos verticales.
5. Viguetas horizontales: Antepechos y umbrales.
6. Cruz de San Andrés: Son elementos de madera que se colocan en forma de cruz que sirve como estructura principal de la pared de bahareque, sobre la cual se colocará el entramado de carrizo que servirá de soporte para el embutido, revoque y empañete.

7. Enchacleado: Entramado horizontal para soporte de barro de relleno, generalmente realizado con carrizo.
8. Bitoques: Son elementos de madera que se colocan de manera vertical, entre vigas y trinquetes.

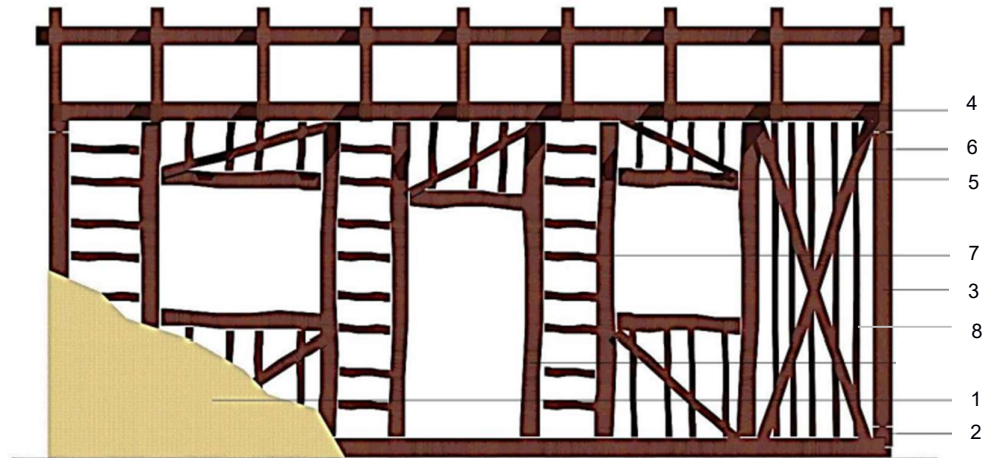


Figura 2.8: Sistema Constructivo de Madera y Bahareque [9]

2.1.7 Cimentación:

Elemento estructural y construcción cuya función principal es la transferencia adecuada de las cargas de las edificaciones al subsuelo, clasificadas como superficiales o profundas [21].

2.1.7.1 Zapata corrida en una dirección

Las zapatas corridas en una dirección son elementos estructurales en los que la longitud supera al ancho, se utilizan para cimentar muros o elementos longitudinales continuos, es decir soportan varias columnas o un muro y estos pueden ser de concreto reforzado o mampostería y madera [22].

2.1.7.2 Viga de zapata

Es un elemento estructural que conecta zapatas individuales o corridas para asegurar estabilidad ante cargas excéntricas y evitar asentamientos diferenciales. Su función principal es redistribuir cargas y proporcionar rigidez a la cimentación, especialmente en suelos desiguales.

2.1.7.3 Innovación constructiva para cimentación.

Se trata de un sistema moderno y adaptable, que combina el uso de andamios estructurales de alta capacidad de carga, originalmente diseñados para estructuras como puentes, y vigas de madera de eucalipto y equipos mecánicos adecuados como gatos hidráulicos. Esta técnica permite redistribuir de manera segura las cargas de edificaciones patrimoniales, garantizando la integridad de elementos artísticos y arquitectónicos sensibles, como murales históricos, durante procesos de intervención profunda, como la construcción de una nueva cimentación.

En el caso específico de la Quinta San José, este sistema se implementa para soportar toda la estructura mientras se desarrolla una nueva cimentación de zapatas corridas. La combinación de tecnología moderna y materiales naturales representa un enfoque innovador y respetuoso con el patrimonio, asegurando tanto la preservación del valor histórico como la viabilidad estructural de la edificación a largo plazo.

2.1.8 Normas y Códigos

2.1.8.1 Normas Ecuatorianas

Dentro del territorio nacional la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, publicada en el Registro oficial, MIDUVI, Año II, Nro. 413, el 10 de enero de 2015, determina el marco normativo de cumplimiento mínimo obligatorio tanto para el análisis, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento y conservación de los sistemas estructurales, con el fin de satisfacer los requisitos básicos de seguridad, estabilidad y aptitud de servicio de las edificaciones, las normas nacionales utilizadas para este estudio son:

- NEC-SE-CG. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Cargas (No Sísmicas).
- NEC-SE-DS. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente.
- NEC-SE-RE. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras.
- NEC-SE-GM. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Geotecnia y diseño de cimentaciones.

- NEC-SE-HM. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de Hormigón armado.
- NEC-SE-MD. Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de madera.
- NEC – SE – GUADÚA. Estructuras de Guadúa.

2.1.8.2 Normas, códigos y reglamentos Internacionales

Además del uso de la normativa nacional, los siguientes códigos, reglamentos y estándares internacionales sirvieron de respaldo para el análisis, cálculo y diseño de las edificaciones de este estudio:

- ACI 318-14. Building Code Requirement for Reinforced Concrete, American Concrete Institute (ACI).
- ASCE 7-16. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers (ASCE).
- CTE-DB-SE-M-2019. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad Estructural, Madera, Ministerio de Fomento, Gobierno de España.
- NTE INEN-ISO 80000-1:2014 Cantidades y Unidades – Parte 1: Generalidades (ISO 800001:2009, IDT),
- ISO 22156: 2004 Bamboo - Structural Design.
- ISO/22157-1: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- ISO/22157-2: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual.
- Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2009.
- Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada. Anexo – Resolución Ministerial Nro. 121-2017-Vivienda.
- ASTM C-136: "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates"
- ASTM D-143: "Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber"

2.2 Marco Metodológico

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación sobre la restauración integral de la Quinta San José, la metodología con la que se realizó este proyecto fue mediante el método cascada, con base en las siguientes consideraciones:

- **Tipo de proyecto:** El objetivo del proyecto es desarrollar métodos constructivos en madera y bahareque para una rehabilitación patrimonial, por lo que esta investigación fue de tipo de investigación descriptiva.
- **Enfoque de la investigación:** Se utilizó un enfoque cuantitativo y cualitativo para la recolección y análisis de datos existentes como parte de la investigación.

Las actividades desarrolladas se muestran en la Figura 2.9:



Figura 2.9: Actividades el marco metodológico

1. **Trabajo de campo y levantamiento de datos:** Se realizó un levantamiento de datos en el sitio con expertos en construcciones, estructuras y geotecnia para establecer los daños existentes, estructurales como no estructurales, haciendo levantamiento de los datos encontrados.

2. **Tabulación de datos, análisis probables de causas:** Con los datos recogidos de campo, se analizó cual es la causa de los daños en los elementos estructurales y no estructurales.
3. **Reconstrucción de planos:** En este proyecto se nos facilitó los planos de la Quinta San José, no hubo necesidad de reconstrucción de planos.
4. **Trabajo de laboratorio, ensayos destructivos y no destructivos:** Se realizó los ensayos necesarios para madera y suelos, aplicando a los elementos estructurales y no estructurales.
5. **Interpretación de ensayos:** Los resultados de los ensayos permitirán dar consejos técnicos para la rehabilitación del inmueble.
6. **Desarrollo de métodos constructivos:** En base a la información disponible se desarrolló los métodos constructivos que permitirán brindar estabilidad y conservación de la estructura.
7. **Diseño de soluciones y planos:** Se realizó diseño de los planos detallando métodos constructivos y especificaciones técnicas.
8. **Análisis de costos:** Sobre los métodos constructivos planteados se evaluó un análisis de costos que implica este tipo de rehabilitación en comparación con otros métodos de rehabilitación.
9. **Conclusiones y recomendaciones:** Se propuso los métodos constructivos idóneos para cada elemento estructural que se analizó.

2.2.1 Trabajo de campo

Se realizó el levantamiento de datos en el sitio con expertos en construcciones, estructuras y geotecnia, para establecer los daños existentes, estructurales como no estructurales, con la finalidad de levantar las fichas de inspección visual, mismas que constan en el Anexo A.

Se encontró diferentes tipos de patologías, las cuales se originaron debido a los siguientes trabajos:

- En una primera etapa (en los bloques A y B) previo a la consultoría, en donde se realizaron correcciones y nivelación de la estructura, debido al hundimiento en parte de la cimentación y remplazo de estructura portante, pisos de algunas habitaciones y espacios. Además, se hicieron trabajos de las partes dañadas por el hundimiento en los muros de la planta de sótano. Debido a estas intervenciones se produjeron las trizaduras y fisuras en las paredes de la estructura, las que se sumaron a las fisuras y deformaciones provocadas por el hundimiento de los muros y la cimentación.
- En una segunda etapa (en los bloques A y B) los trabajos de intervención realizados previo a la consultoría en donde, se realizaron cambios de piezas de madera, refuerzos de pisos y vigas de soporte, además, el retiro del 80% aproximadamente de la cubierta del bloque B y el retiro casi total de la cubierta original del bloque A, está retirada casi en su totalidad, encontrándose protegida la edificación con la sobrecubierta temporal. Debido a estas intervenciones se produjeron perforaciones en paredes, rotura de partes constitutivas del bahareque, rotura de enchacleado (entramado horizontal para soporte de barro de relleno, generalmente realizado con carrizo) en cielo raso y desprendimiento de revoques.

La ubicación de las patologías de la Quinta San José se muestra esquemáticamente la siguiente distribución en la Figura 2.10 y una muestra de la inspección visual en la Figura 2.11:

Bloque A (Tres pisos incluido el sótano)

Bloque B (Cuatro pisos incluido el sótano)

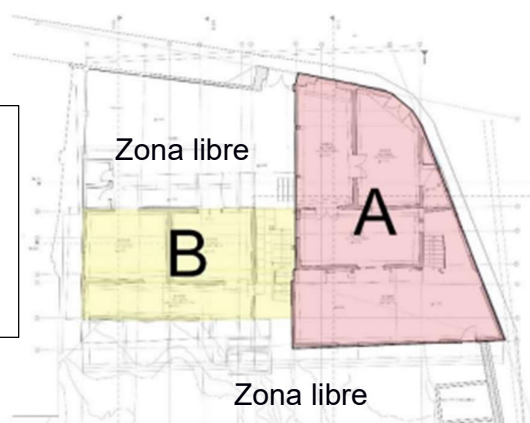


Figura 2.10: Distribución esquemática de la Quinta San José

INSPECCION VISUAL ANEXO A										
INSTITUCIÓN:	Escuela Superior Politécnica del Litoral					LEVANTO:	Sebastián Valencia, Katerine Chunata			
OBRA:	Quinta San José del Municipio de Azogues					FECHA:	13-12-2024 al 15-12-2024			
CIUDAD:	Azogues									
UBICACIÓN:	Calles José Joaquín de Olmedo y Cacique Tenemaza									
BLOQUE	NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	FOTOGRAFÍA EN OBRA
			ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL		Grieta	Fisura	Otros		
A	Sótano	Sótano	VIGA		Constructiva			X	Xilófagos en vigas de entrepiso	
A	Sótano	Sótano		MURO	Constructiva			X	Desprendimiento de material en muros	
A	Planta Baja	Habitación	VIGA		Constructiva			X	Fendas de secado en vigas de entrepiso	
A	Planta Baja	Habitación	MURO		Constructiva	X			Grieta en muro de bahareque	

Figura 2.11: Muestra inspección visual

2.2.2 Trabajo de laboratorio o gabinete

2.2.2.1 Ensayo de suelos:

Los estudios integrales para la restauración de la Quinta San José de la ciudad de Azogues incluyen un estudio geotécnico del sitio sobre el cual se asienta la estructura; esta revisión geotécnica pretende determinar la estratigrafía del terreno de fundación, las propiedades de los materiales presentes y su respuesta frente a cargas impuestas y asentamiento.

Para llegar a establecer la calidad del suelo sobre el cual se asienta la Quinta San José, se requiere realizar una revisión de la información existente, principalmente la información geológica del lugar; posteriormente, es necesario establecer la estratigrafía en el sitio. Adicionalmente es necesario determinar las propiedades del suelo a través de ensayos en laboratorio y finalmente calcular su capacidad portante del suelo.

Dentro de la exploración geotécnica, se realizan dos calicatas, las mismas que permiten determinar la estratigrafía del sitio y establecer si el nivel freático se encuentra próximo a la superficie. Se ejecutan además dos perfiles de respuesta del suelo frente al ensayo de corte con veleta (shear vane test), estos ensayos permitirán establecer las propiedades mecánicas del suelo y aportan con la información necesaria para determinar la capacidad portante del material. Finalmente, de cada calicata se obtienen muestras de cada tipo de suelo encontrado, para determinar su granulometría, límites de Atterberg y humedad natural.

La primera calicata se ubica en la parte central sur del ala este de la quinta, en las coordenadas UTM (WGS84) 739552 E, 9696806 N, zona 17S. Se excava junto a un muro perimetral que se profundiza 0.4 m en el suelo, como se muestra en la Figura 2.12.



Figura 2.12: Excavación de primera calicata [23]

La segunda calicata se ubicó en la parte central norte del ala oeste, con las coordenadas UTM (WGS84) 739548 E, 9696824 N, zona 17 S. La profundidad de excavación llegó a 2.8m. El resultado obtenido se muestra en la Figura 2.13



Figura 2.13: Excavación de segunda calicata [23]

Las dos calicatas ejecutadas en el sitio permiten acceder a la estratigrafía del lugar, como se representa en la Figura 2.14.

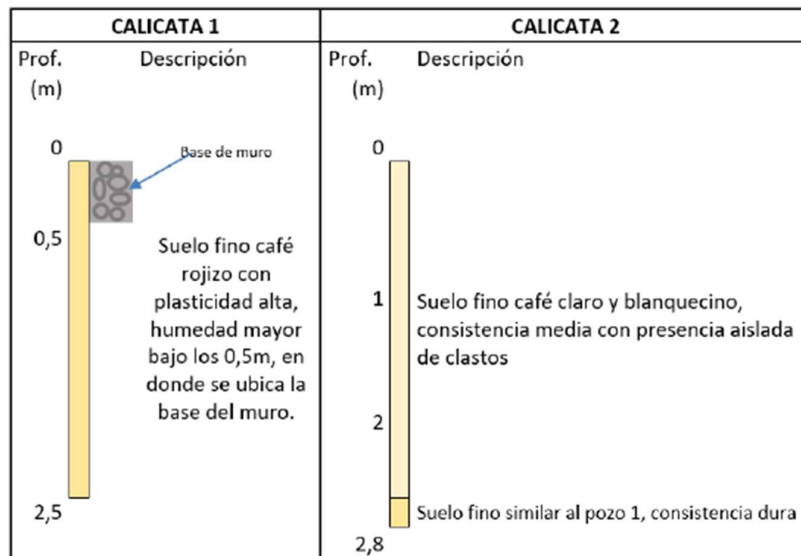


Figura 2.14: Estratigrafía de calicatas [23]

Respecto a la presencia de nivel freático, no se halló indicios de capa freática hasta la profundidad de excavación, además tomando en consideración la resistencia del suelo a 2.8m de profundidad, la topografía del sitio y su lejanía a cualquier fuente de agua natural, se esperaría encontrar nivel freático lo suficientemente profundo para influir en las propiedades del material de cimentación.

- **Perforación Nro.1 – Profundidad 0.50 metros**

El análisis granulométrico de esta perforación se puede visualizar en la Tabla 2.6 y los límites de Atterberg en la Tabla 2.7:

Tabla 2.6: Perforación Nro. 1 – Profundidad 0.50 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz PERFORACIÓN: # 1 PROFUNDIDAD: 0.50m DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo elástico MH FECHA: 19/01/2021	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	ASTM D 2487
Masa inicial del suelo (m) – 835.65 gr	

Tamiz #	Abertura del tamiz (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75	3.96	4.00	0.47	0.47	99.53
8	2.36	14.03	17.99	1.68	2.15	97.85
10	2.00	3.57	21.56	0.43	2.58	97.42
16	1.18	17.45	39.01	2.09	4.67	95.33
20	0.85	6.32	45.33	0.76	5.42	94.58
30	0.60	3.61	48.94	0.43	5.86	94.14
40	0.425	2.10	51.04	0.25	6.11	93.89
50	0.30	1.35	52.39	0.16	6.27	93.73
100	0.15	2.22	54.61	0.27	6.54	93.46
200	0.075	0.64	55.25	0.08	6.61	93.39
Fondo		780.40	835.65	93.39	100.00	

Tabla 2.7: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 1 – Profundidad 0.50 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José						
UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues					FECHA: 15/01/2021	
SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz						
PERFORACIÓN: Pozo 1						
PROFUNDIDAD: 0.50m						
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLASTICO						ASTM D 4318
HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
27		94.62	81.82	39.67	30.40	29.60
190		106.93	93.90	49.76	29.50	
73		95.82	83.86	42.66	29.00	
LÍMITE LIQUIDO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
186	32	62.33	58.16	50.18	52.30	51.90
34		50.49	46.94	40.04	51.40	
77	15	55.49	51.73	45.03	56.10	56.00
78		54.98	51.77	46.04	56.00	

42	21	52.16	47.10	37.75	54.10	54.50
47		64.53	58.67	47.99	54.90	
15	28	60.20	54.78	44.89	54.80	52.40
24		55.41	50.67	41.20	50.10	
95	26	56.50	51.39	41.78	53.20	52.90
85		56.50	51.94	43.29	52.70	
LÍMITE PLASTICO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
92		44.45	43.48	41.08	40.40	39.70
10		48.23	47.27	44.81	39.00	

- **Perforación Nro.2 – Profundidad 0.50 metros**

El análisis granulométrico de esta perforación se puede visualizar en la Tabla 2.8 y los límites de Atterberg en la Tabla 2.9.

Tabla 2.8: Perforación Nro. 2 – Profundidad 0.50 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz PERFORACIÓN: # 2 PROFUNDIDAD: 0.50m DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa SM FECHA: 19/01/2021						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						ASTM D 2487
Masa inicial del suelo (m) – 1000.49 gr						
Tamiz #	Abertura del tamiz (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75	249.30	249.30	24.91	24.91	75.09
8	2.36	75.86	325.12	7.58	32.50	67.50
10	2.00	13.23	338.35	1.32	33.82	66.18
16	1.18	51.25	389.60	5.12	38.94	61.06
20	0.85	30.90	420.50	3.09	42.03	57.97

30	0.60	27.70	448.22	2.77	44.80	55.20
40	0.425	34.79	483.01	3.48	48.28	51.72
50	0.30	30.40	513.38	3.04	51.31	48.69
100	0.15	63.88	577.26	6.38	57.70	42.30
200	0.075	45.12	622.38	4.51	62.21	37.79
Fondo		378.11	1000.49	37.79	100.00	

Tabla 2.9: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 2 – Profundidad 0.50 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José						
UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues					FECHA: 15/01/2021	
SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz						
PERFORACIÓN: Pozo 2						
PROFUNDIDAD: 0.50m						
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLASTICO						ASTM D 4318
HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
45		89.25	80.38	44.52	24.70	25.50
121		89.39	79.26	41.96	27.20	
140		91.23	81.43	41.61	24.60	
LÍMITE LIQUIDO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
73	24	50.94	48.25	42.64	48.00	47.50
54		48.62	46.47	41.90	47.00	
45	20	51.42	49.20	44.52	47.40	47.60
140		48.46	46.24	41.58	47.60	
27	15	47.73	45.13	39.68	47.70	47.80
18		47.19	45.12	40.80	47.90	
15	28	52.55	49.92	44.37	47.40	47.20
98		49.14	46.48	40.83	47.10	
16	37	47.29	44.62	38.93	46.90	47.00
189		57.83	55.54	50.67	47.00	
LÍMITE PLASTICO						

Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
35		40.47	40.27	39.54	27.40	28.00
65		43.02	42.82	42.12	28.60	

- **Perforación Nro.2 – Profundidad 1.20 metros**

El análisis granulométrico de esta perforación se puede visualizar en la Tabla 2.10 y los límites de Atterberg en la Tabla 2.11 .

Tabla 2.10: Perforación Nro. 2 – Profundidad 1.20 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz PERFORACIÓN: # 2 PROFUNDIDAD:1.20m DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla alta plasticidad con arena CH FECHA: 19/01/2021						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						ASTM D 2487
Masa inicial del suelo (m) – 1000.49 gr						
Tamiz #	Abertura del tamiz (mm)	Masa Retenida Parcial (gr)	Masa Retenida Acumulada (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75	30.15	30.20	3.01	3.01	96.99
8	2.36	27.31	57.46	2.73	5.74	94.26
10	2.00	7.31	64.77	0.73	6.47	93.53
16	1.18	17.57	82.34	1.76	8.23	91.77
20	0.85	13.67	96.01	1.37	9.59	90.41
30	0.60	14.28	110.29	1.43	11.02	88.98
40	0.425	25.32	135.61	2.53	13.55	86.45
50	0.30	23.84	159.45	2.38	15.93	84.07
100	0.15	43.45	202.90	4.34	20.27	79.73
200	0.075	27.44	230.34	2.74	23.01	76.99
Fondo		770.53	1000.87	76.99	100.00	

Tabla 2.11: Límites de Atterberg, Perforación Nro. 2 – Profundidad 1.20 metros [23]

PROYECTO: Restauración de la Quinta San José						
UBICACIÓN: Calle Tenemaza y José Joaquín de Olmedo, Azogues				FECHA: 15/01/2021		
SOLICITADO POR: Ing. Karla Santacruz						
PERFORACIÓN: Pozo 2						
PROFUNDIDAD: 1.20m						
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLASTICO						ASTM D 4318
HUMEDAD NATURAL DEL MATERIAL						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
15		104.82	89.23	49.10	38.80	38.80
98		84.10	72.07	40.86	38.50	
16		92.91	77.75	38.97	39.10	
LÍMITE LIQUIDO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
16	27	47.74	44.21	38.94	67.00	67.20
98		49.16	45.81	40.84	67.40	
15	34	50.30	47.88	44.42	69.90	66.60
73		48.63	46.24	42.65	66.60	
190	25	56.98	54.02	49.74	69.20	68.10
27		47.34	44.26	39.67	67.10	
18	15	48.74	45.44	40.81	71.30	69.80
177		55.10	52.22	48.01	68.40	
54	18	47.68	45.34	41.94	68.80	69.20
45		51.69	48.75	44.53	69.70	
LÍMITE PLASTICO						
Capsula #	# Golpes	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso Cápsula (gr)	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
140		42.27	42.12	41.61	29.40	28.10
121		42.87	42.62	41.69	26.90	

2.2.2.2 Ensayos de madera:

Se ensayó a los especímenes de madera a flexión y compresión según la norma ASTM D143, como parte del proyecto de métodos constructivos para la rehabilitación patrimonial de la Quinta San José, en Azogues. Las muestras fueron tomadas de una

columna de madera visiblemente deteriorada por apolillamiento, lo que refleja las condiciones actuales del material original.

Observaciones sobre la condición de la Columna:

- La parte exterior de la columna de madera de nogal está visiblemente apolillada, con daños significativos causados por insectos xilófagos (polilla).
- La parte interior (núcleo) está conservada, demostrando su resistencia natural frente a agentes biológicos y su potencial para mantener propiedades mecánicas adecuadas.

- **Ensayos a Flexión:**

Se evaluaron 10 muestras (dimensiones: 2.9 cm x 2.9 cm x 44.0 cm), como se muestran en la Figura 2.15:

- Densidad promedio de las muestras ensayadas: 0.601 g/cm^3 (equivalente a 601 kg/m^3).
- Rango de densidad de las muestras ensayadas: de 0.492 g/cm^3 (492 kg/m^3) a 0.729 g/cm^3 (729 kg/m^3).
- Esfuerzo máximo promedio de las muestras ensayadas antes que se produzca la rotura: 272.56 kg/cm^2 (con un rango de 103.50 kg/cm^2 a 445.30 kg/cm^2).



Figura 2.15: Ensayo a flexión

- **Ensayos a Compresión:**

Se probaron dos grupos de muestras (dimensiones: 5.2 cm x 5.2 cm x 20.0 cm y 5.2 cm x 5.2 cm x 15.2 cm), como se muestran en la Figura 2.16 :

- Densidad promedio de las muestras ensayadas: 0.630 g/cm³ (equivalente a 630 kg/m³).
- Rango de densidad de las muestras ensayadas: de 0.548 g/cm³ (548 kg/m³) a 0.717 g/cm³ (717 kg/m³).
- Esfuerzo máximo promedio de las muestras ensayadas antes de que se produzca la rotura: 231.70 kg/cm², con valores individuales que oscilan entre 118.59 kg/cm² y 442.14 kg/cm².

Los ensayos de flexión y compresión realizados se muestran en el **ANEXO B**.



Figura 2.16: Ensayo a Compresión

2.2.2.3 Ensayo de granulometría al barro antiguo y barro nuevo:

- **Barro Antiguo**

El ensayo de granulometría se realizó según la norma ASTM C-136, con la finalidad de determinar la composición de la muestra de barro antiguo que se utilizó para la construcción de la Quinta San José en Azogues.

La proporción de arena (31.68%) y arcilla (56.98%), que da una relación aproximada de 1:1.8, es aceptable en mezclas que suele encontrarse en obras patrimoniales de bahareque y adobe (otra forma de realizar paredes). Sin embargo, su funcionalidad depende del propósito específico dentro de la estructura.

Para el análisis por tamizado se obtuvo:

Peso seco antes de lavado (g):	1152.92
Peso seco después de lavado (g):	527.10
Peso seco total después del ensayo (g):	526.32
Error:	0.15%

En la Figura 2.17 se muestra el proceso de selección del barro antiguo para el ensayo de granulometría, y en la Figura 2.18 se muestra el material separado una vez efectuado el ensayo. El ensayo de granulometría del barro antiguo se muestra en el **ANEXO C**.



Figura 2.17: Selección de muestra de barro antiguo para ensayo de granulometría



Figura 2.18: Material después del ensayo de granulometría

- **Barro Nuevo**

El ensayo de granulometría se realizó según la norma ASTM C-136, con la finalidad de determinar la composición de la muestra de barro nuevo para utilizarse como parte del proyecto de métodos constructivos para la rehabilitación patrimonial de la Quinta San José, en Azogues. La proporción de arena (34.3%) y arcilla (58.6%), que da una relación aproximada de 1:1.7, es aceptable en mezclas que suele encontrarse en obras patrimoniales de bahareque y adobe (otra forma de realizar paredes). Sin embargo, su funcionalidad depende del propósito específico dentro de la estructura.

Para el análisis por tamizado se obtuvo:

Peso seco antes de lavado (g):	435.83
Peso seco después de lavado (g):	181.44
Peso seco total después del ensayo (g):	181.42
Error:	0.01%

Una proporción típica oscila entre 1:1 y 1:2 (arena: arcilla), esto asegura buena cohesión por la arcilla y evita fisuras excesivas por la arena, si hay demasiada arcilla, aumenta el riesgo de fisuración por contracción durante el secado. La mezcla puede volverse demasiado plástica, dificultando su aplicación en ciertas condiciones. Si hay poca arcilla, la mezcla pierde cohesión, reduciendo su capacidad para unir fibras o adherirse a superficies de soporte.

En la Figura 2.19 se muestra el proceso de preparación de la muestra y secado previo al ensayo de granulometría y en la Figura 2.20 se muestra el material separado una vez efectuado el ensayo. El ensayo de granulometría se muestra en el **ANEXO D**.



Figura 2.19: Preparación de muestra previo al ensayo de granulometría



Figura 2.20: Material después del ensayo de granulometría

2.2.2.4 Estado de deterioro de los elementos de la Quinta San José:

- **Muros en planta de sótano**

El deterioro de los muros en la planta de sótano se puede visualizar en la Figura 2.21:



Figura 2.21: Deterioro en muros planta de sótano

- **Muros de bahareque planta baja**

El deterioro de los muros de bahareque en la planta se puede visualizar en la Figura 2.22:



Figura 2.22: Deterioro en muros planta baja

- **Discontinuidad en entramado de carrizo y diagonales de madera**

Las discontinuidades en entramados de carrizo y diagonales de madera se pueden visualizar en la Figura 2.23:



Figura 2.23: Discontinuidad en entramado y diagonales

- **Desprendimientos y fisuras**

El desprendimiento del recubrimiento y las fisuras en la fachada se pueden visualizar en la Figura 2.24:



Figura 2.24: Desprendimientos y fisuras

- **Fisuras y Grietas**

Las fisuras y grietas en los muros de bahareque se pueden visualizar en la Figura 2.25:



Figura 2.25: Fisuras y grietas

- **Polilla**

La polilla en las vigas de madera se puede visualizar en la Figura 2.26:



Figura 2.26: Polilla en vigas de madera

2.2.3 Tabulación de datos

2.2.3.1 Clasificación del suelo

Los resultados que se muestran en Tabla 2.12 indican que se trata de un suelo fino con límites líquidos entre 53 y 68% e índices de plasticidad entre 14 - 40%; con ello la clasificación SUCS resulta en suelos arcillosos y limosos de alta compresibilidad y según AASHTO el suelo presente resulta A-7-5 o A-7-6. La humedad del material está entre 25 y 40%.

Tabla 2.12: Clasificación del suelo [23]

POZO	PROF:	GRANULOMETRÍA SEGÚN SUCS			LL	LP	IP	CALSIFICACIÓN		Humedad Natural
		Grava %	Arena %	Finos %				SUCS	AASHTO	
No:	(m)				%	%	%			%
1	0.5	0.5	6.1	93.4	53.3	39.7	13.7	MH	A-7-5	29.6
2	0.5	24.9	37.3	37.8	47.4	28	19.4	SM	A-7-6	25.5
2	1.2	3	20	77	68	28.1	39.9	CH	A-7-6	38.8
2	2.5							MH		

- **Determinación de la capacidad portante del suelo**

La Tabla 2.13 presenta los resultados de capacidad del suelo para las condiciones actuales, la Tabla 2.14 presenta la capacidad del material para el caso de un ablandamiento futuro del suelo, muy probable si las condiciones de ingreso de agua constante al material no se controlan adecuadamente.

Tabla 2.13: Capacidad portante del suelo en condiciones actuales [23]

Profundidad de desplante	Ancho de la zapata	Presión admisible
(m)	(m)	kg/cm2
0.8	0.6	1.4
1	0.6	1.5
1.5	0.6	1.7
0.8	1	1.2
1	1	1.3
1.5	1	1.5

Tabla 2.14: Capacidad portante del suelo considerando un ablandamiento futuro [23]

Profundidad de desplante	Ancho de la zapata	Presión admisible
(m)	(m)	kg/cm2
0.8	0.6	2.9
1	0.6	3.1
1.5	0.6	3.5
0.8	1	2.7
1	1	2.8
1.5	1	3.1

2.2.3.2 Ensayos a flexión en los elementos estructurales de madera (vigas y columnas)

Los ensayos a flexión realizados se muestra en la Tabla 2.15 y en la probeta Nro. 3 se refleja la mayor curva de esfuerzo máximo según la Figura 2.27 y en la probeta Nro. 8 se refleja la menor curva de esfuerzo máximo según la Figura 2.28:

Tabla 2.15: Ensayos a flexión

Muestra	B (cm)	H (cm)	L (cm)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
1	2.90	2.90	44.00	269.61	0.729	368.72
2	2.90	2.90	44.00	235.74	0.637	442.14
3	2.90	2.90	44.00	231.36	0.625	445.30
4	2.90	2.90	44.00	231.43	0.625	123.69
5	2.90	2.90	44.00	187.71	0.507	256.56
6	2.90	2.90	44.00	223.70	0.605	167.64
7	2.90	2.90	44.00	205.82	0.556	276.54
8	2.90	2.90	44.00	182.12	0.492	103.50
9	2.90	2.90	44.00	231.44	0.625	193.23
10	2.90	2.90	44.00	223.95	0.605	348.23
Promedio					0.601	272.56

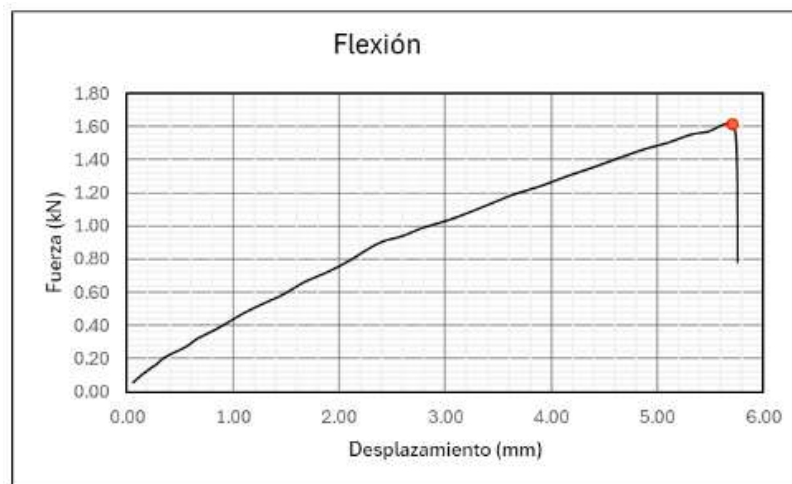


Figura 2.27: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3

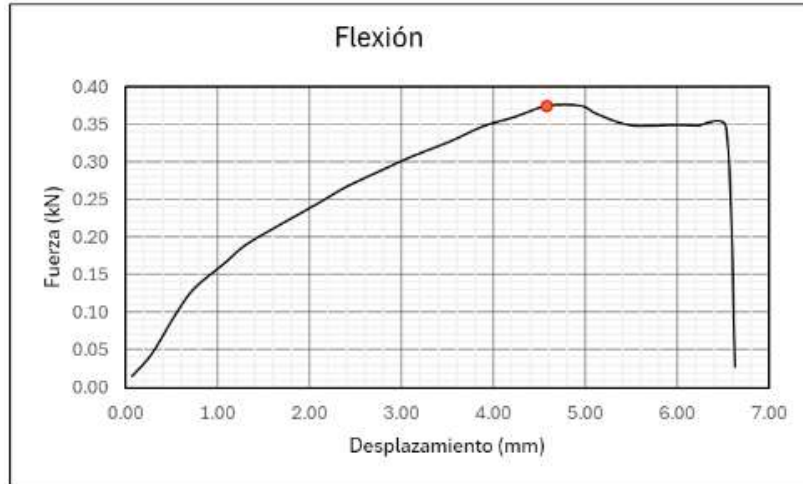


Figura 2.28: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 8

2.2.3.3 Ensayos a compresión en los elementos estructurales de madera (vigas y columnas)

Los ensayos a compresión realizados se muestran en la Tabla 2.16. En la probeta Nro. 3B se refleja la mayor curva de esfuerzo máximo según la Figura 2.29 y en la probeta Nro. 3C se refleja la menor curva de esfuerzo máximo según la Figura 2.30:

Tabla 2.16: Ensayos a compresión

Muestra	B (cm)	H (cm)	L (cm)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
1B	5.20	5.20	20.00	344.61	0.637	368.72
2B	5.20	5.20	20.00	310.35	0.574	442.14
3B	5.20	5.20	20.00	339.35	0.627	445.30
4B	5.20	5.20	20.00	323.28	0.598	123.69
5B	5.20	5.20	20.00	387.91	0.717	256.56
1C	5.20	5.20	15.20	270.58	0.658	138.27
2C	5.20	5.20	15.20	225.22	0.548	163.15
3C	5.20	5.20	15.20	278.83	0.678	118.59
4C	5.20	5.20	15.20	267.15	0.650	136.33
5C	5.20	5.20	15.20	253.10	0.616	124.20
Promedio					0.630	231.70

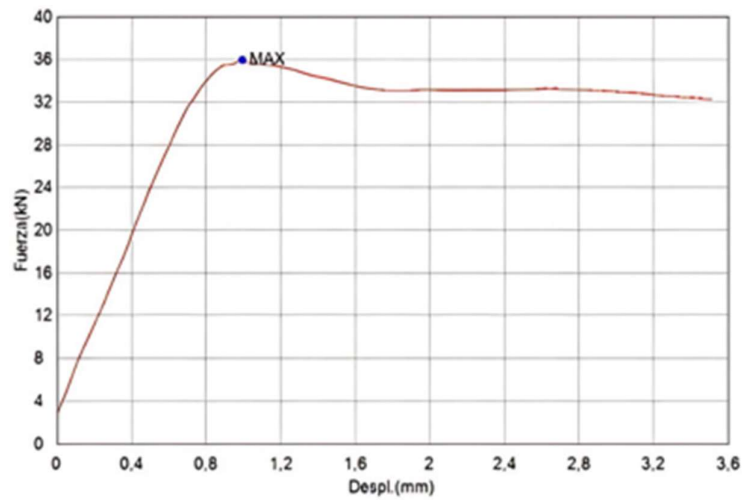


Figura 2.29: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3B

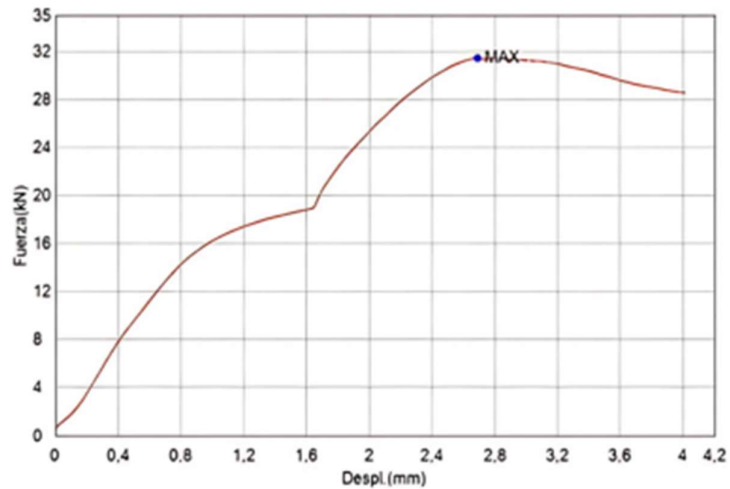


Figura 2.30: Curva de Esfuerzo máximo – Muestra 3C

2.2.3.4 Granulometría del barro antiguo

En función del ensayo de granulometría se muestran los resultados en la Tabla 2.17, Tabla 2.18 y Tabla 2.19. La curva granulométrica se presenta en la Figura 2.31.

Tabla 2.17: Cálculo de humedades de la muestra

Número de tara	10	11	12
Muestra húmeda + tara (g)	53.30	59.89	40.42
Muestra seca + tara (g)	53.02	59.75	40.25
Peso de tara (g)	9.78	8.98	9.73
Peso de agua (g)	0.28	0.14	0.17
Peso de muestra seca (g)	43.24	50.77	30.52
Porcentaje de humedad	0.6%	0.3%	0.6%
Humedad promedio	0.5%		

Tabla 2.18: Datos para granulometría fracción fina por tamizado

Tamiz	Abertura Tamiz(mm)	Peso ret. parcial (g)	Peso ret. correg. (g)	Peso ret. acum. (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje pasante
Nro. 4	4.750	94.37	95.15	95.15	18.05	81.95
Nro. 8	2.360	66.86	66.86	162.01	30.74	69.26
Nro. 10	2.000	20.53	20.53	182.54	34.63	65.37
Nro. 16	1.180	55.55	55.55	238.09	45.17	54.83
Nro. 30	0.600	70.02	70.02	308.11	58.45	41.55
Nro. 50	0.300	77.19	77.19	385.30	73.10	26.90
Nro. 100	0.150	76.30	76.30	461.60	87.57	12.43
Nro. 200	0.075	52.01	52.01	513.61	97.44	2.56
FONDO		13.49				

Tabla 2.19: Composición del material

Elemento	Peso (g)	Porcentaje
Paja	41.01	3.43%
Arcilla	680.32	56.98%
Arena	378.23	31.68%
Grava	94.37	7.90%

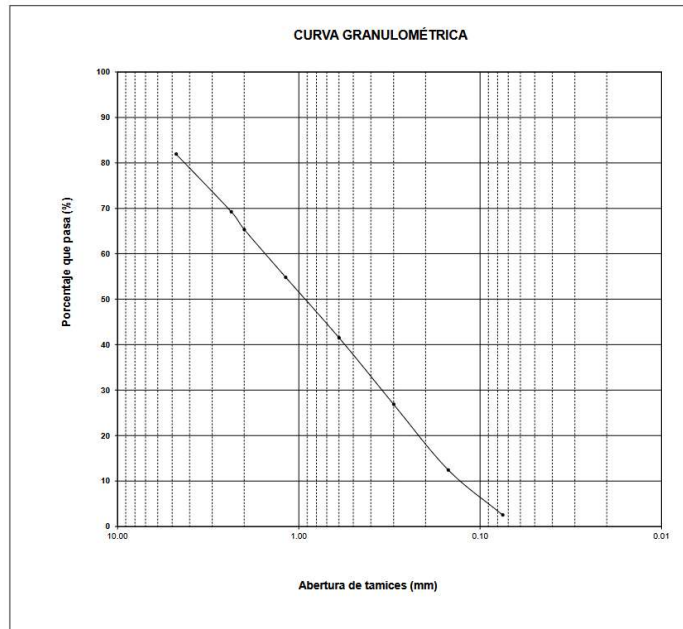


Figura 2.31: Curva granulométrica del barro antiguo

2.2.3.5 Granulometría del barro nuevo

En función del ensayo de granulometría se muestran los resultados en la Tabla 2.20, Tabla 2.21 y Tabla 2.22. La curva granulométrica se presenta en la Figura 2.32.

Tabla 2.20: Cálculo de humedades de la muestra sacadas en laboratorio

Número de tara	10	11	12
Muestra húmeda + tara (g)	53.30	59.89	40.42
Muestra seca + tara (g)	41.16	45.71	32.66
Peso de tara (g)	9.78	8.98	9.73
Peso de agua (g)	12.14	14.18	7.76
Peso de muestra seca (g)	31.38	36.73	22.93
Porcentaje de humedad	38.7%	38.6%	33.8%
Humedad promedio	37.0%		

Tabla 2.21: Datos para granulometría fracción fina por tamizado

Tamiz	Abertura Tamiz(mm)	Peso ret. parcial (g)	Peso ret. correg. (g)	Peso ret. acum. (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje pasante
Nro. 4	4.750	28.33	28.33	28.33	15.61	84.39
Nro. 8	2.360	22.90	22.90	51.23	28.24	71.76
Nro. 10	2.000	6.45	6.45	57.68	31.79	68.21
Nro. 16	1.180	17.41	17.41	75.09	41.39	58.61
Nro. 30	0.600	23.54	23.54	98.63	54.36	45.64
Nro. 50	0.300	25.28	25.28	123.91	68.29	31.71
Nro. 100	0.150	29.15	29.17	153.08	84.37	15.63
Nro. 200	0.075	25.67	25.67	178.75	98.52	1.48
FONDO		2.69				

Tabla 2.22: Composición del material de barro ensayada en laboratorio

Elemento	Peso (g)	Porcentaje
Paja	2.58	0.6%
Arcilla	257.08	58.6%
Arena	150.42	34.3%
Grava	28.33	6.5%

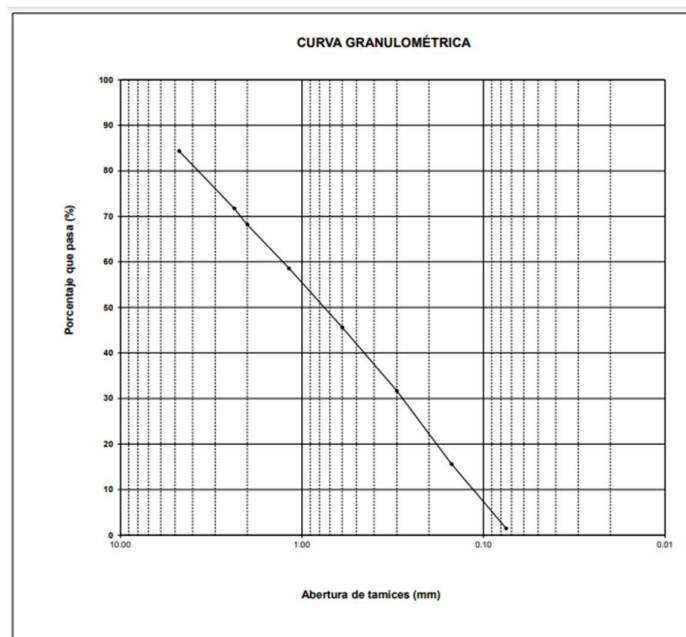


Figura 2.32: Curva granulométrica del barro nuevo

2.2.3 Solución a diseñar

A continuación, se detalla la propuesta de cómo se soluciona la problemática existente en la edificación de la Quinta San José:

2.2.3.1 Cimentación:

El apuntalamiento para la construcción de la nueva cimentación en la Quinta San José se realiza mediante un método moderno e innovador que consiste en ocupar equipos mecánicos con la finalidad de redistribuir las cargas, lo cual permite que la estructura se soporte sin afectar la estabilidad de la casa patrimonial.

Este método se compone de andamios estructurales conformado de columnas, vigas tubulares y crucetas que estabilizan los andamios, gatos hidráulicos de capacidad de 15 toneladas y bases superior e inferior con torniquetes que ayudan a nivelar los andamios estructurales.

2.2.3.2 Métodos constructivos en bahareque:

Composición y preparación del barro (Embutido, Revoque y Empañete).

El barro utilizado en las paredes de bahareque es una mezcla tradicional que combina materiales naturales para lograr una masa resistente y duradera, está constituida por las siguientes capas:

- a) Embutido
- b) Revoque
- c) Empañete

Su composición puede variar dependiendo de la región y los materiales disponibles, pero generalmente tiene el siguiente procedimiento de elaboración:

- Preparación del embutido:

Se realiza con tierra arcillosa y arena en una proporción 1:1 a 1:2. A esta mezcla se le añade paja y agua. Se bate el barro varias veces y por último se le deja reposar por 48 horas. Luego se aplica el barro en la pared en un espesor de 18 centímetros y se deja secar (aproximadamente 8 días).

- Preparación del revoque:

Se realiza con tierra arcillosa y arena en una proporción 1:1 a 1:2. A esta mezcla se le añade paja, engrudo (pegamento) y agua. Se bate el barro varias veces y por último se le deja reposar por 48 horas. Luego de que se haya aplicado el barro en la pared (revoque) en un espesor de 2 - 3cm y se haya secado (aproximadamente 1 mes). En caso de ser necesario se coloca la segunda capa de revoque, para cubrir las fisuras generadas.

- Preparación del empañete:

En una concreteira se coloca tierra cernida, estiércol de caballo, engrudo (pegamento) y agua, se bate por aproximadamente 20 minutos y de esta manera estaría listo para aplicarlo.

2.2.3.3 Secuencia con la cual se trabaja el bahareque:

Instalación de la estructura de madera:

- Colocar vigas y columnas de soporte.
- Integrar la cruz de San Andrés para reforzar la estructura.
- Instalar el entramado de carrizo horizontal para proporcionar soporte adicional a la pared.

Elaboración del barro:

- Preparar el barro con la mezcla adecuada para embutido, revoque y empañete.

Embutido de la pared:

- Aplicar el barro directamente sobre el entramado de carrizo, embutiendo hasta alcanzar el espesor requerido de la pared (18 cm).

Secado:

- Dejar secar la pared embutida durante 8 días, permitiendo que el barro se endurezca y estabilice.

Aplicación de la capa de revoque:

- Colocar una capa de revoque con la finalidad de darle estructura a la pared de bahareque previo a la aplicación del empañete.

Aplicación de la capa de empañete:

- Colocar la última capa de acabado (empañete) para obtener un acabado liso y uniforme.

Innovación:

- También proponemos utilizar aditivos como (cemento y yeso) para reforzar las paredes, y otra capa posteriormente aplicando revestimientos como pintura natural para mejorar la durabilidad y estética.

2.2.3.4 Uniones

- **Unión mediante pernos**

Existen casos de uniones de madera donde los pernos no podrán atravesar al lado posterior para ser ajustado, por lo que es necesario aplicar pernos todo rosca con cabeza cilíndrica.

- **Unión Mediante Clavos Lanceros**

Se realiza mediante la colocación de clavos inclinados a un ángulo de 30 grados, con la pieza donde queda incrustado la cabeza del clavo a una distancia aproximada de 1/3 del largo del clavo.

- **Ensamblados a media madera:**

Las uniones de media madera consisten en la unión de dos piezas de madera de igual grosor que crean un ángulo determinado entre ellas y se unen por los extremos, por el centro de una de ellas o cruzándose.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 Inspección visual

En la inspección visual, los daños presentes constituyen una amenaza principalmente a la consistencia de la tabiquería de bahareque y la cruz de San Andrés, estas se encuentran rotas en la mayoría de paredes, debido a que en intervenciones anteriores realizaron perforaciones que coinciden con estas piezas estructurales y que también han sufrido un ataque de la polilla, debido a esto se vuelve indispensable la consolidación de las diferentes patologías que presentan las paredes y en el enchacleado de carrizo, con una solución constructiva y reparación adecuada, que no solo consolide sino que restituya el aspecto estético.

Además, se evidenció fendas (agrietamientos), carbonización y xilófagos en vigas de entepiso y columnas de madera, desprendimiento de material, moho, suciedad y colapso parcial en muros de bahareque, decoloración en tabiques de madera y exfoliación de pintura en elementos de madera en fachada interior. Las patologías, tipos de daños y la descripción visual realizada en cada uno de los pisos y bloques de la Quinta San José, se muestran en el **ANEXO A**.

3.1.2 Ensayos de laboratorio

3.1.2.1 Ensayo de flexión y compresión en probetas de madera de Nogal

Los ensayos de flexión y compresión realizados a la madera según la norma ASTM D 143, muestran la correlación entre la densidad de la madera y su capacidad de resistencia mecánica, considerando que las muestras más densas ofrecen mejores propiedades estructurales tanto a la flexión como a la compresión, según la Tabla 3.1 y Tabla 3.2, además las muestras analizadas presentan variabilidad debido a las condiciones de la estructura de la madera, información que se muestra en el **ANEXO B**.

Tabla 3.1: Ensayos a flexión

Probeta	Densidad (kg/m ³) según ensayo realizado	Esfuerzo máximo (kg/cm ²) según ensayo realizado
1	729	368.72
2	637	442.14
3	625	445.30
4	625	123.69
5	507	256.56
6	605	167.64
7	556	276.54
8	492	103.50
9	625	193.23
10	605	348.23
PROMEDIO	601	272.56

Tabla 3.2: Ensayos a compresión

Probeta	Densidad (kg/m ³) según ensayo realizado	Esfuerzo máximo (kg/cm ²) según ensayo realizado
1	637	368.72
2	574	442.14
3	627	445.30
4	598	123.69
5	717	256.56
6	658	138.27
7	548	163.15
8	678	118.59
9	650	136.33
10	616	124.20
PROMEDIO	630	231.70

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC - SE-MD), la densidad básica (DB) del Nogal es clase “B” (DB entre 560 y 700 kg/m³) y según el “Catálogo de madera estructural” el Nogal es clase resistente C27; en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4 se muestran los resultados de los ensayos y un comparativo de los esfuerzos admisibles según la norma ecuatoriana y el catálogo madera estructural.

Tabla 3.3: Comparativo de ensayo a flexión

Probeta	Esfuerzo máximo (kg/cm ²) según ensayo realizado	Esfuerzo admisible (kg/cm ²) según NEC - SE-MD	Esfuerzo admisible (kg/cm ²) según Catálogo de madera estructural
1	368.72	112.17	224.3
2	442.14		
3	445.30		
4	123.69		
5	256.56		
6	167.64		
7	276.54		
8	103.50		
9	193.23		
10	348.23		

Tabla 3.4: Comparativo de ensayo a compresión

Probeta	Esfuerzo máximo (kg/cm ²) según ensayo realizado	Esfuerzo admisible (kg/cm ²) según NEC - SE-MD	Esfuerzo admisible (kg/cm ²) según Catálogo de madera estructural
1	368.72	152.95	275.30
2	442.14		
3	445.30		
4	123.69		
5	256.56		
6	138.27		
7	163.15		
8	118.59		
9	136.33		
10	124.20		

3.1.2.2 Ensayo de granulometría del barro antiguo y barro nuevo

Para el ensayo de análisis granulométrico se toma muestras de barro antiguo y barro nuevo, su composición se indica en la Tabla 3.5 y el porcentaje de humedad promedio en la

Tabla 3.6:

Tabla 3.5: Composición de barro antiguo y nuevo

Elemento	Barro Antiguo Porcentaje (%)	Barro Nuevo Porcentaje (%)
Grava	7.90	6.50
Arena	31.68	34.30
Finos	56.98	58.60
Paja (material orgánico):	3.43	0.60

Tabla 3.6: Contenido de humedad barro antiguo y nuevo

Contenido de Humedad	Barro Antiguo Porcentaje (%)	Barro Nuevo Porcentaje (%)
	0.50	37.00

Los resultados de los ensayos se muestran en el **ANEXO C** y **ANEXO D**.

3.2 Análisis de resultados

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC - SE-MD), la densidad mínima requerida para que una madera sea considerada estructural es de 400 kg/m^3 , por lo que al utilizar elementos de madera de eucalipto (827.04 Kg/m^3) se cumple con lo requerido en la normativa.

Las probetas de madera de nogal originarias de la estructura de la Quinta San José cumplen con la condición de densidad de madera estructural; sin embargo, durante los ensayos se determina que las fallas mecánicas ocurren en los agujeros generados por las polillas, formando un plano de falla que compromete la resistencia del material y pone en riesgo los elementos estructurales afectados. Los valores de densidad se muestran en la Tabla 3.7 y Tabla 3.8:

Tabla 3.7: Densidades del nogal - ensayo a flexión

Probeta	Densidad (kg/m ³) según ensayo realizado	Densidad para madera estructural (kg/m ³) según NEC - SE-MD	Observación
1	729	400	Cumple
2	637		Cumple
3	625		Cumple
4	625		Cumple
5	507		Cumple
6	605		Cumple
7	556		Cumple
8	492		Cumple
9	625		Cumple
10	605		Cumple
PROMEDIO	601		Cumple

Tabla 3.8: Densidades del nogal - ensayo a compresión

Probeta	Densidad (kg/m ³) según ensayo realizado	Densidad para madera estructural (kg/m ³) según NEC - SE-MD	Observación
1	637	400	Cumple
2	574		Cumple
3	627		Cumple
4	598		Cumple
5	717		Cumple
6	658		Cumple
7	548		Cumple
8	678		Cumple
9	650		Cumple
10	616		Cumple
PROMEDIO	630		Cumple

Las probetas de madera de nogal (se consideran únicamente las muestras que cumplen con los esfuerzos según la norma) ensayadas a flexión indican un esfuerzo máximo de 376,19 kg/cm², valor que cumple con el esfuerzo admisible para el ensayo de flexión según la norma ecuatoriana que es de 152,95 kg/cm² ; y en comparación con el catálogo de madera estructural cuyo esfuerzo admisible máximo es de 275,30 kg/cm² cumple con el esfuerzo admisible, como se indica en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9: Comparativo de ensayo a flexión

Probeta	Esfuerzo máximo (kg/cm²) según ensayo realizado	Esfuerzo admisible (kg/cm²) según NEC - SE-MD	Observación	Esfuerzo admisible (kg/cm²) según Catálogo de madera estructural	Observación
1	368.72	152.95	Cumple	275.30	Cumple
2	442.14		Cumple		Cumple
3	445.30		Cumple		Cumple
7	276.54		Cumple		Cumple
10	348.23		Cumple		Cumple
PROMEDIO	376.19		Cumple		Cumple

Las probetas de madera de nogal (se consideran únicamente las muestras que cumplen con los esfuerzos según la norma) ensayadas a compresión indican un esfuerzo máximo de 378,18 kg/cm², valor que cumple con el esfuerzo admisible para el ensayo de compresión según la norma ecuatoriana que es de 112,17 kg/cm² ; y en comparación con el catálogo de madera estructural cuyo esfuerzo admisible máximo es de 224,30 kg/cm² cumple con el esfuerzo admisible, como se indica en la Tabla 3.10:

Tabla 3.10: Comparativo de ensayo a compresión

Muestra	Esfuerzo máximo (kg/cm²) según ensayo realizado	Esfuerzo admisible (kg/cm²) según NEC - SE-MD	Observación	Esfuerzo admisible (kg/cm²) según Catálogo de madera estructural	Observación
1	368.72	112.17	Cumple	224.30	Cumple
2	442.14		Cumple		Cumple
3	445.30		Cumple		Cumple
5	256.56		Cumple		Cumple
PROMEDIO	378.18		Cumple		Cumple

Si bien los resultados de los ensayos de flexión y compresión en las probetas de nogal cumplen con los esfuerzos admisibles, se evidencia que en los agujeros que se han producido por la penetración de la polilla se han generado planos de falla, es decir, que esta madera propia de la Quinta San José, en las condiciones actuales no debe utilizarse en el proceso de rehabilitación; por lo que, se recomienda el cambio de estos elementos por una madera estructural íntegra, como es el eucalipto, siendo una madera que cumple con todas las condiciones físico mecánicas que se establecen en la norma ecuatoriana y el catálogo de madera estructural como se indica en la tabla 2.2. además, de ser un tipo de madera que predomina en la zona y es más económica.

En la curva granulométrica de los ensayos realizados de barro antiguo y barro nuevo, predominan partículas finas como la arcilla, con una proporción significativa de arena y una mínima cantidad de grava, lo que resulta en un material típico clasificado como barro, componentes que proporcionan cohesión y trabajabilidad, además la presencia de paja contribuye a mejorar la resistencia a la tracción.

Si bien no existe normativa específica para los porcentajes de composición del barro, ya que la norma que más se aproxima a lo que buscamos, es la norma Peruana E. 080; sin embargo, según el texto “Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica” de origen brasileño establece que para Ecuador los porcentajes de arena y arcilla en construcciones de bahareque son los que se indican en la Tabla 3.11:

Tabla 3.11: Composición de la mezcla de barro

Composición de Barro Antiguo según ensayo	(%)	Composición de Barro Nuevo según ensayo	(%)	Composición según “Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica” (%)	Observación
Arena	31.68	Arena	34.30	30.00	No Cumple
Arcilla	56.98	Arcilla	58.60	60.00	No Cumple

Se determina que el porcentaje de arena en el barro antiguo y barro nuevo no cumplen los valores requeridos según el rango del texto “Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica”.

Así también, en el análisis del barro antiguo, se tiene un porcentaje de humedad promedio del 0.5% que es consecuencia del tiempo que ha transcurrido desde la construcción del bien patrimonial a la presente fecha, por lo que de reutilizarse en el proceso de rehabilitación, requiere una adición de agua que le permita tener plasticidad, adhesión y resistencia a la mezcla, con respecto al barro nuevo que se va ocupar tiene un porcentaje de humedad promedio del 37% lo que indica que este material tiene alta retención de agua, lo que es característico de los suelos arcillosos.

Además, de los ensayos granulométricos realizados, se determina que la dosificación, si bien se acerca a los porcentajes ideales, esta debe ajustarse y cumplir las dosificaciones propuestas antes de su aplicación.

3.3 Especificaciones Técnicas

Son las normas, códigos, reglamentos, mano de obra, cantidades, dimensiones, equipos y maquinarias destinados a la solución constructiva y reparación adecuada, que se detallan en el ANEXO E. Además, se muestra el presupuesto referencial en la Tabla 3.12:

Tabla 3.12: Presupuesto Referencial

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial					
Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930					
PRESUPUESTO REFERENCIAL POR UNIDAD					
Obra: Rehabilitación Patrimonial de la Quinta San José			Fecha: enero de 2025		
Ubicación: Azogues					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Columna de madera de 20 x 20 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	29.27	29.27
2	Columna de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	21.88	21.88
3	Viga de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	26.24	26.24
4	Diagonal de madera de 12 x 12 cm tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	15.25	15.25
5	Pared de bahareque	m2	1.00	144.02	144.02
6	Empañetado para paredes	m2	1.00	7.61	7.61
7	Pintura de caucho látex	m2	1.00	5.86	5.86
8	Pintura mate para elementos de madera	m2	1.00	6.36	6.36

3.4 Diseño de la solución

El diseño de la solución para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues se enfoca en tres frentes principales: la cimentación, la preparación del bahareque y las uniones en madera. Para la construcción de una nueva cimentación de zapatas corridas, es necesario el apuntalamiento de la casa patrimonial mediante andamios estructurales mientras se ejecutan los trabajos.

En cuanto a la madera a utilizar, el nogal se puede utilizar como se demostró en los ensayos a compresión y flexión por sus características físico-mecánicas, sin embargo, se recomienda la utilización de madera de eucalipto por su fácil acceso, costo y características estructurales.

Las uniones en madera emplean técnicas tradicionales y modernas, incluyendo clavos, clavos lanceros, pernos y ensambles a media madera, garantizando estabilidad

estructural, además la reutilización del barro para la reconstrucción de los muros que se alinea con los ODS 11 y 12, promoviendo la sostenibilidad y el uso responsable de materiales.

3.4.1 Diseño del apuntalamiento para construir una nueva cimentación

Proceso de andamiaje que soportan las cargas de la Quinta San José:

- Preparación, nivelación y limpieza del sitio: Se acondiciona el terreno eliminando obstáculos y garantizando una superficie estable.
- Colocación de tablonces de madera: Se instalan tablonces a nivel del piso para servir como base de apoyo para los andamios.
- Armado de andamios: Se ensamblan los andamios estructurales hasta alcanzar la altura deseada. Este proceso se realiza con la ayuda de gatos manuales, asegurando una separación de 1.20 m entre ejes.
- Rigidización: Se instalan crucetas rigidizadoras en los andamios para mejorar la estabilidad y resistencia estructural.

Soporte de cargas:

- Sobre los andamios se colocan vigas de madera de 14x14 cm y 5,00 m de longitud, las cuales actúan como elementos principales de soporte para la estructura de la casa.
- En la unión entre la viga de soporte y la viga de entrepiso, se coloca un material amortiguador, como caucho o madera, para evitar el contacto directo y reducir impactos estructurales.

Instalación de nuevas columnas de eucalipto sobre la nueva cimentación construida:

- Una vez construida la nueva cimentación (zapata corrida), se procede a la instalación de las nuevas columnas de eucalipto que va desde la cimentación hasta la viga de entrepiso encargadas de soportar las cargas de la Quinta San José aprovechando que está suspendida por los andamios estructurales.

- Para colocar cada columna en su posición, se utiliza una gata hidráulica levantando la estructura, lo que permite que la columna ingrese libremente a su ubicación. Posteriormente, al descender la gata hidráulica, la columna queda ajustada a presión, asegurando un correcto asentamiento estructural de la viga de entrepiso.
- Este procedimiento se repite para todas las columnas, logrando que la casa quede nuevamente asentada y nivelada.

Los detalles de la propuesta se muestran en la Figura 3.1 y Figura 3.2:

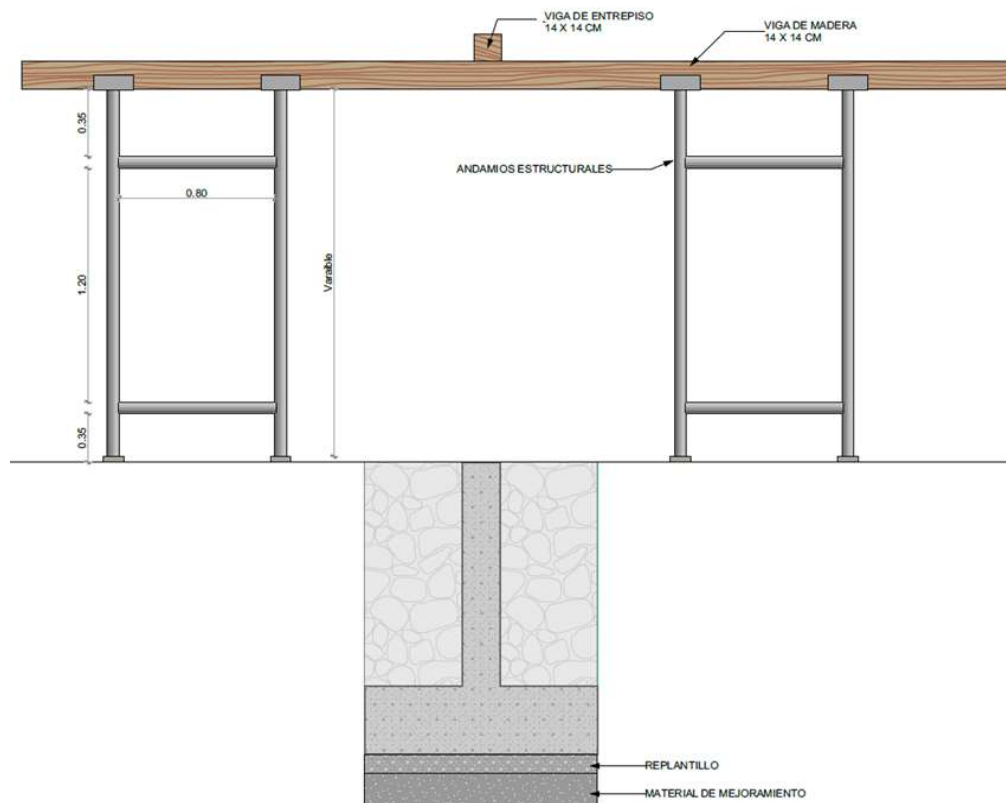


Figura 3.1: Proceso de apuntalamiento para nueva cimentación

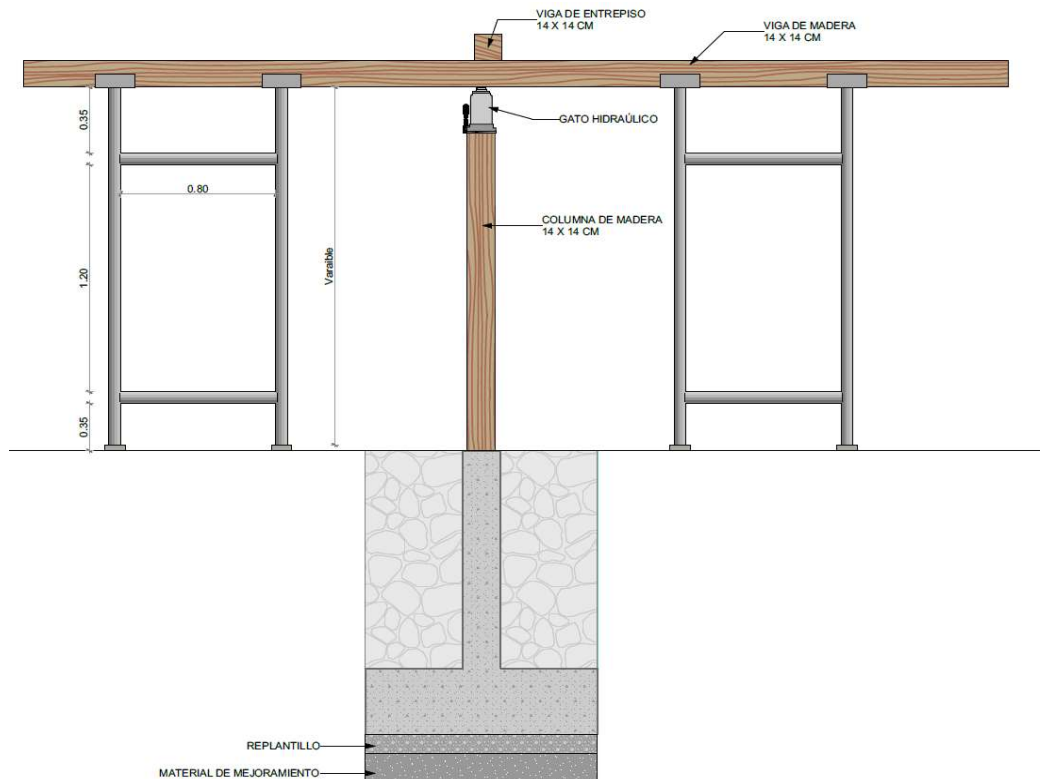


Figura 3.2: Proceso de andamiaje y colocación de columna de madera

3.4.2 Diseño, composición y preparación del barro (Embutido, Revoque y Empañete)

- Diseño del embutido:

La dosificación del barro para el embutido se realiza según los porcentajes que se muestran en la Tabla 3.13:

Tabla 3.13: Dosificación del barro para el embutido

DOSIFICACIÓN DEL BARRO PARA EL EMBUTIDO					
(Muestra = 0.025m3 que corresponde 1 balde =5galones)					
Material		Porcentaje	Cantidad	Unidad	OBSERVACIONES
Tierra	ARENA	30,00%	1,50	galones	La cantidad de barro dependerá de las necesidades del proyecto. La dosificación analizada corresponde a 0.025 m3 de barro (1 balde).
	ARCILLA	60,00%	3,00		
	GRAVA	6,00%	0,30		
Paja	PAJA	4,00%	0,20	galones	Consolidante, agregar un 4% del volumen total

Agua	AGUA	60%	4,00	galones	Debido a la capacidad de absorción que tiene la arcilla, para su mezcla se requiere de gran cantidad de agua es por eso que se estima un 60% de agua del volumen total de la muestra. No se contabiliza en el 100% de la muestra.
------	------	-----	------	---------	---

- Diseño del revoque:

La dosificación del barro para el revoque se realiza según los porcentajes que se muestran en la Tabla 3.14:

Tabla 3.14: Dosificación del barro para el revoque

DOSIFICACIÓN DEL BARRO PARA EL REVOQUE (Muestra = 0.025m3 que corresponde 1 balde = 5 galones)					
	Material	Porcentaje	Cantidad	Unidad	OBSERVACIONES
Tierra	ARENA	30,00%	1,50	galones	La cantidad de barro dependerá de las necesidades del proyecto. La dosificación analizada corresponde a 0.025 m3 de barro (1 balde).
	ARCILLA	60,00%	3,00		
	GRAVA	6,00%	0,30		
Paja	PAJA	4,00%	0,20	galones	Consolidante, agregar un 4% del volumen total
Pegamento	COLA (PEGAMENTO)	3,00%	750,00	mililitros	La cantidad de cola analizada corresponde a una cantidad de 0.025m3 de barro (1 balde). No se contabiliza en el 100% de la muestra. Equivalente a 3 vasos pequeño.
Agua	AGUA	60%	4,00	galones	Debido a la capacidad de absorción que tiene la arcilla, para su mezcla se requiere de gran cantidad de agua es por eso que se estima un 60% de agua del volumen total de la muestra. No se contabiliza en el 100% de la muestra.

- Diseño del empañete:

La dosificación del barro para el empañete se realiza según los porcentajes que se muestran en la Tabla 3.15:

Tabla 3.15: Dosificación del barro para el empañete

DOSIFICACIÓN DEL BARRO PARA EL EMPAÑETE (Muestra = 0.025m³ que corresponde 1 balde=5galones)					
Material		Porcentaje	Cantidad	Unidad	OBSERVACIONES
Tierra	ARENA	50,00%	2,50	galones	La misma tierra usada en las otras capas deberá cernirse, hasta obtener un material fino que servirá para el acabado de las paredes y mezclarse con el estiércol de caballo.
	ARCILLA				
	GRAVA				
Estiércol	ESTIERCOL DE CABALLO	50,00%	2,50	galones	
Pegamento	COLA (PEGAMENTO)	1,00%	250,00	mililitros	La cantidad se rige para una cantidad de barro de 0.025m ³ (1 balde). No se contabiliza en el 100% de la muestra. Equivalente a 1 vaso pequeño.
Agua	AGUA	60%	4,00	galones	Debido a la capacidad de absorción que tien la arcilla, para su mezcla se requiere de gran cantidad de agua es por eso que se estima un 60% de agua del volumen total de la muestra. No se contabiliza en el 100% de la muestra.

Para poder visualizar los detalles constructivos de las paredes de bahareque se presenta la Figura 3.3y Figura 3.4:

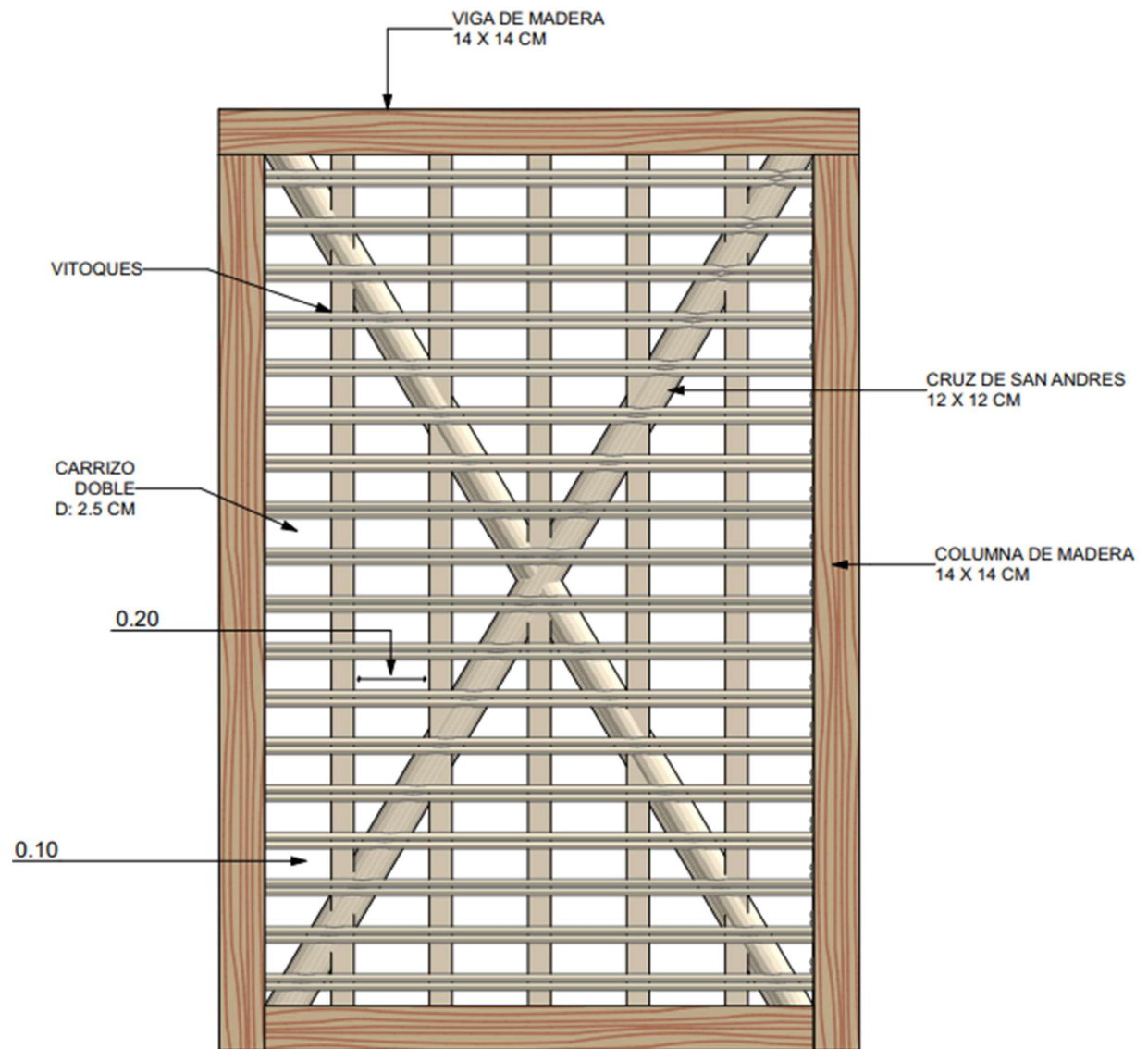


Figura 3.3: Detalle constructivo de las paredes de bahareque

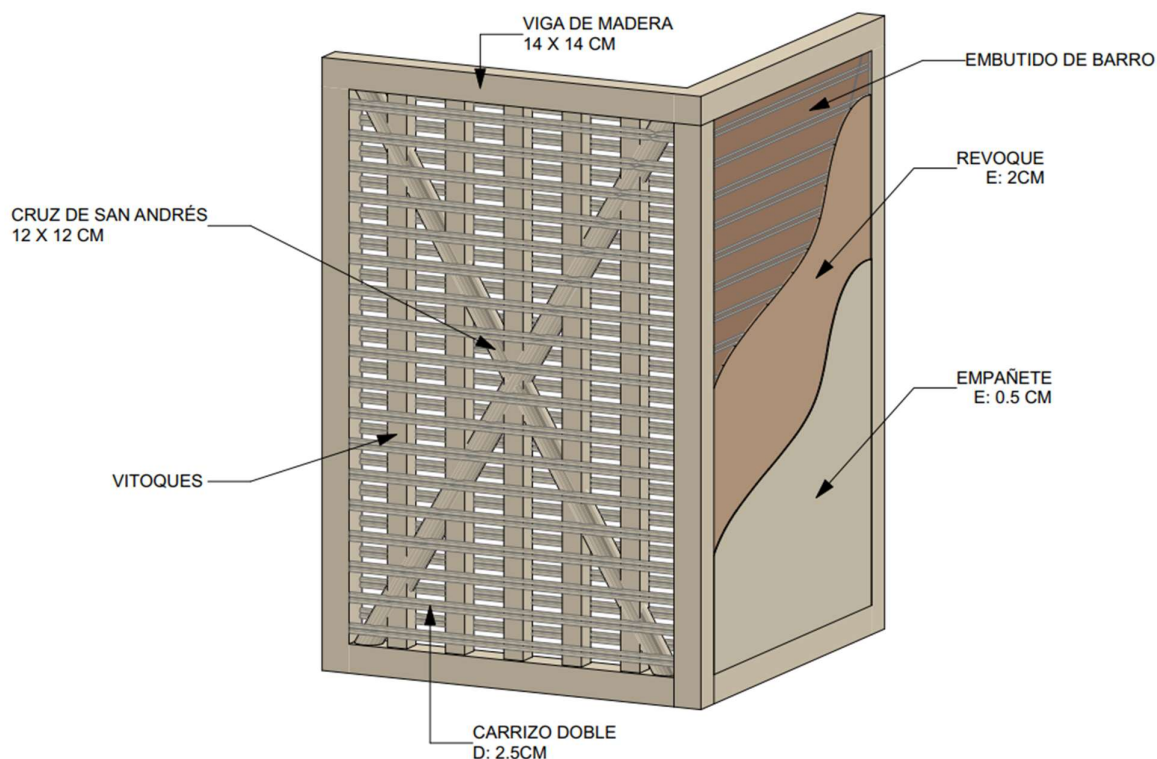


Figura 3.4: Detalle constructivo de las paredes de bahareque

3.4.3 Diseño de uniones en madera

El diseño de las uniones en madera para la rehabilitación de la Quinta San José se basa en soluciones que garantizan la estabilidad estructural y la compatibilidad con los sistemas constructivos patrimoniales existentes. En este sentido, se han seleccionado clavos comunes, clavos lanceros, pernos y ensambles de media madera como los principales métodos de unión.

Los clavos comunes son elementos de fijación simples y de fácil implementación, capaces de transmitir esfuerzos entre elementos de madera.

Los clavos lanceros, por su parte, se colocan con una inclinación de 30 grados respecto a la pieza de madera, optimizando la transmisión de cargas de extracción y laterales, los diámetros y longitudes de los clavos se muestran en la Tabla 2.4.

En el caso de los pernos, estos atraviesan los elementos de madera y se ajustan mediante rosca de acero y anillo de presión, generando tensiones de aplastamiento controladas. En situaciones donde no es posible atravesar completamente la pieza, se

emplean pernos de rosca completa con cabeza cilíndrica, que permiten conexiones resistentes de elementos estructurales, las dimensiones de pernos toda rosca, se muestran en la Tabla 2.5

Finalmente, los ensambles de media madera permiten la unión de dos piezas del mismo grosor, ya sea mediante empalme por extremos, por el centro o en cruz, logrando conexiones rígidas y estables. Este tipo de unión es común en estructuras patrimoniales y es clave en la preservación del sistema constructivo original de la Quinta San José, los detalles del diseño de las uniones se muestran en la Figura 3.5 :

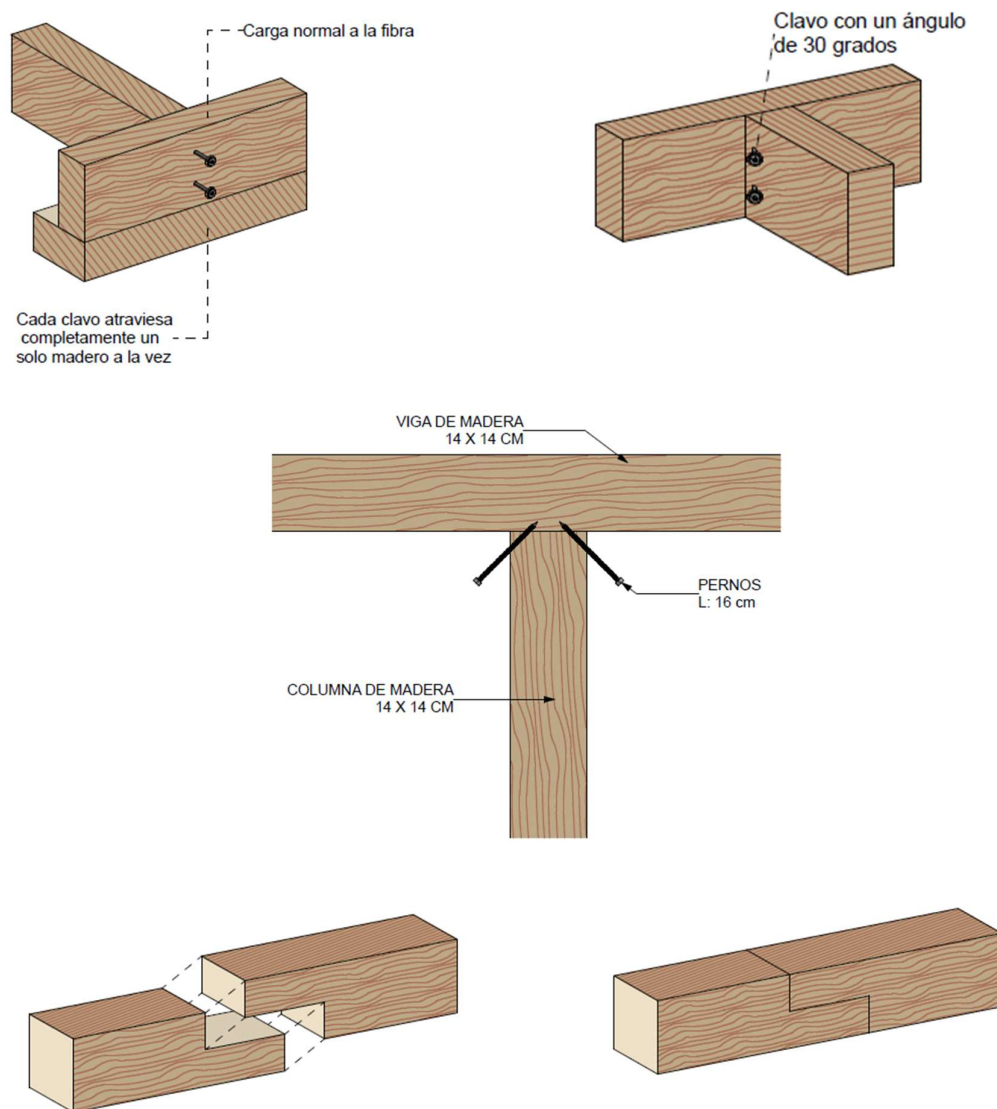


Figura 3.5: Detalles del diseño de uniones

3.4.4 Productos para el tratamiento y conservación de la madera

Productos hidrosolubles:

Tipo **Merulex I.F.A**, es un inmunizante transparente insecticida y fungicida para madera con base en agua, no contiene solventes y no contiene pentaclorofenol, su uso y características se muestran en la Tabla 3.16:

Tabla 3.16: Usos y características de Merulex I.F.A

Usos	Características
Protección contra hongos, termitas y gorgojos, todo tipo de maderas.	Acabado transparente, no modifica el color de la madera.
Protección de maderas en la fabricación de estibas y muebles.	Aumenta la vida útil de la madera.
Se puede usar en ambientes interiores y exteriores.	Evita la coloración azul, signo de putrefacción de las maderas blandas
	Puede ser pintada posterior al tratamiento.
	Es ecológico, no contiene solventes.

Tipo **BRAIS 77**, es un preservante que previene el ataque de hongos, insectos voladores o rastreros que destruyen la madera, se recomienda para climas extremos y tiene un acabado de color verdoso en la madera, su uso y características se muestran en la Tabla 3.17:

Tabla 3.17: Usos y características de BRAIS 77

Usos	Características
Se utiliza en maderas de uso estructural en construcciones comerciales y residenciales.	Proporciona resistencia a hongos y plagas, extendiendo la vida útil de la madera tratada.
Se utiliza en maderas no estructurales de uso exterior en la construcción, aplicaciones agrícolas y avícolas, como cercos, esquineros, pilares para invernaderos, postes de galpones, entre otros	Acabado de color verdoso
Se utiliza en maderas donde componen estructurales críticos como agua dulce y agua salada, juegos infantiles, muebles de exterior.	Olor suave
Se utiliza en aplicaciones de obras públicas como puentes de madera, vigas, columnas, postes de electrificación	Soluble en agua

Productos oleosolubles:

Tipo **A17VSA3**, preservante para madera, que tiene la función de repeler insectos como las termitas (comején) que ataca a la madera y a los diferentes aglomerados, sus componentes activos previenen el crecimiento de hongos, brindando protección de larga duración, su uso y características se muestran en la Tabla 3.18:

Tabla 3.18: Usos y características de preservante para madera A17VSA3

Usos	Características
Se recomienda para ser usada como preservante en madera nueva y aglomerados utilizados en la fabricación de muebles.	Tintable y pintable
	Mata el comején
	Transparente
	Uso exterior e interior
	Alta penetración en madera

Tipo **Pentamaderol**, es un preservante de madera para protección de maderas blandas, sean nuevas o sin recubrimiento, para protección de insectos y hongos, su uso y características se muestran en la Tabla 3.19:

Tabla 3.19: Usos y características de pentamaderol

Usos	Características
Se utiliza en maderas vírgenes, pintable y barnizarle	Previene el comején, termitas, polillas, algas y moho
	Color claro y oscuro

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En este estudio se evaluó el estado de conservación de los elementos estructurales de madera, paredes de bahareque y cimentación y se propuso técnicas de rehabilitación y restauración que combinen métodos constructivos tradicionales y modernos, mediante la reutilización de materiales originales de las paredes de bahareque y madera sin comprometer su valor histórico cultural.

En esta investigación se analizaron tres frentes representativos para generar métodos constructivos y soluciones a los problemas existentes en la obra; (1) cimentación, (2) composición del bahareque, y (3) estructura y uniones de madera. Se analizó el método de apuntalamiento temporal mediante andamios estructurales diseñado para la construcción de una nueva cimentación en la Quinta San José. Se analizó las granulometrías de barro para determinar la correcta dosificación del barro en paredes y se realizó ensayos de madera para determinar sus correctas propiedades físico-mecánicas. A partir de los resultados obtenidos se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El proceso de apuntalamiento y rehabilitación está planificado para ejecutarse de manera controlada, asegurando la estabilidad y nivelación de la edificación. La estrategia propuesta, que incluyó el uso de vigas de madera, andamios estructurales y gatos hidráulicos, permite construir la nueva cimentación sin comprometer la integridad del inmueble.
- En esta investigación se analizó las granulometrías del barro antiguo y del barro nuevo, las mismas que no cumplen con las dosificaciones según el texto “Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica”, debido a esto se proponen los porcentajes de composición del barro para las capas de revoque, embutido y empañete.

- En el análisis de las probetas de madera de nogal se evidenció un alto grado de deterioro por la presencia de polilla que han deteriorado considerablemente la estructura y uniones de la Quinta San José, por tal razón, como solución se planteó el cambio a elementos de madera de eucalipto y su protección a agentes extraños.
- Si bien los resultados de los ensayos de flexión y compresión en las probetas de nogal cumplen con los esfuerzos admisibles, se evidenció que en los agujeros que se han producido por la penetración de la polilla se han generado planos de falla, es decir, que esta madera propia de la Quinta San José en las condiciones actuales no debe utilizarse en el proceso de rehabilitación.
- La utilización de productos para tratamientos de madera, de origen oleosoluble o hidrosolubles, en las piezas de madera que se van a colocar en la Quinta San José, aumenta la vida útil del material, protegiéndolo contra agentes biológicos y climáticos, además que son fáciles de aplicar y amigables con medio ambiente.

4.2 Recomendaciones

- En el análisis del barro antiguo, se tiene un porcentaje de humedad promedio del 0.5% que es consecuencia del tiempo que ha transcurrido desde la construcción del bien patrimonial a la presente fecha, por lo que, de reutilizarse en el proceso de rehabilitación, se recomienda una adición de agua óptima que permita tener plasticidad, adhesión y resistencia a la mezcla.
- Se recomienda el cambio de los elementos de madera apolilladas por una madera estructural íntegra, como es el eucalipto, siendo una madera que cumple con todas las condiciones físico-mecánicas que se establecen en la norma ecuatoriana y el catálogo de madera estructural al ser un tipo de madera que predomina en la zona y es más económica.
- Se recomienda que las uniones de madera mediante pernos se realicen utilizando pernos todo rosca con cabeza cilíndrica y un agujero guía, lo que facilita una colocación precisa según la dirección de las fibras de la madera. Esta técnica es

importante en la casa patrimonial, donde no siempre es posible atravesar completamente el elemento de madera, por lo que el perno debe quedar dentro de la estructura sin comprometer su estabilidad.

- Se recomienda utilizar un material protector tipo Merulex para proteger a la madera, en virtud que tiene compatibilidad con la madera de eucalipto y no altera la estética propia de la pieza, además brinda una protección contra los agentes biológicos y climáticos, que, a largo plazo con su correcta aplicación, reduce los costos de mantenimiento a futuro.
- En la colocación de nuevas columnas sobre la nueva cimentación, se recomienda el uso del método constructivo tipo caja-espiga, en la unión superior (madera-madera) mediante un corte cilíndrico de la espiga en la columna y la caja en la viga de contrapiso; y en la unión inferior (madera-hormigón), mediante varilla corrugada de 14mm que va anclada a la cimentación, la misma que se inserta en la caja formada en la columna.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Cardoso, «Reflexiones para los próximos 25 años de Cuenca en la Lista del patrimonio de la Humanidad», p. 81, nov. 2024.
- [2] F. Cardoso, «Estudios integrales para la restauración de la Quinta San José». 21 de julio de 2021.
- [3] V. M. C. Giraldo, M. Queiros, V. R. O. Candelaria, L. F. L. Muñoz, E. F. Méndez, y J. Z. López, «EL bahareque, un sistema constructivo sismoresistente y sustentable para soluciones de vivienda social en México», p. 20, nov. 2014.
- [4] Ministerio de Cultura y Patrimonio, «531 viviendas patrimoniales privadas han sido rehabilitadas en los últimos tres años en Ecuador», 531 viviendas patrimoniales privadas han sido rehabilitadas en los últimos tres años en Ecuador. [En línea]. Disponible en: <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/531-viviendas-patrimoniales-privadas-han-sido-rehabilitadas-en-los-ultimos-tres-anos-en-ecuador/>
- [5] A. S. Ávila Argudo y P. F. Galindo Montero, «Reactivación urbana del centro histórico de Azogues mediante una intervención urbano-arquitectónica en el mercado San Francisco», Tomo I, Universidad de Cuenca, Cuenca, 2018.
- [6] ONU, «Objetivos de Desarrollo Sostenible», Objetivos de Desarrollo Sostenible. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [7] II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, Venecia 1964., «Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios (carta de Venecia 1964)», 1964.
- [8] E. Lafebre M., «Arquitectura vernácula en el Ecuador», p. 24, 2013.
- [9] P. Rivas, «Confort térmico en viviendas vernáculas, técnica de construcciones de bahareque en Azogues-Ecuador.», Universidad de Cuenca, Azogues, 2017.
- [10] P. Espinoza, D. Proaño, y L. Barrera, «Catálogo de madera estructural Ecuador», vol. 1, p. 59, 2018.
- [11] F. Olabe Velasco, Y. Val Hernandez, P. Varela de la Cruz, y J. Cabrero Ballerín, «Construir en Madera», Construir en Madera. [En línea]. Disponible en: <https://issuu.com/catedramadera/docs/construir-con-madera>
- [12] Norma ecuatoriana de la construcción, «Estructuras de Madera NEC-SE-MD». 2014.

- [13] A. Baltrušaitis y V. Pranckeviciene, «Strength Grading of the structural timber», 2003.
- [14] P. Majada Guijo, G. López Scollo, L. Oliveira Neves, y C. Carvalho Araujo, «Eucalyptus globulus Labill.» 2012.
- [15] A. G. Buenaño Pérez, «Diseño de Elementos para Uniones Estructurales en Sistemas Constructivos de Madera Aplicados en Viviendas Quito, 2024». 2024.
- [16] S. for B. T. Rothoblaas, «Tornillos para madera y uniones para terrazas madera, hormigón, metal, terrazas y fachadas.» 2024.
- [17] A. Huanca Gutierrez, «Uniones en madera para la construcción de muebles en madera: Ensamblajes, empalmes, acoplamiento. En melamina: tarugos, galletas. Uso adecuado», Universidad Nacional Enrique Guzmán y Valle, Lima, Perú, 2021.
- [18] M. N. Dutan-Chimborazo, J. S. Maldonado-Noboa, y C. H. Maldonado-Noboa, «Mechanical properties of wood with moth», vol. 9, 2023.
- [19] J. Z. B. Franco, «Evaluación estructural e implicaciones patrimoniales de tres tipos de muros de bahareque», sep. 2017.
- [20] A. Rizo, L. Garay, y F. Monsalve, «El bahareque y el adobe como técnica constructiva sismo-resistente.», p. 13, abr. 2021.
- [21] Norma ecuatoriana de la construcción, «Geotécnica y cimentaciones NEC-SE-GC». 2015.
- [22] P. C. S. Moreta, «“Desarrollo de una aplicación basada en matlab para el cálculo de cimentaciones superficiales aisladas”», Ambato, 2017.
- [23] K. Santacruz, «Memoria técnica estudio geotécnico – A5», p. 24, ene. 2021.

PLANOS Y ANEXOS

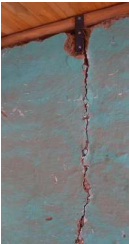
ANEXO A

INSPECCION VISUAL ANEXO A										
INSTITUCIÓN:	Escuela Superior Politécnica del Litoral				LEVANTÓ:	Sebastián Valencia, Katerine Chunata				
OBRA:	Quinta San José del Municipio de Azogues				FECHA:	13-12-2024 al 15-12-2024				
CIUDAD:	Azogues									
UBICACIÓN:	Calles José Joaquín de Olmedo y Cacique Tenemaza									
BLOQUE	NIVEL	AMBIENTE	ELEMENTO		TIPO DE FALLA	TIPO DE DAÑOS			DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS	FOTOGRAFÍA EN OBRA
			ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL		Grieta	Fisura	Otros		
A	Sótano	Sótano	VIGA		Constructiva			x	Xilófagos en vigas de entrepiso	
A	Sótano	Sótano		MURO	Constructiva			x	Desprendimiento de material en muros	
A	Planta Baja	Habitación	VIGA		Constructiva			x	Fendas de secado en vigas de entrepiso	
A	Planta Baja	Habitación	MURO		Constructiva	x			Grieta en muro de bahareque	

A	Planta Baja	Habitación		MURO	Materiales			X	Humedad en muros de bahareque	
A	Planta Baja	Habitación		MURO	Materiales			X	Moho en muros estructurales	
A	Planta Baja	Pasillo		PISO	Mantenimiento			X	Hundimientos y desgaste en pisos	
A	Primera Planta Alta	Habitación		MURO	Materiales			X	Desprendimiento en muro de ladrillo	
A	Primera Planta Alta	Habitación		PUERTAS-VENTANAS	Constructiva			X	Manchas por humedad y alteraciones en los marcos en puertas	

A	Primera Planta Alta	Habitación	MURO		Constructiva		X		Fisura en muro de bahareque	
A	Segunda Planta Alta	Habitación	VIGA		Constructiva			X	Intervención estructural en muros de bahareque y vigas de madera	
A	Segunda Planta Alta	Habitación	VIGA		Materiales			X	Carbonización en la madera	
A	Segunda Planta Alta	Habitación		TABIQUE	Mantenimiento			X	Decoloración en tabiques de madera	
A	Segunda Planta Alta	Habitación		MURO	Mantenimiento			X	Suciedad en el interior en muros	

A	Segunda Planta Alta	Fachada		PAREDES	Mantenimiento			X	Exfoliación de pintura en elementos de madera de fachada interior	
A-B	Planta Baja	Patio		PISO	Constructiva			X	Hundimientos y desprendimientos (faltantes) en pisos exteriores del patio interior	
B	Sótano	Sótano	MURO		Constructiva			X	Pandeo en muro de piedra	
B	Sótano	Sótano	VIGA		Materiales			X	Carbonización en la madera	
B	Planta Baja	Habitación	MURO		Constructiva	X			Grieta en muro de bahareque	

B	Planta Baja	Habitación	MURO		Constructiva			X	Colapso parcial en muros de bahareque	
B	Planta Baja	Habitación		MURO	Materiales			X	Humedad en muros de bahareque	
B	Planta Baja	Habitación		TABIQUE	Materiales			X	Perforaciones que rompen la continuidad de varejones y carrizos en tabiques	
B	Planta Baja	Habitación		CIELO RASO	Constructiva			X	Desprendimientos y rotura de cielos rasos	
B	Primera Planta Alta	Habitación	MURO		Constructiva		X		Fisura en muro de bahareque	

B	Primera Planta Alta	Habitación	VIGA		Constructiva			X	Fendas de secado en vigas de entrepiso	
B	Primera Planta Alta	Habitación		MURO	Materiales			X	Desprendimiento en muro de bahareque	
B	Primera Planta Alta	Habitación		MURO	Constructiva		X		Desprendimientos, fisuras y efloraciones en muros de bahareque	
B	Primera Planta Alta	Habitación		MURO	Mantenimiento			X	Suciedad en el interior en muros	
B	Primera Planta Alta	Escaleras		ESCALERAS	Mantenimiento			X	Desprendimientos y alteraciones en la pintura en la escalera	

B	Segunda Planta Alta	Habitación	VIGA		Constructiva			X	Intervención estructural en muros de bahareque y vigas de madera	
B	Segunda Planta Alta	Habitación	VIGA		Constructiva			x	Xilófagos en vigas de entrepiso	
B	Segunda Planta Alta	Habitación	MURO		Constructiva			X	Colapso parcial en muros de bahareque por corte o interrupción de piezas internas de madera	
B	Segunda Planta Alta	Fachada	MURO		Constructiva		X		Desprendimientos, fisuras y efloraciones en muros de la fachada norte	
B	Segunda Planta Alta	Habitación	TABIQUE		Mantenimiento			X	Decoloración en tabiques de madera	

B	Tercera Planta Alta	Habitación		MURO	Mantenimiento			X	Moho en vigas de cubierta de madera	
B	Tercera Planta Alta	Mirador		PAREDES	Mantenimiento			X	Desgaste natural de las paredes	

ANEXO B

ENSAYOS EN ESPECÍMENES DE MADERA ACORDE A ASTM D 143

Solicitado por: Ing. Sebastián Valencia Redrován

Realizado por: Ing. Luis Ortega Peñafiel

Proyecto: Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación patrimonial Quinta San José, del Municipio de Azogues, año 1930

Ubicación: Azogues

Resumen de resultados

Tabla 1: Resumen de ensayos a flexión

Muestra	B (cm)	H (cm)	L (cm)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
1	2.9	2.9	44.0	269.61	0.729	368.72
2	2.9	2.9	44.0	235.74	0.637	442.14
3	2.9	2.9	44.0	231.36	0.625	445.30
4	2.9	2.9	44.0	231.43	0.625	123.69
5	2.9	2.9	44.0	187.71	0.507	256.56
6	2.9	2.9	44.0	223.7	0.605	167.64
7	2.9	2.9	44.0	205.82	0.556	276.54
8	2.9	2.9	44.0	182.12	0.492	103.50
9	2.9	2.9	44.0	231.44	0.625	193.23
10	2.9	2.9	44.0	223.95	0.605	348.23
Promedio					0.601	272.56

Tabla 2 Resumen de ensayos a compresión

Muestra	B (cm)	H (cm)	L (cm)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
1B	5.2	5.2	20.0	344.61	0.637	368.72
2B	5.2	5.2	20.0	310.35	0.574	442.14
3B	5.2	5.2	20.0	339.35	0.627	445.30
4B	5.2	5.2	20.0	323.28	0.598	123.69
5B	5.2	5.2	20.0	387.91	0.717	256.56
1C	5.2	5.2	15.2	270.58	0.658	138.27
2C	5.2	5.2	15.2	225.22	0.548	163.15
3C	5.2	5.2	15.2	278.83	0.678	118.59
4C	5.2	5.2	15.2	267.15	0.650	136.33
5C	5.2	5.2	15.2	253.1	0.616	124.20
Promedio					0.630	231.70

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 1

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 269.61g

Densidad: 0.729 g/cm³

Fuerza máxima: 1.33 kN

Esfuerzo máximo: 36.13 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 3.01mm

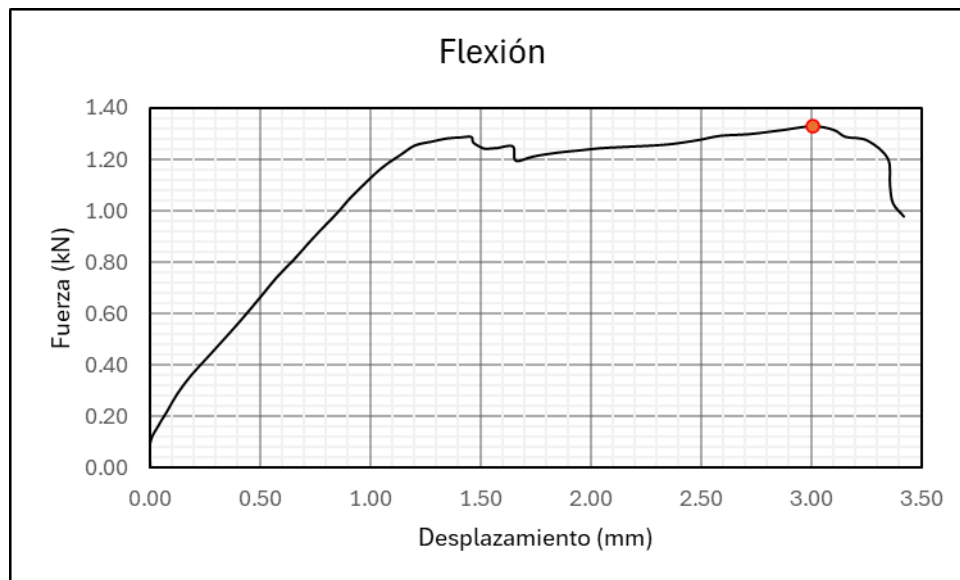


Gráfico 1 Resultados muestra 1

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 2

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 235.74g

Densidad: 0.637 g/cm³

Fuerza máxima: 1.60 kN

Esfuerzo máximo: 43.36 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 4.49mm

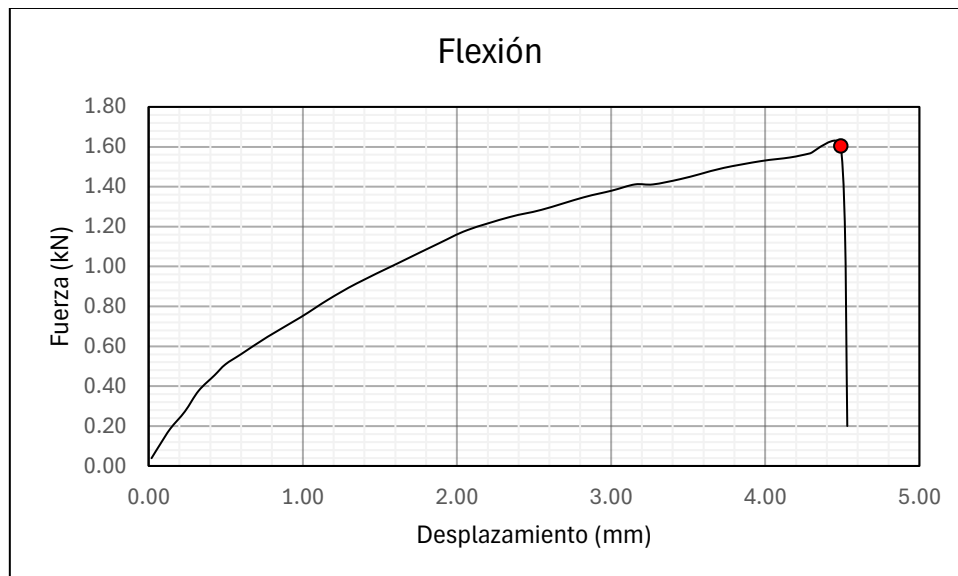


Gráfico 2 Resultados muestra 2

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 3

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 231.36g

Densidad: 0.625 g/cm³

Fuerza máxima: 1.61 kN

Esfuerzo máximo: 43.67 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 5.71mm

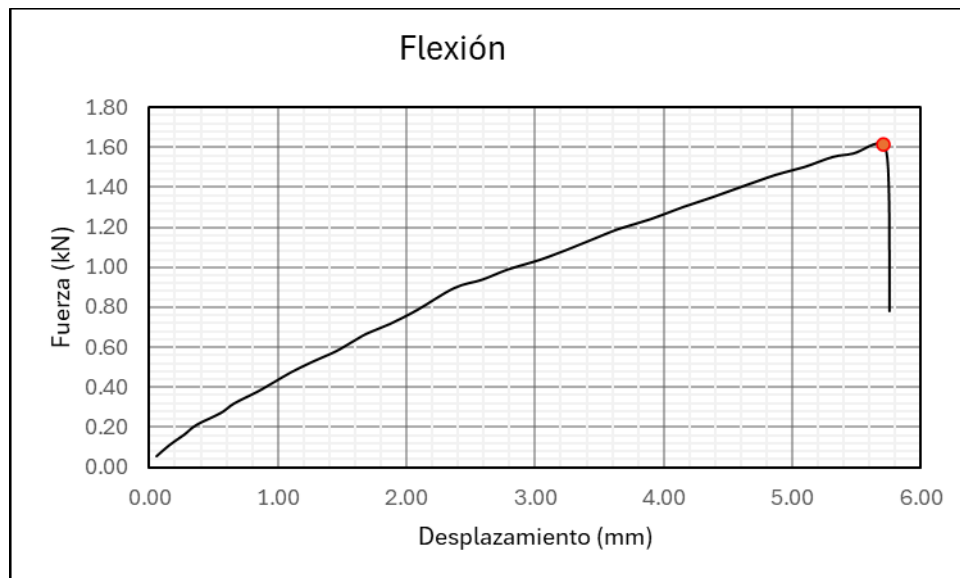


Gráfico 3 Resultados muestra 3

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 4

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 231.43g

Densidad: 0.625 g/cm³

Fuerza máxima: 0.45 kN

Esfuerzo máximo: 12.13 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 3.67mm

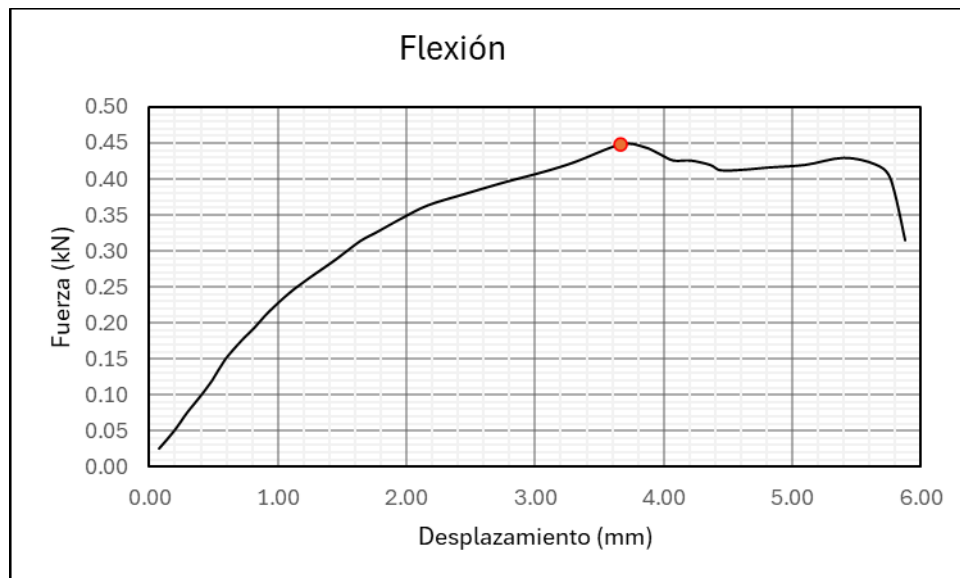


Gráfico 4 Resultados muestra 4

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 5

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 187.71g

Densidad: 0.507 g/cm³

Fuerza máxima: 0.93 kN

Esfuerzo máximo: 25.16 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 4.45mm

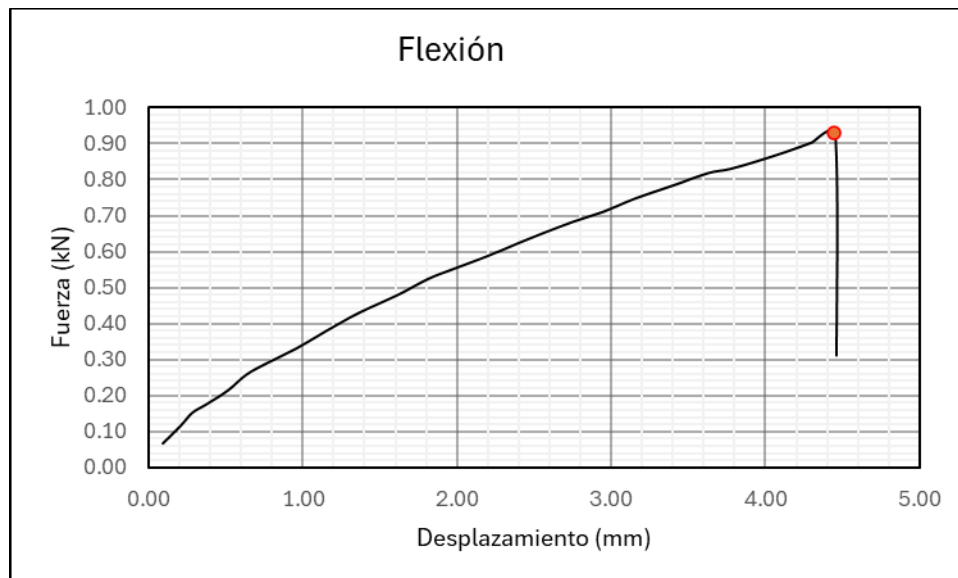


Gráfico 5 Resultados muestra 5

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 6

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 223.70g

Densidad: 0.604 g/cm³

Fuerza máxima: 0.61 kN

Esfuerzo máximo: 16.44 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 4.49mm

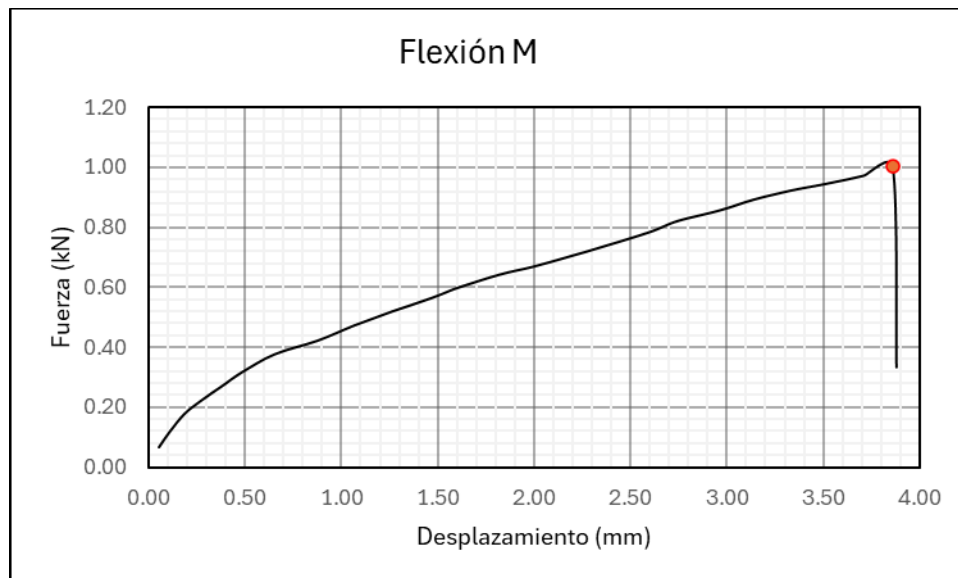


Gráfico 6 Resultados muestra 6

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 7

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 205.82g

Densidad: 0.556 g/cm³

Fuerza máxima: 1.00 kN

Esfuerzo máximo: 27.12 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 3.86mm

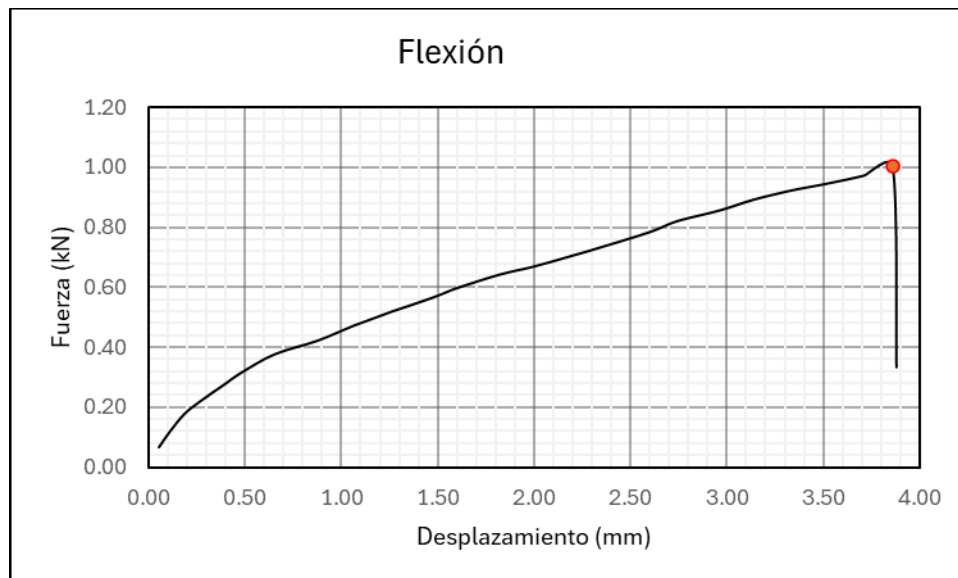


Gráfico 7 Resultados muestra 7

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 8

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 182.12g

Densidad: 0.492 g/cm³

Fuerza máxima: 0.37 kN

Esfuerzo máximo: 10.15 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 4.58mm

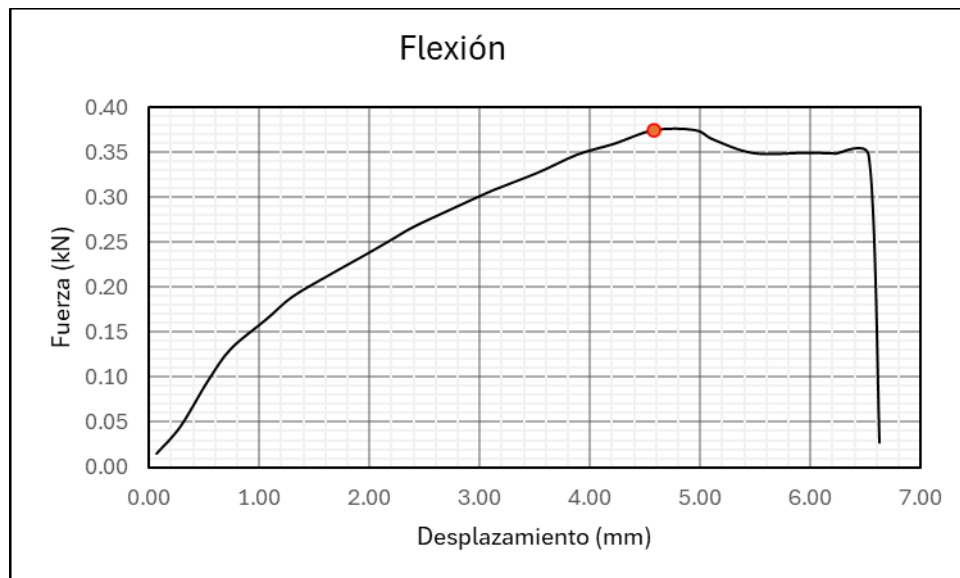


Gráfico 8 Resultados de muestra 8

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 9

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 231.44g

Densidad: 0.625 g/cm³

Fuerza máxima: 0.70 kN

Esfuerzo máximo: 18.95 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 6.11mm

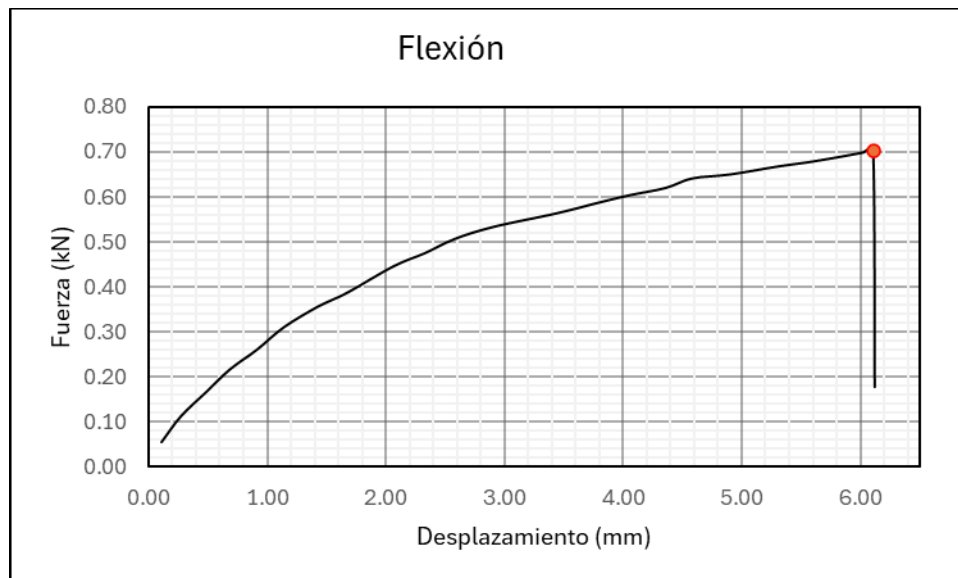


Gráfico 9 Resultados muestra 9

Ensayo a flexión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 1.3 mm/min

Muestra: 10

Dimensiones: 2.9cm x 2.9cm x44.0cm

Área: 8.41 cm²

Peso: 223.95g

Densidad: 0.605 g/cm³

Fuerza máxima: 1.27 kN

Esfuerzo máximo: 34.15 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 6.58mm

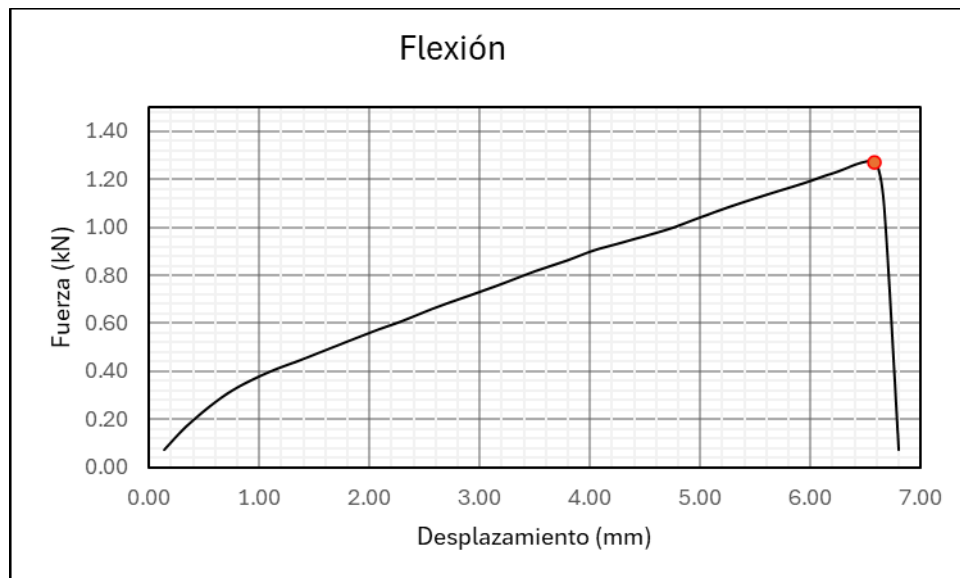


Gráfico 10 Resultados muestra 10

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.6 mm/min

Muestra: 1B

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx20.0cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 344.61g

Densidad: 0.637 g/cm³

Fuerza máxima: 35.68 kN

Esfuerzo máximo: 13.20 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 1.30mm

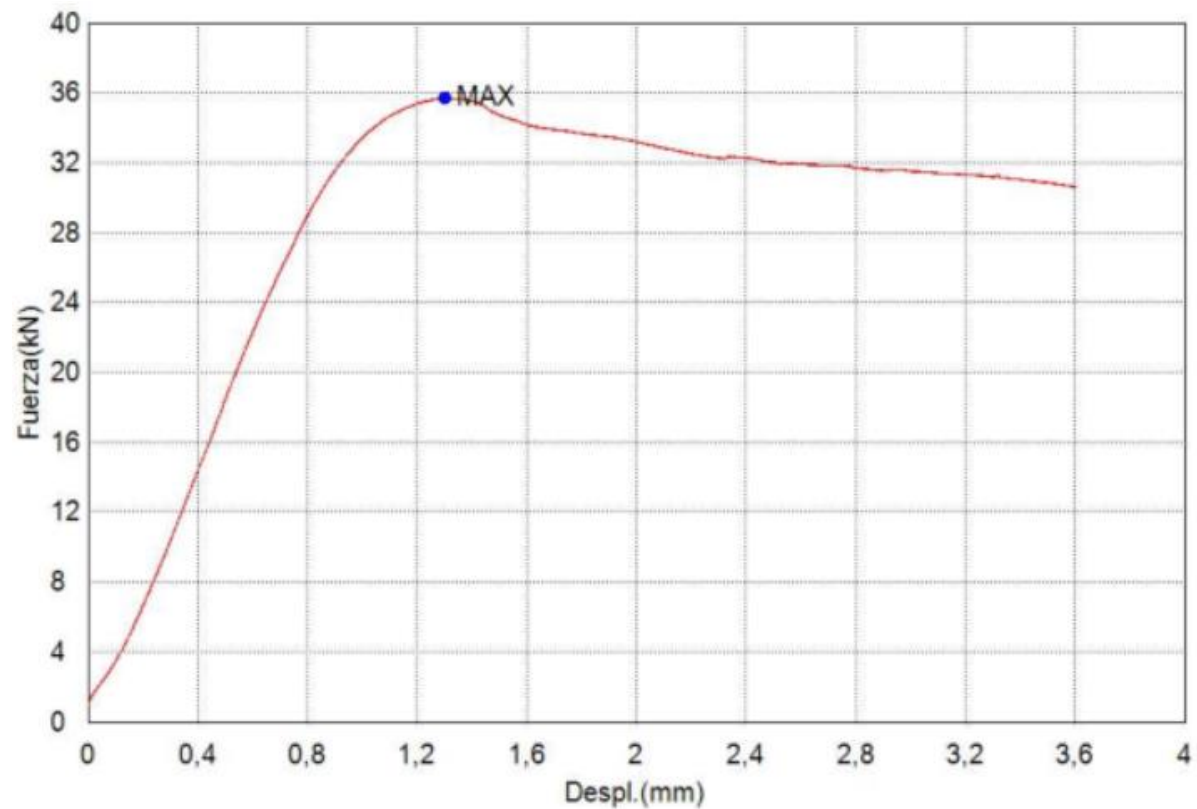


Gráfico 11 Resultados muestra 1B

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.6 mm/min

Muestra: 2B

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx20.0cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 310.35g

Densidad: 0.574 g/cm³

Fuerza máxima: 32.66 kN

Esfuerzo máximo: 12.08 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 2.94mm

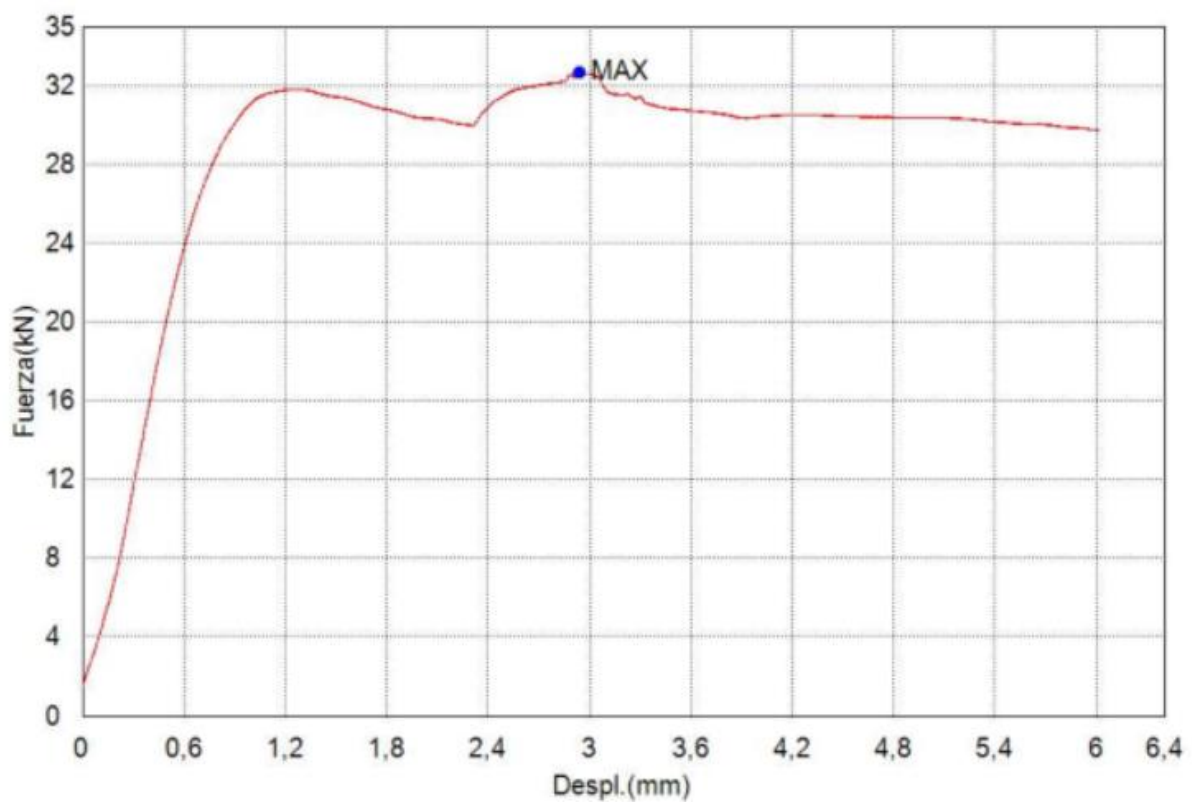


Gráfico 12 Resultados de muestra 2B

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.6 mm/min

Muestra: 3B

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx20.0cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 339.35g

Densidad: 0.627 g/cm³

Fuerza máxima: 35.95 kN

Esfuerzo máximo: 13.29 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 0.99 mm

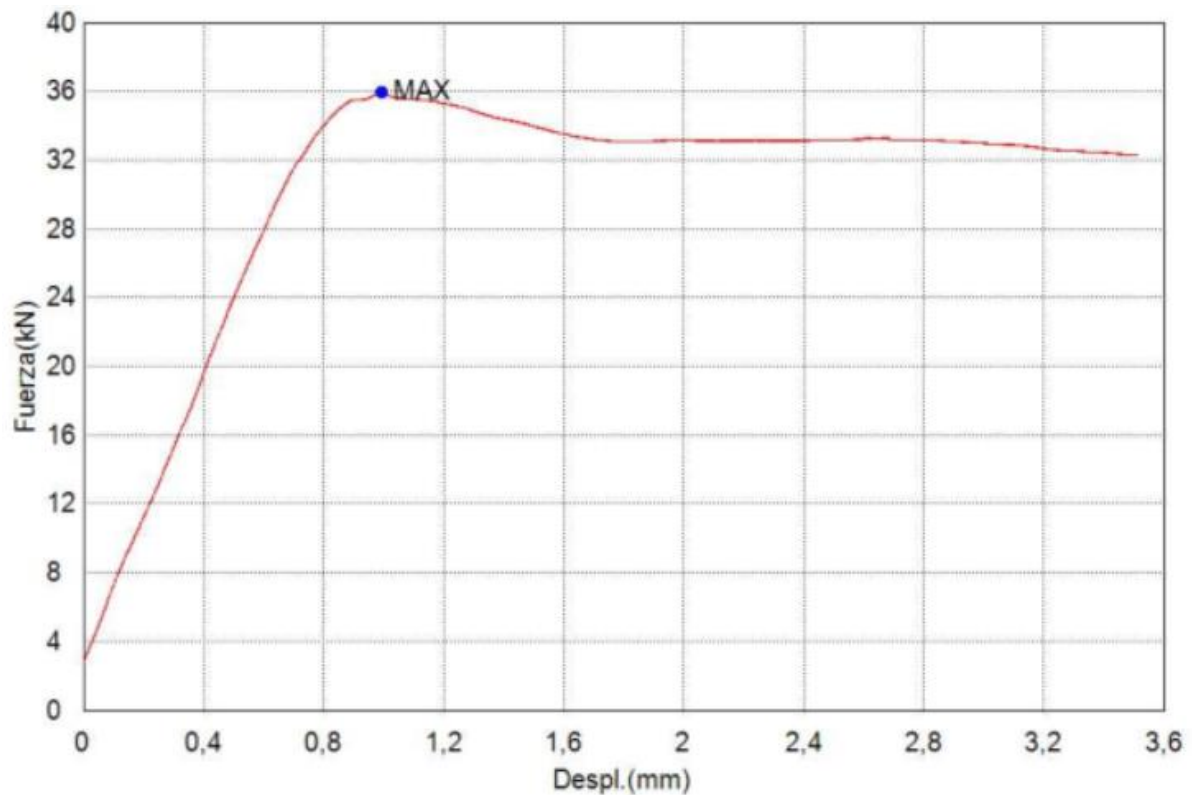


Gráfico 13 Resultados de muestra 3B

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.6 mm/min

Muestra: 4B

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx20.0cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 323.28g

Densidad: 0.598 g/cm³

Fuerza máxima: 40.82 kN

Esfuerzo máximo: 15.10 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 1.32 mm

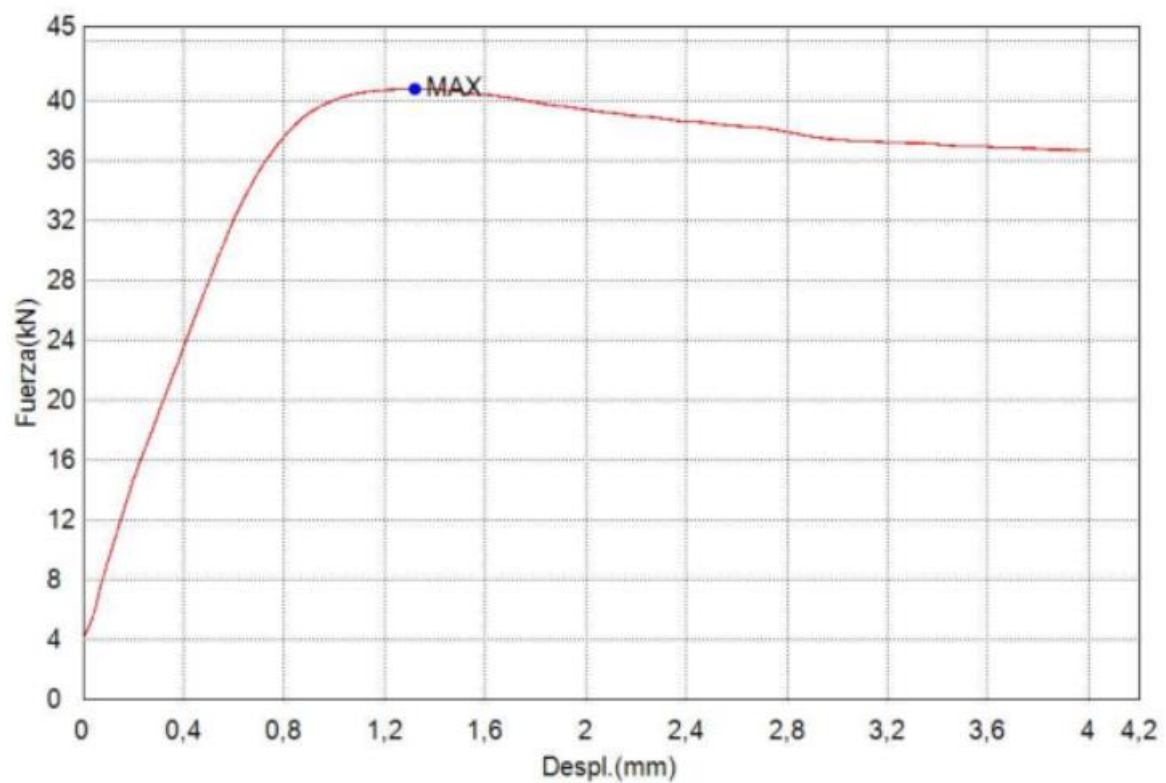


Gráfico 14 Resultados de muestra 4B

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.6 mm/min

Muestra: 5B

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx20.0cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 387.91g

Densidad: 0.717 g/cm³

Fuerza máxima: 19.74 kN

Esfuerzo máximo: 7.30 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 2.88 mm

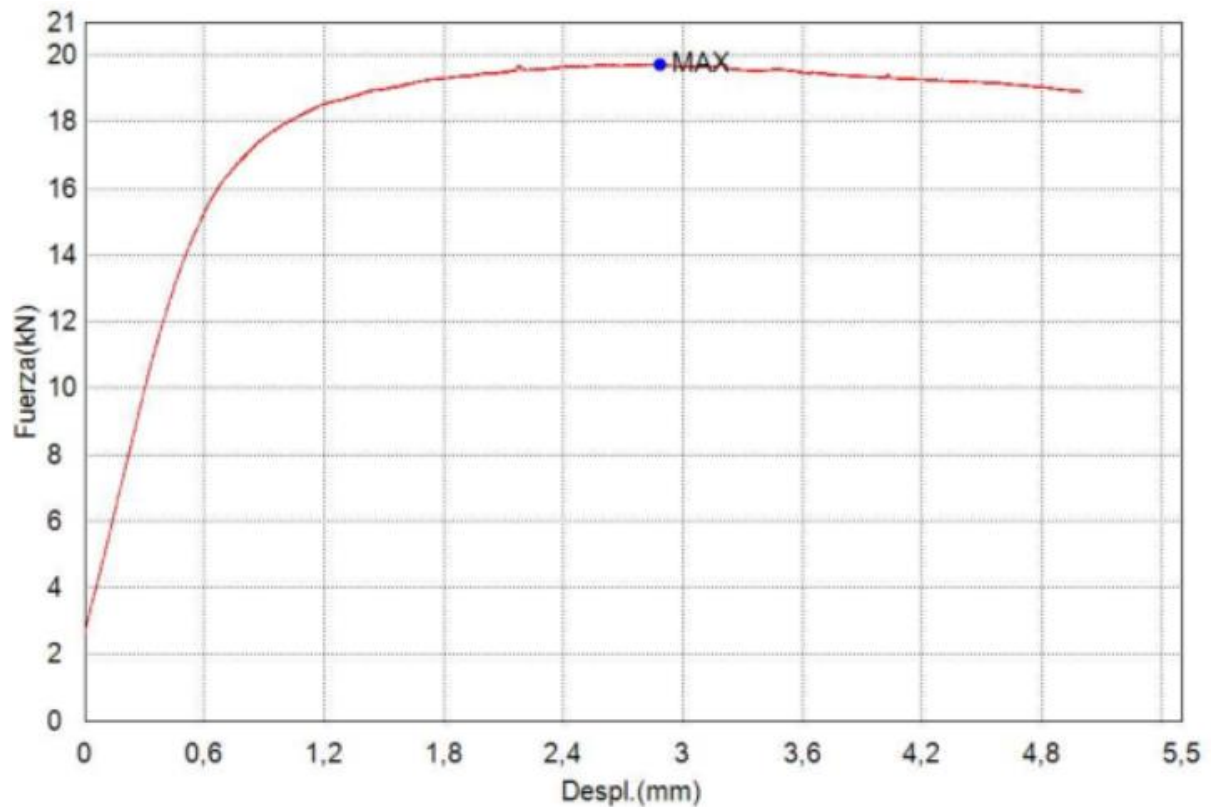


Gráfico 15 Resultados de muestra 5B

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.5 mm/min

Muestra: 1C

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx15.2cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 270.58g

Densidad: 0.658 g/cm³

Fuerza máxima: 36.68 kN

Esfuerzo máximo: 13.56 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 2.87 mm

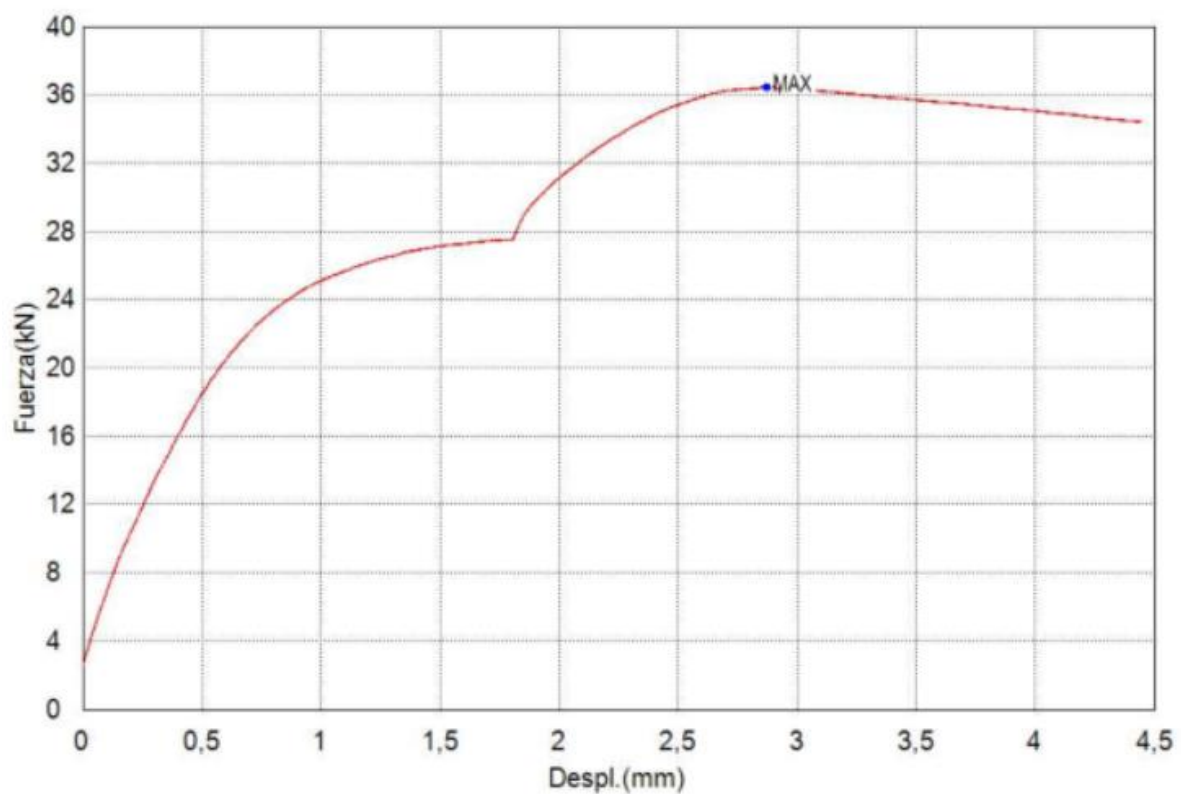


Gráfico 16 Resultados de muestra 1C

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.5 mm/min

Muestra: 2C

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx15.2cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 225.22g

Densidad: 0.548 g/cm³

Fuerza máxima: 43.26 kN

Esfuerzo máximo: 16.00 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 1.03 mm

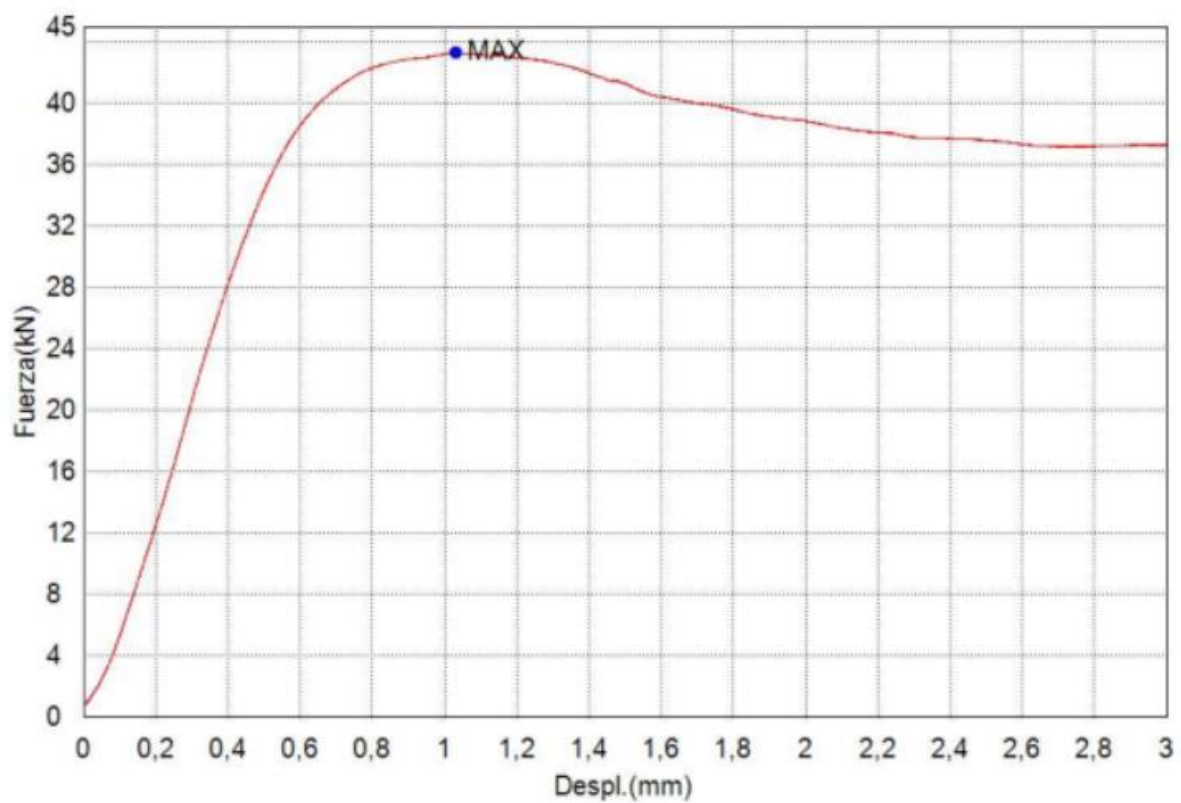


Gráfico 17 Resultados muestra 2C

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.5 mm/min

Muestra: 3C

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx15.2cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 278.83g

Densidad: 0.678 g/cm³

Fuerza máxima: 31.45 kN

Esfuerzo máximo: 11.63 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 2.69 mm

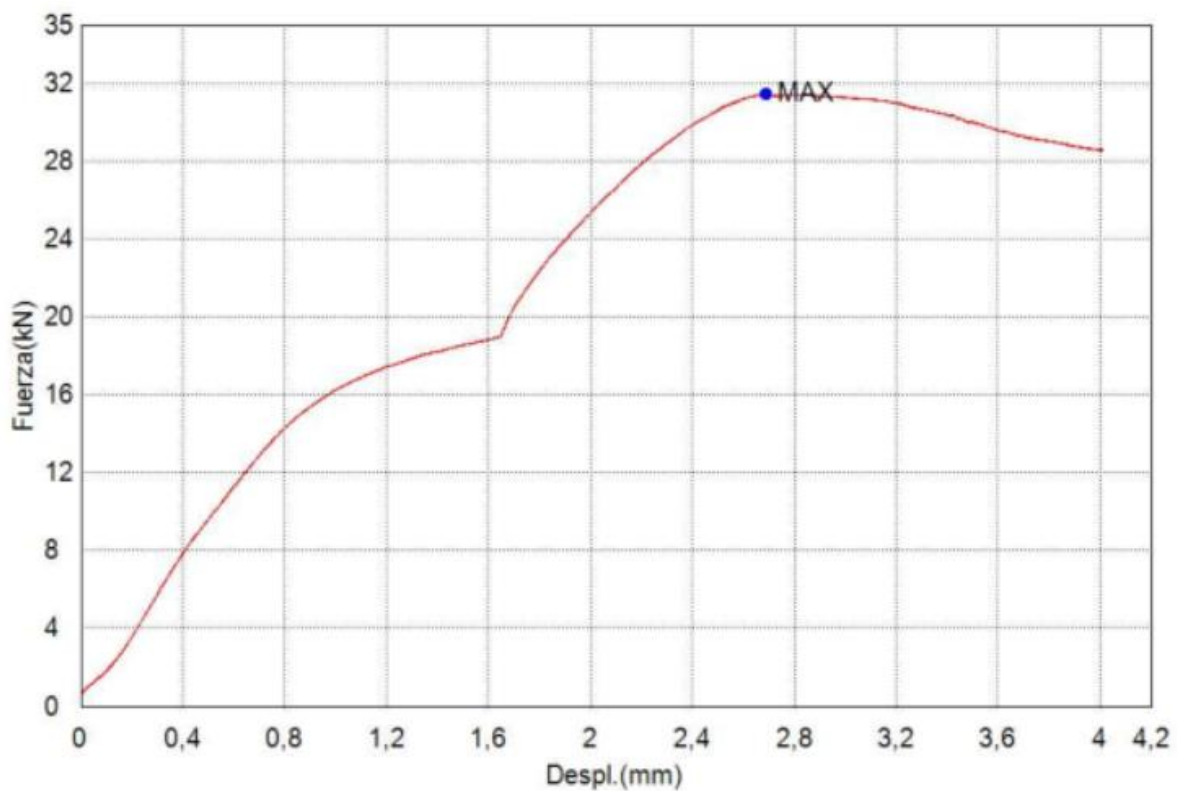


Gráfico 18 Resultados de muestra 3C

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.5 mm/min

Muestra: 4C

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx15.2cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 267.15g

Densidad: 0.650 g/cm³

Fuerza máxima: 36.15 kN

Esfuerzo máximo: 13.37 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 5.13 mm

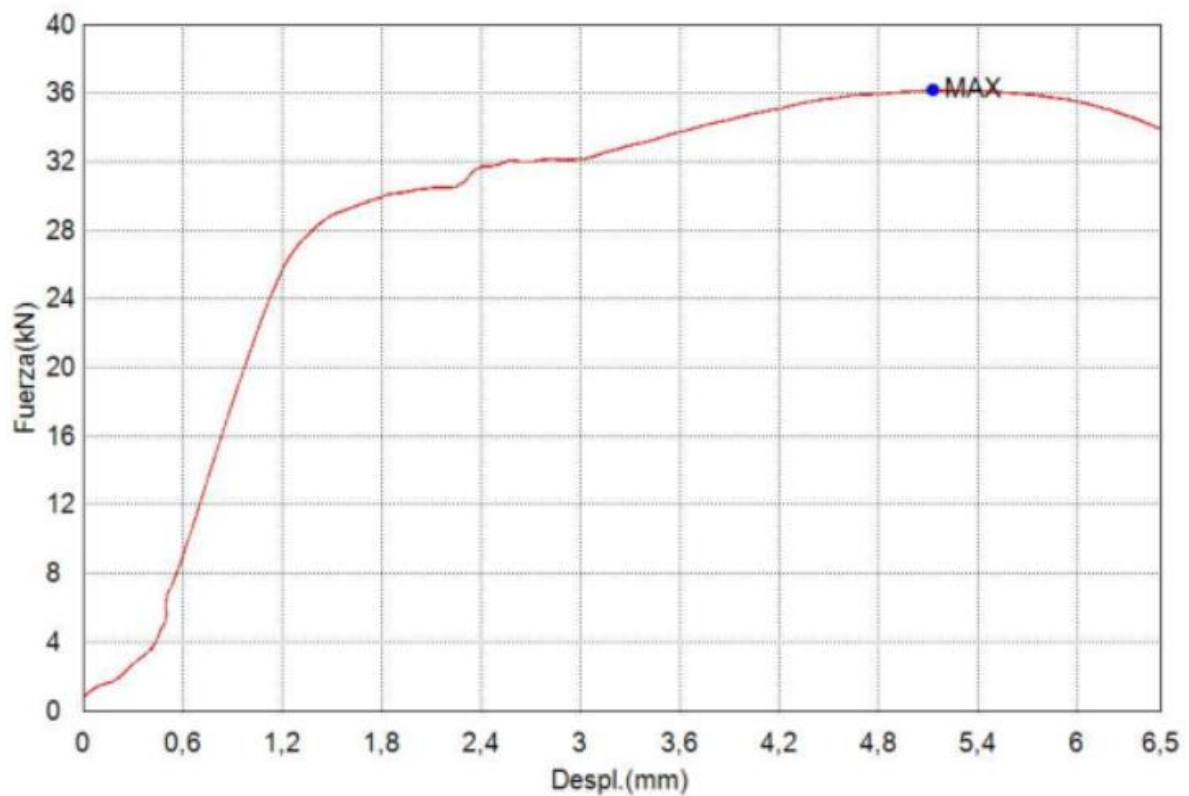


Gráfico 19 Resultados de muestra 4C

Ensayo a compresión en madera

Normativa: ASTM D143

Velocidad de ensayo 0.5 mm/min

Muestra: 5C

Dimensiones: 5.2cmx5.2cmx15.2cm

Área: 27.04 cm²

Peso: 253.10g

Densidad: 0.616 g/cm³

Fuerza máxima: 32.93 kN

Esfuerzo máximo: 12.18 MPa

Desplazamiento en esfuerzo máximo: 1.29 mm

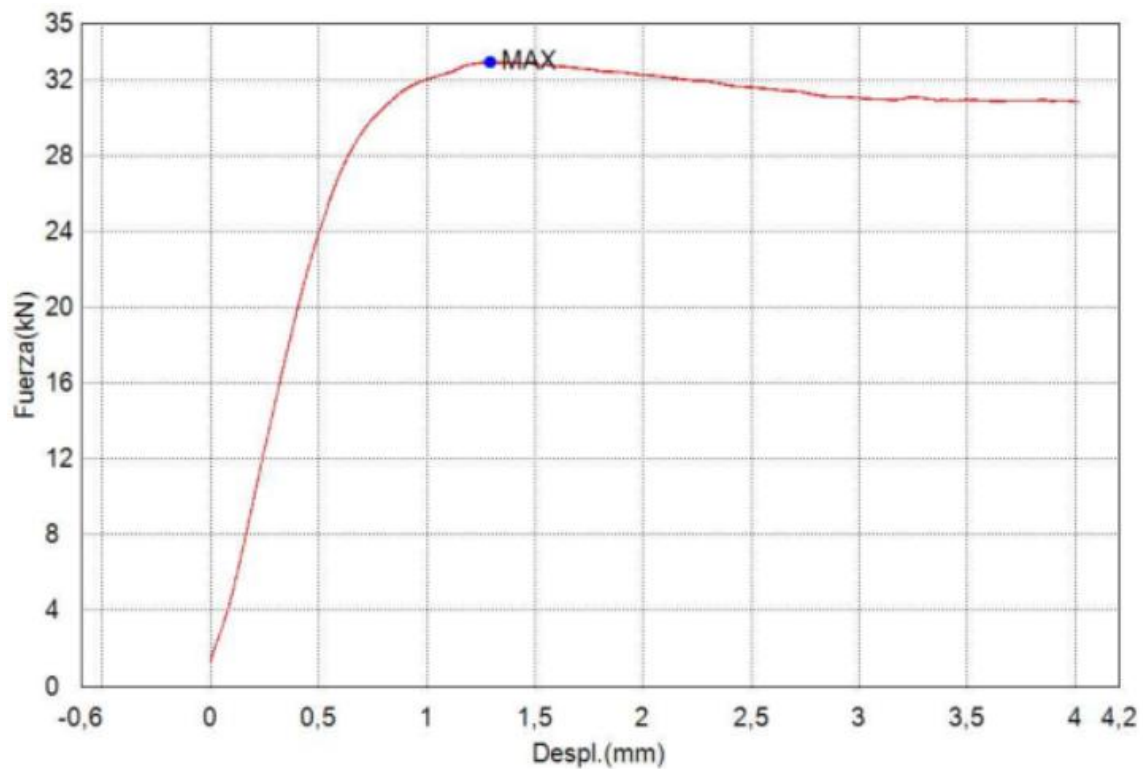


Gráfico 20 Resultados de muestra 5C



Firmado electrónicamente por:
LUIS ANTONIO ORTEGA
PENAFIEL

Luis Antonio Ortega Peñañiel
Ing. Civil – Mgtr. Geotecnia Aplicada
REG. SENESCYT 1007-2018-1976803
Correo: luis.ortega.penafiel@gmail.com
Teléfono/WhatsApp: 0996239675

ANEXO C

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Solicita Ing. Sebastián Valencia Redrován
Muestra 1

Proyecto: Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación patrimonial Quinta San José, del Municipio de Azogues, año 1930

Ubicación: Azogues
Fecha: 28/01/25

Tabla 1: Cálculo de humedades de la muestra

Número de tara	21	41	31
Muestra húmeda + tara (g)	53.30	59.89	40.42
Muestra seca + tara (g)	41.16	45.71	32.66
Peso de tara (g)	9.78	8.98	9.73
Peso de agua (g)	12.14	14.18	7.76
Peso muestra seca (g)	31.38	36.73	22.93
Porcentaje de humedad	38.7%	38.6%	33.8%
Humedad promedio	37.0%		

Datos para análisis por tamizado

Peso seco antes de lavado (g):	435.83
Peso seco después de lavado (g):	181.44
Peso seco total después del ensayo (g):	181.42
Error:	0.01%

Tabla 2: Datos para granulometría fracción fina por tamizado

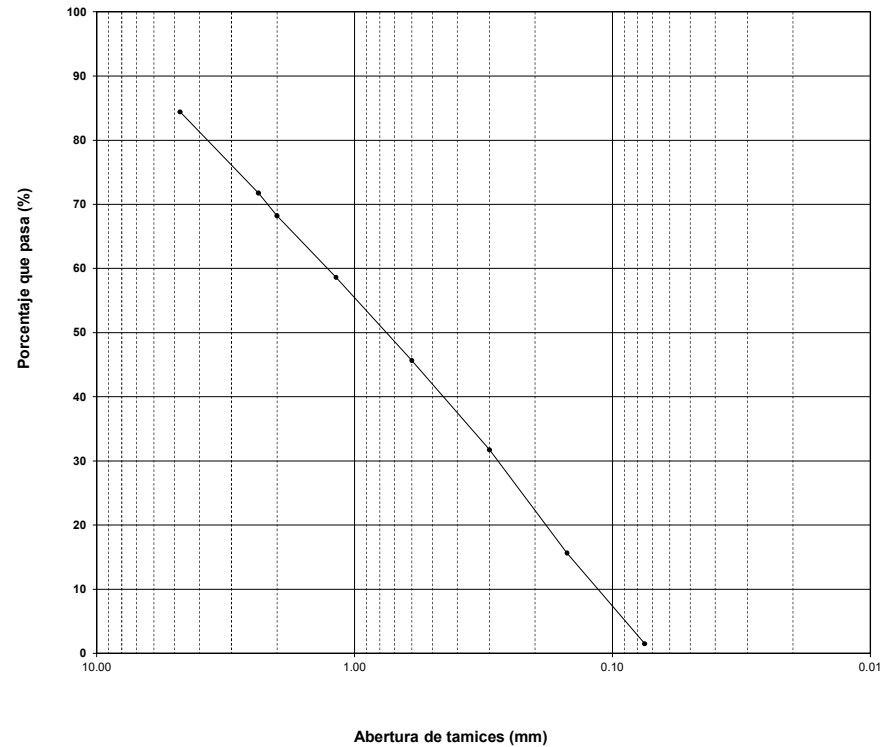
Tamiz	Abertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (g)	Peso ret. correg. (g)	Peso ret. acum. (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje pasante
Nro. 4	4.750	28.33	28.33	28.33	15.61	84.39
Nro. 8	2.360	22.90	22.90	51.23	28.24	71.76
Nro. 10	2.000	6.45	6.45	57.68	31.79	68.21
Nro. 16	1.180	17.41	17.41	75.09	41.39	58.61
Nro. 30	0.600	23.54	23.54	98.63	54.36	45.64
Nro. 50	0.300	25.28	25.28	123.91	68.29	31.71
Nro. 100	0.150	29.15	29.17	153.08	84.37	15.63
Nro. 200	0.075	25.67	25.67	178.75	98.52	1.48
FONDO	-	2.69	-	-	-	-

Observaciones: para el tamizado no se incluyó la paja, esta fue separada y pesada aparte.

Tabla 3: Composición del material

Elemento	Peso (g)	Porcentaje
Paja	2.58	0.6%
Arcilla	257.08	58.6%
Arena	150.42	34.3%
Grava	28.33	6.5%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Firmado electrónicamente por:
LUIS ANTONIO ORTEGA
PENAFIEL

Ing. Luis Ortega Peñañiel

ANEXO D

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Solicita Ing. Sebastián Valencia Redrován
Muestra 2

Proyecto: Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación patrimonial Quinta San José, del
Municipio de Azogues, año 1930

Ubicación: Azogues
Fecha: 28/01/25

Tabla 1: Cálculo de humedades de la muestra

Número de tara	10	11	12
Muestra húmeda + tara (g)	53.30	59.89	40.42
Muestra seca + tara (g)	53.02	59.75	40.25
Peso de tara (g)	9.78	8.98	9.73
Peso de agua (g)	0.28	0.14	0.17
Peso muestra seca (g)	43.24	50.77	30.52
Porcentaje de humedad	0.6%	0.3%	0.6%
Humedad promedio	0.5%		

Datos para análisis por tamizado

Peso seco antes de lavado (g): 1152.92
Peso seco después de lavado (g): 527.10
Peso seco total después del ensayo (g): 526.32
Error: 0.15%

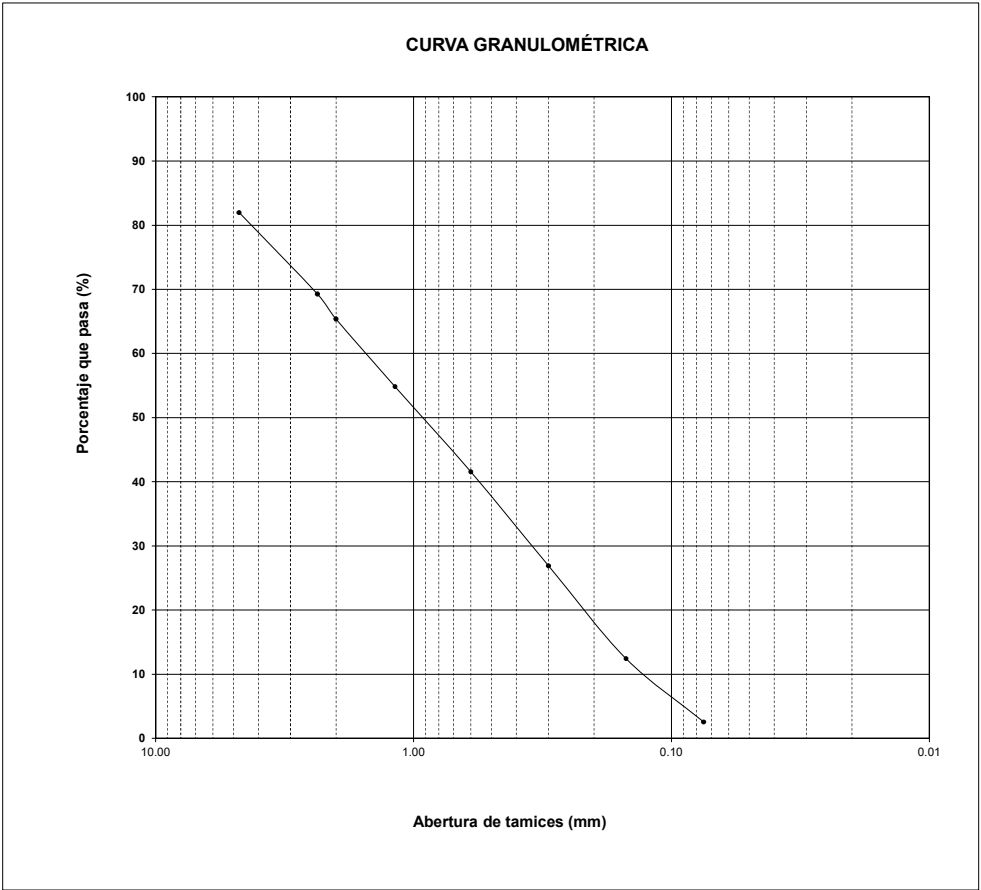
Tabla 2: Datos para granulometría fracción fina por tamizado

Tamiz	Abertura Tamiz (mm)	Peso ret. parcial (g)	Peso ret. correg. (g)	Peso ret. acum. (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje pasante
Nro. 4	4.750	94.37	95.15	95.15	18.05	81.95
Nro. 8	2.360	66.86	66.86	162.01	30.74	69.26
Nro. 10	2.000	20.53	20.53	182.54	34.63	65.37
Nro. 16	1.180	55.55	55.55	238.09	45.17	54.83
Nro. 30	0.600	70.02	70.02	308.11	58.45	41.55
Nro. 50	0.300	77.19	77.19	385.30	73.10	26.90
Nro. 100	0.150	76.30	76.30	461.60	87.57	12.43
Nro. 200	0.075	52.01	52.01	513.61	97.44	2.56
FONDO	-	13.49	-	-	-	-

Observaciones: para el tamizado no se incluyó la paja, esta fue separada y pesada aparte.

Tabla 3: Composición del material

Elemento	Peso (g)	Porcentaje
Paja	41.01	3.43%
Arcilla	680.32	56.98%
Arena	378.23	31.68%
Grava	94.37	7.90%



Firmado electrónicamente por:
LUIS ANTONIO ORTEGA
PENAFIEL

Ing. Luis Ortega Peñañiel

ANEXO E

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

PRESUPUESTO REFERENCIAL POR UNIDAD

Obra: Rehabilitación Patrimonial de la Quinta San José			Fecha: Enero de 2025		
Ubicación: Azogues					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	Columna de madera de 20 x 20 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	29.27	29.27
2	Columna de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	21.88	21.88
3	Viga de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	26.24	26.24
4	Diagonal de madera de 12 x 12 cm tratada (diferentes tipos de medidas)	m	1.00	15.25	15.25
5	Pared de bahareque	m2	1.00	144.02	144.02
6	Empañetado para paredes	m2	1.00	7.61	7.61
7	Pintura de caucho latex	m2	1.00	5.86	5.86
8	Pintura mate para elementos de madera	m2	1.00	6.36	6.36

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem	1
Descrip.:	Columna de madera de 20 x 20 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)
Unidad:	m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de carpintería	Hora	1.00000	0.25	0.67000	0.17
Herramienta menor de carpintería	Hora	1.00000	0.40	0.67000	0.27
Sierra cepilladora canteadora	Hora	1.00000	0.80	0.67000	0.54
					0.97

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Lija	pliego	2.00000	0.62		1.24
Antipolillante para madera	gal	0.15000	11.18		1.68
Laca para madera tipo A	gl	0.06000	20.00		1.20
Elemento de madera eucalipto de 20 x 20 x 100 cm	m	1.00000	13.60		13.60
					17.72

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.67000	2.83	
Carpintero	1.00	4.28	0.67000	2.87	
					5.70

Costo Directo Total: 24.39

COSTOS INDIRECTOS

20% 4.88

Precio Unitario Total	29.27
-----------------------	-------

Son: VEINTE Y NUEVE CON 27/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 2
Descrip.: Columna de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)
Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de carpintería	Hora	1.00000	0.25	0.45800	0.11
Herramienta menor de carpintería	Hora	1.00000	0.40	0.45800	0.18
Sierra cepilladora canteadora	Hora	1.00000	0.80	0.45800	0.37
					0.66

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Lija	pliego	1.50000	0.62		0.93
Antipolillante para madera	gal	0.12000	11.18		1.34
Laca para madera tipo A	gl	0.05000	20.00		1.00
Elemento de madera eucalipto de 14 x 14 x 100 cm	m	1.00000	10.40		10.40
					13.67

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.45800	1.94	
Carpintero	1.00	4.28	0.45800	1.96	
					3.90

Costo Directo Total: 18.23

COSTOS INDIRECTOS

20% 3.65

Precio Unitario Total **21.88**

Son: VEINTE Y UNO CON 88/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 3
 Descrip.: Viga de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada (diferentes tipos de medidas)
 Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de carpintería	Hora	1.00000	0.25	0.82300	0.21
Herramienta menor de carpintería	Hora	1.00000	0.40	0.82300	0.33
Sierra cepilladora canteadora	Hora	1.00000	0.80	0.82300	0.66
					1.19

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Lija	pliego	1.50000	0.62		0.93
Antipolillante para madera	gal	0.12000	11.18		1.34
Laca para madera tipo A	gl	0.05000	20.00		1.00
Elemento de madera eucalipto de 14 x 14 x 100 cm	m	1.00000	10.40		10.40
					13.67

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.82300	3.48	
Carpintero	1.00	4.28	0.82300	3.52	
					7.00

Costo Directo Total: 21.87

COSTOS INDIRECTOS

20% 4.37

Precio Unitario Total 26.24

Son: VEINTE Y SEIS CON 24/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 4
 Descrip.: Diagonal de madera de 12 x 12 cm tratada (diferentes tipos de medidas)
 Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo de carpintería	Hora	1.00000	0.25	0.37900	0.09
Herramienta menor de carpintería	Hora	1.00000	0.40	0.37900	0.15
Sierra cepilladora canteadora	Hora	1.00000	0.80	0.37900	0.30
					0.55

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Lija	pliego	1.00000	0.62		0.62
Antipolillante para madera	gal	0.10000	11.18		1.12
Elemento de madera eucalipto de 12 x 12 x 100 cm	m	1.00000	7.20		7.20
					8.94

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.37900	1.60	
Carpintero	1.00	4.28	0.37900	1.62	
					3.23

Costo Directo Total: 12.71

COSTOS INDIRECTOS

20% 2.54

Precio Unitario Total 15.25

Son: ONCE CON 47/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 5
 Descripción: Pared de bahareque
 Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor	Hora	1.00000	0.40	6.00000	2.40
					2.40

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Mortero de barro	m3	0.40000	60.40		24.16
Duela de eucalipto 14x300cm	u	0.50000	3.60		1.80
Carrizo	u	60.00000	0.08		4.80
Fungicida tipo merulex o similar	kg	0.80000	3.85		3.08
Ladrillo molido	m3	0.10000	12.00		1.20
Varios	u	1.00000	1.60		1.60
					36.64

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra				
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	2.00	4.23	6.00000	50.76
Técnico obras civiles	1.00	4.52	1.00500	4.54
Albañil	1.00	4.28	6.00000	25.68
				80.98

Costo Directo Total: 120.02

COSTOS INDIRECTOS

20% 24.00

Precio Unitario Total 144.02

Son: CIENTO CUARENTA Y CUATRO CON 02/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 6
 Descrip.: Empañetado para paredes
 Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta menor	Hora	2.00000	0.40	0.50000	0.20
					0.20

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Guano de caballo	m3	0.01000	16.00		0.16
Agua	lt	4.00000	0.01		0.04
Tierra amarilla	m3	0.00500	16.00		0.08
					0.28

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.50000	2.12	
Técnico obras civiles	1.00	4.52	0.35500	1.60	
Albañil	1.00	4.28	0.50000	2.14	
					5.86

Costo Directo Total: 6.34

COSTOS INDIRECTOS

20% 1.27

Precio Unitario Total 7.61

Son: SIETE CON 61/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 7
 Descripción: Pintura de caucho latex
 Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Herramienta manual y menor de construccion	Hora	1.00000	0.40	0.40000	0.16
					0.16

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Agua	m3	0.00200	0.45		0.00
Lija para paredes	u	0.50000	0.60		0.30
Latex vinil acrilico int/ext domestico	gl	0.03000	14.00		0.42
Albalux	kg	0.36000	0.15		0.05
Cola blanca	l	0.05000	1.30		0.07
					0.84

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra				
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
Peón	1.00	4.23	0.40000	1.69
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.75	0.10000	0.48
Pintor	1.00	4.28	0.40000	1.71
				3.88

Costo Directo Total: 4.88

COSTOS INDIRECTOS

20% 0.98

Precio Unitario Total 5.86

Son: CINCO CON 86/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Métodos constructivos en madera y bahareque para la rehabilitación de la obra patrimonial Quinta San José del Municipio de Azogues, año 1930

Análisis de Precios Unitarios

Ítem 8

Descrip.: Pintura mate para elementos de madera

Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Equipo Pintura restauración	Hora	1.00000	1.50	0.25000	0.38
					0.38

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Lija para madera	pliego	0.10000	0.20		0.02
Pintura esmalte	gl	0.12000	16.93		2.03
Disolvente	galón	0.05000	3.60		0.18
					2.23

Transporte					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					0.00

Mano de Obra					
Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	
Peón	1.00	4.23	0.25000	1.06	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1.00	4.75	0.12000	0.57	
Pintor	1.00	4.28	0.25000	1.07	
					2.70

Costo Directo Total: 5.30

COSTOS INDIRECTOS

20% 1.06

Precio Unitario Total 6.36

Son: SEIS CON 36/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Columna de madera de 20 x 20 cm, terminado laca de poro abierto y tratada

Unidad: Metro (m)

Mano de obra mínima calificada: peón (1), carpintero (1)

Equipo mínimo: Equipo de carpintería, Herramienta menor de carpintería, Sierra cepilladora cantadora

Materiales mínimos: Lija, Antipolillante para madera, Laca para madera tipo A, Elemento de madera eucalipto de 20 x 20 x 100 cm

Descripción:

Consiste en el suministro, tratamiento e instalación de las piezas de madera aserrada y escuadrada según la dimensión requerida en los planos estructurales del proyecto, los elementos estructurales de madera eucalipto son columnas, vigas, diagonales o riostras y tiras, que serán ensambladas entre sí para conformar la estructura de soporte de la edificación.

Características y tratamiento de la madera eucalipto:

- Color: El duramen es de color marrón pálido, casi amarillo. La albura de color claro o gris pálido.



- Fibra: Entrelazada
- Grano: De medio a grueso

- Dureza y densidad: Tiene una densidad aproximada de 827.04 kg/m³, sin embargo, no es uniforme en todo el tronco. Semipesado.
- Dureza: Se trata de una madera semidura con 3,9 en el test de Monnin.
- Durabilidad: Puede usarse sin problemas al exterior, siempre y cuando se haya tratado correctamente.
- Estabilidad dimensional: Es una madera con importantes tensiones internas en maderas jóvenes, debiendo procurarse obtener las piezas de árboles adultos y añejos.
- Coeficiente de Contracción Volumétrico: 0,73% madera entre nerviosa y muy nerviosa.
- Propiedades Mecánicas:
 - Resistencia a la compresión: 234,50 kg/cm²
 - Resistencia a flexión estática: 305,90 kg/cm²
 - Módulo de elasticidad: 209.666,91kg/cm²
- Trabajabilidad: Ofrece buenos resultados tanto frente a herramienta manual como mecánica.
 - Aserrado: Difícil debido a la tensión propia del árbol al crecer. Requiere sierras bien afiladas.
 - Secado: Complejo, pueden aparecer fendas y/o curvaturas. La mejor forma de secar la madera de eucalipto es con tratamientos a base de vapor extremadamente cuidadosos, con temperaturas que no superen los 60°.
 - Cepillado. Sin dificultad.
 - Encolado. Fácil.
 - Clavado y Atornillado. Fácil, aunque es aconsejable realizar pretaladros, para evitar que se raje.
 - Para piezas de gran tamaño siempre es ideal encolar varias de tamaño más pequeño hasta conseguir la escuadría deseada. Se debe al riesgo de curvarse propio de la madera de eucalipto.
- Usos y aplicaciones: Originalmente el eucalipto era aplicado en usos en los que se requería resistencia y durabilidad, como por ejemplo en la

construcción naval y civil, suelos, postes de telégrafo, puentes, herramientas de mano, traviesas de ferrocarril. Ahora se usa también en carpintería y muebles.

- Durabilidad natural: Durabilidad en contacto con el suelo clase 3 (5 a 15 años) y durabilidad al exterior, no contacto con el suelo Clase 2 (15 a 40 años).

Procedimiento de ejecución y características técnicas:

Para la colocación de cada elemento estructural de madera, previamente se verificarán sus dimensiones, tratamiento y cortes para los ensambles correctos según el detalle estructural. No se colocarán piezas en mal estado o que presenten rajaduras que puedan afectar su resistencia estructural. En el proceso de armado no se apoyarán cargas hasta que se encuentren finalizados los empalmes y estabilizada la estructura, debiendo utilizar andamios o soportes exentos de la estructura.

Para el acabado de la madera, se deben masillar las imperfecciones, lijar y tratar con laca de poro abierto y repelente de insectos y termitas.

- Control de calidad, referencias, normativas y aprobaciones: La madera a utilizar deberá tener procedencia lícita que provenga de bosques plantados de origen conocido y definido para garantizar su madurez, resistencia y calidad. Que provenga de un programa de corte autorizado por la Autoridad Forestal Competente y que se movilice la madera con las respectivas guías, es decir de procedencia legal.
- Adhesivos: Los adhesivos a utilizar deberán tener características estructurales de uso al exterior, que garanticen su estabilidad y que cumplan las normas para resistencia estructural, por lo que de acuerdo a estos requerimientos se deberá utilizar adhesivos sintéticos.

El adhesivo de mejor desempeño para las estructuras de este tipo por su desempeño estructural al exterior es el de Melamina Urea formaldehído

(MUF) ya que presentan menores riesgos ecológicos y ambientales al momento de su utilización; igualmente las resinas MUF tienen resistencia al agua, al fuego y se puede utilizar al exterior, adicionalmente tiene un factor estético ya que no deja líneas de colas visibles en comparación a otras resinas en base de formaldehidos y es más común en el mercado.

Tolerancias: Las tolerancias son parte de las especificaciones técnicas del diseñador, que servirán como pautas para el control de calidad tanto para el constructor y fiscalización de la obra.

En sección transversal a) $-1+2$ mm en dimensiones menores de 150 mm, b) $-2\text{mm} + 4\text{mm}$ en dimensiones mayores de 150 mm en longitud -1 mm, $+ 3\text{mm}$ en todas las piezas.

En estructuras se debe considerar una tolerancia de 0,5 mm por metro de longitud, en altura se debe considerar 1 mm por metro de altura.

- Normas: Los requisitos establecidos en la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) serán de obligatorio cumplimiento a nivel nacional; por lo tanto, todos los profesionales, empresas e instituciones públicas y privadas tienen la obligación de cumplir y hacer cumplir los requisitos establecidos para cada uno de los capítulos contemplados. De este modo, los proyectos arquitectónicos y los procesos de construcción deberán observar las condiciones o parámetros establecidos en la NEC y las regulaciones locales, expedidas por los distintos Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, deberán acogerse a dicha Norma, en ejercicio de las competencias asignadas por el COOTAD.
- Remanufactura de madera: Para la eliminación de los defectos como por ejemplo los nudos, se utilizará la Unión FINGERJOINT en cualquiera de sus dos geometrías para las uniones dentadas tanto el perfil horizontal o vertical cumpliendo las normas de carácter estructural. Perfil horizontal, perfil vertical.
- Herrajes y conectores metálicos: Deben ser resistentes a la corrosión o estar protegidos contra ella.
- Durabilidad: Evitar la exposición innecesaria a la intemperie y la posibilidad de retención de agua. Un correcto diseño puede rebajar el riesgo de deterioro. En la práctica no existen problemas de durabilidad

en piezas situadas en las clases de uso interior e interior y bajo cubiertas sin exposición directa al agua de lluvia, prácticamente cualquier especie es apta.

- Almacenaje, transporte y montaje: Se recomienda aplicar un sellante, imprimación o recubrir las piezas antes de que salgan de fábrica. Durante el almacenaje, transporte y montaje se evitará someter las piezas a tensiones superiores a las previstas. Los elementos de madera laminada encolada almacenadas en obra deberán protegerse adecuadamente frente a la intemperie. En el caso que sea posible se recomienda cubrirlos para evitar la acción de la lluvia y del sol. Se deben almacenar sobre rastreles para evitar su contacto con el suelo y sobre suelos correctamente drenados. Una vez colocados no es conveniente superar el plazo de un mes sin la protección de la cobertura.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se lo hará en metros (m), las longitudes serán medidas considerando la geometría de la estructura de madera y los requerimientos de la edificación. Los cortes o destajes para empalmes no se consideran en la medición.

2. Columna de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada

Unidad: Metro (m)

Mano de obra mínima calificada: peón (1), carpintero (1)

Equipo mínimo: Equipo de carpintería, Herramienta menor de carpintería, Sierra cepilladora canteadora

Materiales mínimos: Lija, Antipolillante para madera, Laca para madera tipo A, Elemento de madera eucalipto de 14 x 14 x 100 cm

Descripción:

Igual al del rubro Nro. 1.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:

Igual al del rubro Nro. 1.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se lo hará en metros (m), las longitudes serán medidas considerando la geometría de la estructura de madera y los requerimientos de la edificación. Los cortes o destajes para empalmes no se consideran en la medición.

3. Viga de madera de 14 x 14 cm, terminado laca de poro abierto y tratada

Unidad: Metro (m)

Mano de obra mínima calificada: peón (1), carpintero (1)

Equipo mínimo: Equipo de carpintería, Herramienta menor de carpintería, Sierra cepilladora canteadora

Materiales mínimos: Lija, Antipolillante para madera, Laca para madera tipo A, Elemento de madera eucalipto de 14 x 14 x 100 cm

Descripción:

Igual al del rubro Nro. 1.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:

Igual al del rubro Nro. 1.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se lo hará en metros (m), las longitudes serán medidas considerando la geometría de la estructura de madera y los requerimientos de la edificación. Los cortes o destajes para empalmes no se consideran en la medición.

4. Diagonal de madera de 12 x 12 cm tratada

Unidad: Metro (m)

Mano de obra mínima calificada: peón (1), carpintero (1)

Equipo mínimo: Equipo de carpintería, Herramienta menor de carpintería, Sierra cepilladora canteadora

Materiales mínimos: Lija, Antipolillante para madera, Elemento de madera eucalipto de 12 x 12 x 100 cm

Descripción:

Igual al del rubro Nro. 1.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:

Igual al del rubro Nro. 1.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se lo hará en metros (m), las longitudes serán medidas considerando la geometría de la estructura de madera y los

requerimientos de la edificación. Los cortes o destajes para empalmes no se consideran en la medición.

5. Pared de bahareque

Unidad: Metro cuadrado (m²)

Mano de obra mínima calificada: peón (2), albañil (1), técnico obras civiles (1)

Equipo mínimo: Herramienta menor

Materiales mínimos: Mortero de barro, Duela de eucalipto 14x300cm, Carrizo, Fungicida tipo merulex o similar, Ladrillo molido, Varios

Descripción:

El sistema constructivo se basa en la combinación de maderas y cañas entretejidas con un recubrimiento de barro. La estructura de columnas, diagonales y vigas de madera permite la colocación de tiras y carrizo entretejido, para recubrirlo con ladrillo molido y mortero de barro. El rubro contempla el suministro de todos los materiales, herramientas y accesorios requeridos para la construcción de paredes de bahareque.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:

En los sitios determinados en los planos, cuando se encuentre terminada la estructura de madera, se colocan las tiras de madera como soporte en sentido horizontal, luego el entretejido de carrizos con sus soportes y sujeciones. El barro para revestimiento debe ser preparado con anticipación, es la mezcla de tierra amarilla, paya, guano y otros, debe estar reposado por varios días antes de ser colocado.

Las hendiduras considerables u orificios remanentes en el entretejido de carrizo, serán rellenados con teja cocida para luego realizar el revocado de barro para el sellado y terminado del tabique.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se lo hará en metros cuadrados (m²), las superficies serán medidas considerando la geometría del tabique y los requerimientos de la edificación.

6. Empañetado para paredes

Unidad: Metro cuadrado (m²)

Mano de obra mínima calificada: peón (1), albañil (1), técnico de obras civiles (1)

Equipo mínimo: Herramientas varias

Materiales mínimos: Guano de caballo, Agua, Tierra amarilla

Descripción:

Los empañetados en paredes se harán con tierra amarilla mezclada con guano de caballo, no se permitirá agregar a una mezcla ya preparada ningún componente, con el fin de “rejuvenecerla”.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:

Con el objeto de lograr una perfecta adherencia del empañetado, se eliminarán el polvo y demás materiales sueltos y se limpiarán completamente las áreas que

se vayan a empañetar, de residuos dejados durante la construcción de la mampostería.

Utilizar el producto sobre la superficie libre de moho, hongo, grasa, cera, polvo o algún otro material ajeno a esta. Aplicar uniformemente y permitir al menos de 2 a 4 horas de secado antes de empañetar. El producto debe estar seco al tacto.

Asegurar una textura uniforme al aplicar el material. Corregir y resanar cualquier imperfección en la superficie de la estructura y realizar la nivelación y plomadas de todas las paredes a empañetar y elaborar líneas maestras. Limpiar todas las superficies y aplicar con firmeza la mezcla a las superficies.

Utilizar “corner beads” en todas las esquinas/filos de 90 grados. Alisar el empañete con una llana de madera.

Tolerancias

No debe tener grietas, fisuras, elementos ajenos, etc. Los filos deberán estar en perfecto estado. No se harán empañetes a medias paredes, se harán a paredes completas para evitar el curado diferente de la mezcla.

Medición y forma de pago:

La medición y forma de pago se realizará por metro cuadrado (m2).

7. Pintura de caucho latex

Unidad: Metro cuadrado

Equipo mínimo: Herramienta manual y menor de construcción

Mano de obra mínima calificada: Peón (1), pintor (1), maestro mayor en ejecución de obras (1)

Materiales mínimos: Agua, Lija para paredes, Latex vinil acrilico int/ext doméstico, Albalux, Cola blanca

Descripción:

Consiste en el acabado de los tabiques y paredes con empaste. Se recubrirá todos los planos indicados ya sean verticales, horizontales, filos, franjas, remates y similares, es decir todos los elementos que en las plantas arquitectónicas o fiscalización así lo indiquen. El acabado será una superficie lisa, regular, uniforme y limpio.

Procedimiento de ejecución y característica técnicas:*Requerimientos previos:*

Previa a su aplicación deberá limpiarse la superficie a fin de que esté libre de polvo, grasa, aceite, material de construcción suelto u otros contaminantes. Los cuarteamientos deben ser reparados antes de su aplicación.

Especificación:

La aplicación se realizará con llana metálica y según las indicaciones del fabricante del producto. Para este efecto se utilizará solución para empastado de paredes aprobada por Fiscalización, se empastarán las paredes de ladrillo, o bloque previamente enlucidas que vayan a recubrirse con pintura de caucho. Para neutralizar la alcalinidad del enlucido que afecta al empaste, previamente deberá cubrirse con una mano de soto fondo o similar.

Se procederá a mezclar 6-7 litros de agua con 2 litros de resina y adicionar el polvo de empaste especial para exterior mezclando hasta obtener una consistencia libre de grumos. Dejar reposar unos minutos.

Aplicar inicialmente una primera capa más suelta (menos espesa) para ayudar a emporar la pared. Al secar la primera mano aplicar una segunda capa más espesa, para darle el terminado y corregir imperfecciones. Se aplicarán las 2 manos de empaste, dejando secar entre una y otra por lo menos 4 horas. Posteriormente se eliminará las imperfecciones mediante la aplicación de lija. Para la pintura se esperará por lo menos 24 horas.

Medición y forma de pago:

Para el pago de la pintura, se medirán el metro cuadrado (m²) de superficie que han sido pintadas correctamente, terminadas y aceptadas por fiscalización y su pago se hará acorde al costo estipulado en el respectivo contrato.

8. Pintura mate para elementos de madera

Unidad: Metro cuadrado

Equipo mínimo: Equipo pintura

Mano de obra mínima calificada: Peón (1), pintor (1), maestro mayor en ejecución de obras (1)

Materiales mínimos: Lija para madera, Pintura esmalte, Disolvente

Descripción:

Este rubro contempla la provisión de la pintura, más implementos e insumos para el recubrimiento de las superficies indicadas en los planos o las que señale fiscalización y de acuerdo con estas especificaciones.

Procedimiento de ejecución y características técnicas:

Las superficies que deban pintarse deberán encontrarse totalmente terminadas, enlucidas por lo menos con treinta días de anticipación, libres de polvo, aceites e imperfecciones que puedan dañar la estética de las superficies pintadas, todo esto con el visto bueno de fiscalización.

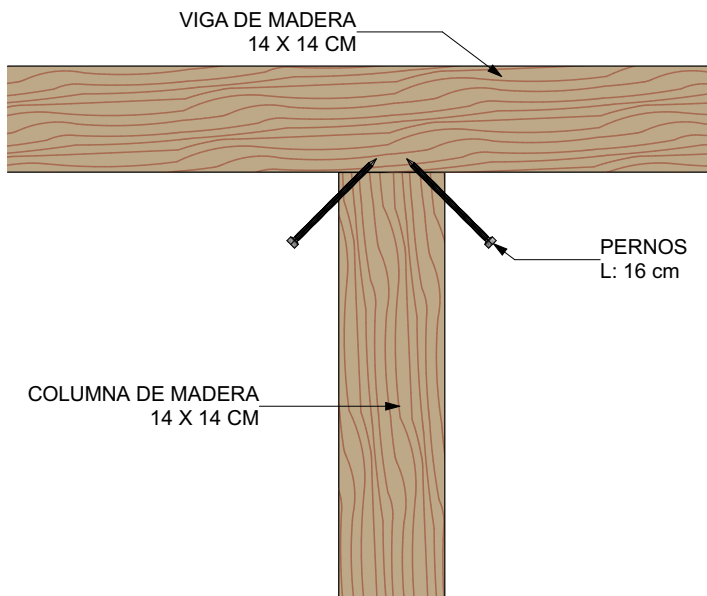
Para la colocación de la pintura mate para madera deberán cumplir con las siguientes generalidades:

- La superficie de los elementos de madera deberá limpiarse perfectamente, prepararse y lijarse para eliminar cualquier irregularidad que existiera en la misma.
- Las superficies totalmente secas de los elementos que se va a trabajar serán revestidas con pintura mate de color que especifique el proyectista o la fiscalización.
- Todos los materiales enumerados anteriormente, serán de primera calidad, de manera que permita una preparación y adherencia perfecta de la pintura. No se aceptará ningún trabajo adicional con mortero de cemento una vez terminada la pintura de las superficies, que pueda ir en perjuicio del acabado final de éstas, de existir algún trabajo indispensable en este sentido, se deberá poner especial cuidado en la limpieza de sus excedentes, y de ser necesario, se exigirá un lijado adicional y una nueva capa de pintura a los elementos dañados, para su recepción.

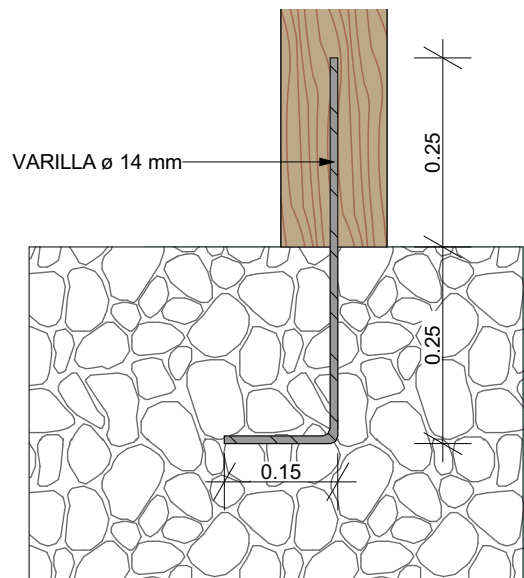
Medición y forma de pago:

Para el pago de la pintura, se medirán el metro cuadrado (m²) de superficie que han sido pintadas correctamente, terminadas y aceptadas por fiscalización y su pago se hará acorde al costo estipulado en el respectivo contrato.

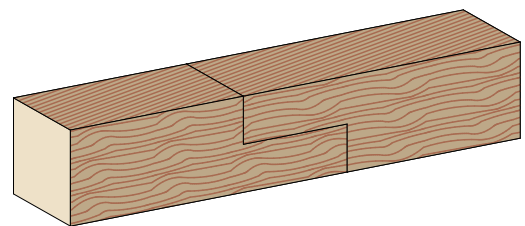
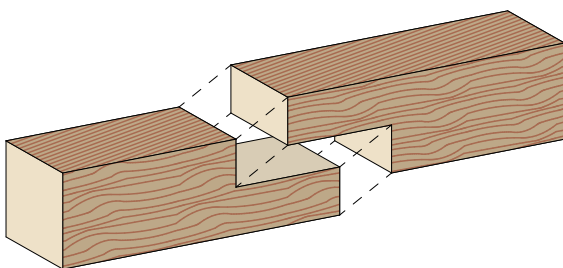
PLANOS



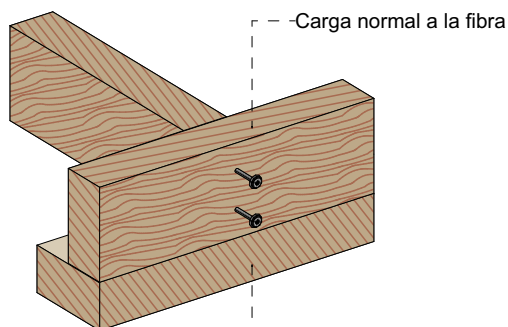
UNION MEDIANTE PERNOS 1:10



UNION TIPO ESPIGA 1:10

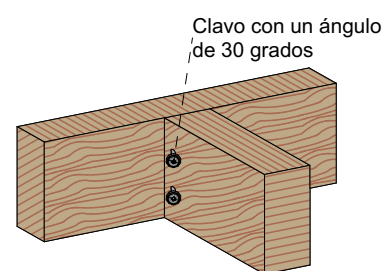


ENSAMBLE MEDIA MADERA 1:10



Cada clavo atraviesa completamente un solo madero a la vez

UNION MEDIANTE CLAVOS 1:10



UNION CLAVOS LANCEROS 1:10

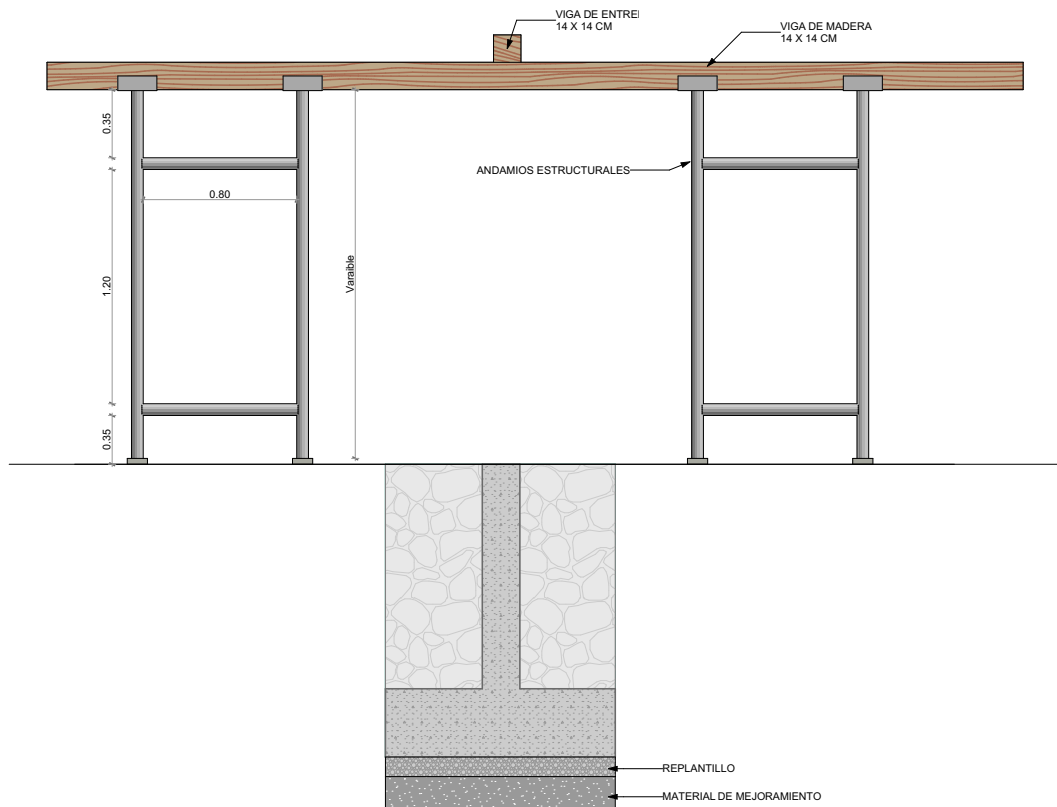
espol® Escuela Superior
Politécnica del Litoral

Realizado por:

Sebastián Valencia
Katerine Chunata

Escala de Dibujo

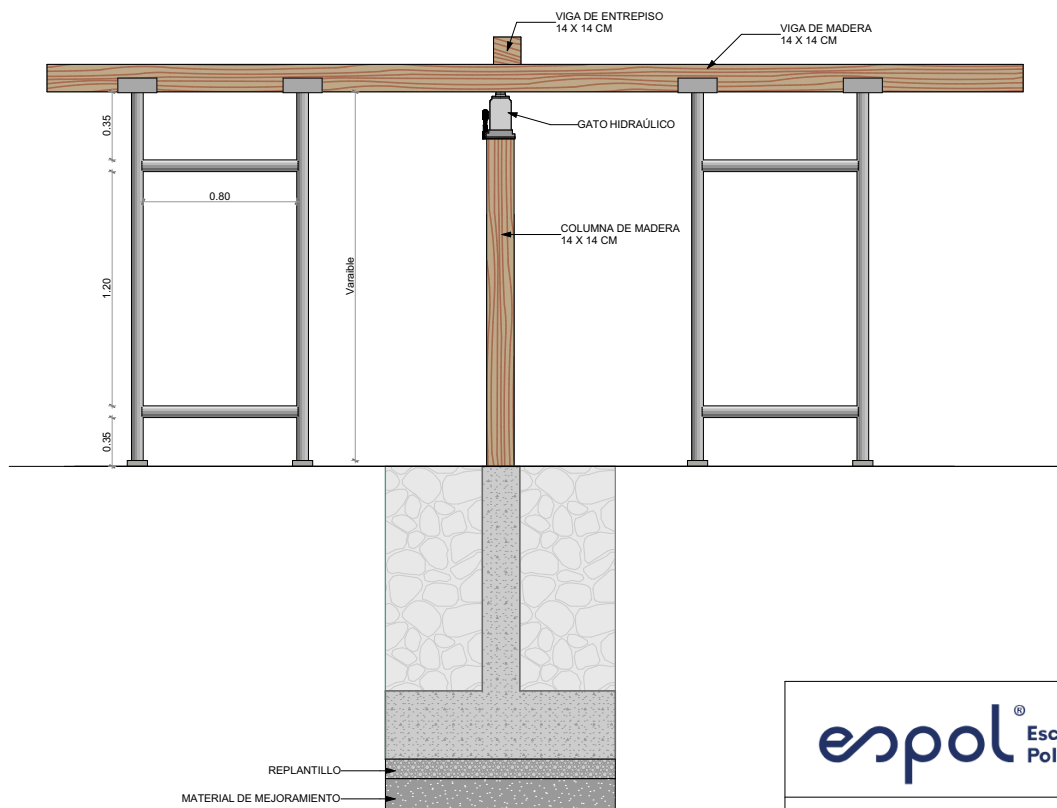
1:10



6

ANDAMIOS ESTRUCTURALES

1:40



7

GATO HIDRAULICO

1:40

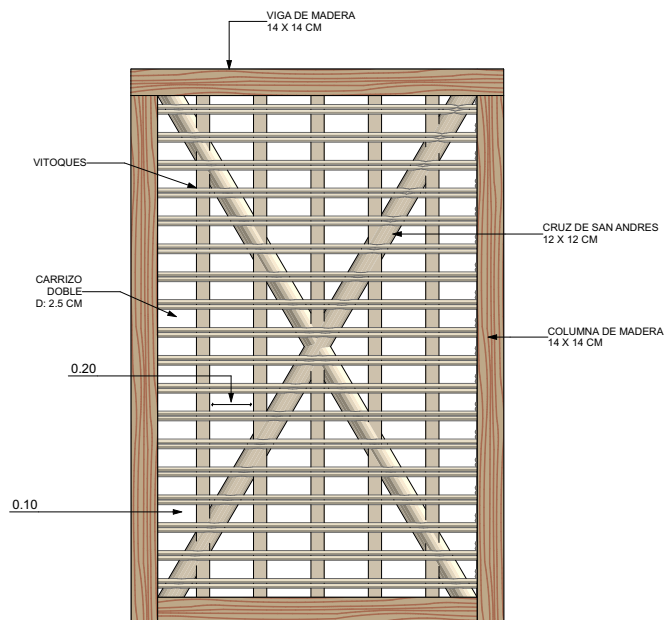
espol® Escuela Superior
Politécnica del Litoral

Realizado por:

Sebastián Valencia
Katerine Chunata

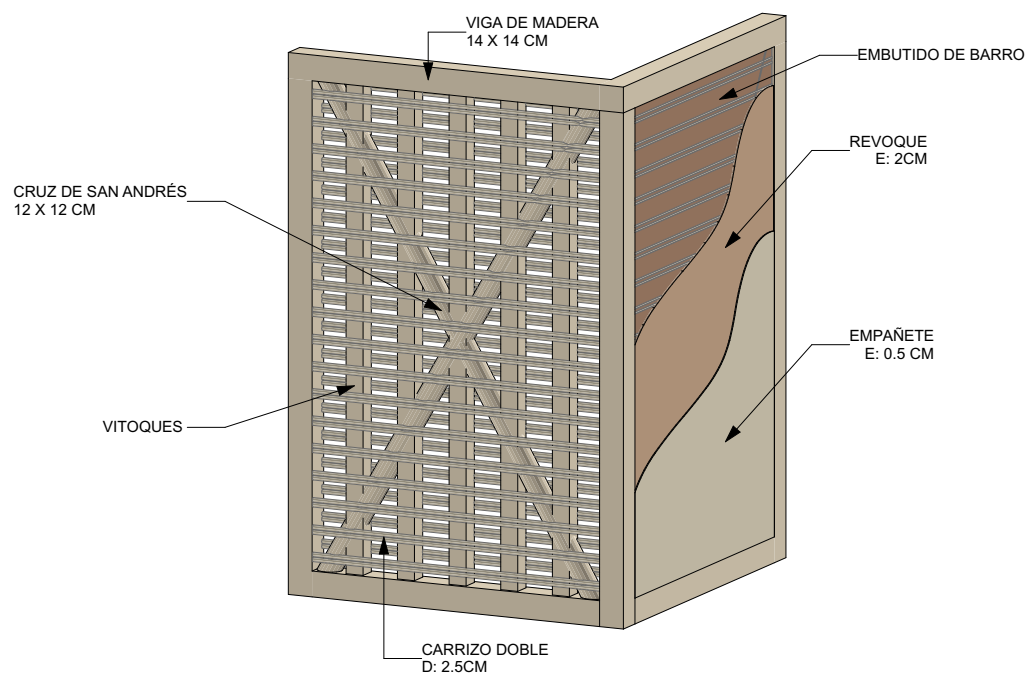
Escala de Dibujo

1:40



BAHAREQUE

1:40



DETALLE BAHAREQUE

1:40

espol[®] Escuela Superior
Politécnica del Litoral

Realizado por:

Sebastián Valencia
Katerine Chunata

Escala de Dibujo

1:40