

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL  
DE VIVIENDAS DE MADERA EN BONGARÁ, AMAZONAS”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**CARLOS ABEL MENDOZA LEON**

**ASESOR**

**DR. HUGO VÍCTOR LUIS SCALETTI FARINA**

**LIMA - PERÚ**

**2024**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o parte, con fines estrictamente académicos”.**

Carlos Abel Mendoza León

[carlos.mendoza.l@uni.pe](mailto:carlos.mendoza.l@uni.pe)

## **DEDICATORIA**

*A Dios.*

*A mi familia:*

*mi madre, padre y hermano.*

*A mi abuela, y abuelo (en el cielo).*

## **AGRADECIMIENTOS**

He dependido enormemente de otras personas para la realización de la presente investigación. Antes que nadie más, quiero agradecer a mis padres, Abel y Eneyda, quienes me formaron en valores e impulsaron a seguir mi carrera universitaria. Asimismo, agradezco a mi hermano y abuelita, Aaron y Amelia, quienes me brindaron alegrías y apoyo moral para continuar con mi trabajo. Esta tesis también es parte de ellos y sus enseñanzas en mí.

En cuanto al contenido y la realización del tema abordado, agradezco al Dr. Hugo Scaletti, asesor de la presente tesis, de quien he aprendido enormemente durante el proceso. Expreso mi agradecimiento por la dedicación y apoyo brindado, por la dirección y sugerencias que me han facilitado para culminar con esta investigación.

Asimismo, expreso mi más sincero agradecimiento a los distintos propietarios de las viviendas, por su predisposición y amabilidad al recibirme en sus hogares. Gracias por permitirme realizar mediciones y tomar fotografías de sus viviendas. Entiendo que para algunos puede generar desconfianza e incomodidad, gracias a ustedes por su apoyo.

Finalmente, reconozco que este trabajo es fruto del reconocimiento de los que nos estiman, que nos brindan la energía y fuerza para crecer como personas y profesionales. Gracias a mis amigos de la universidad, con quienes compartí esta etapa formativa y aprendí mucho. Gracias a mis hermanos del 202. Gracias a mis familiares, amistades y conocidos que estuvieron durante mis estudios y hoy no me acompañan, o lo hacen desde otros lugares.

A todos, muchas gracias.

---

## ÍNDICE

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Prólogo .....</b>	<b>8</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>9</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo I. Introducción .....</b>	<b>16</b>
1.1 Generalidades .....	16
1.2 Situación forestal en el Perú .....	17
1.2.1 Producción de madera .....	18
1.2.2 Producción de principales productos maderables .....	19
1.2.3 Exportaciones de madera .....	21
1.2.4 Especies maderables .....	21
1.2.5 Reforestación .....	22
1.3 Definición del problema de investigación .....	23
1.3.1 Realidad problemática .....	23
1.3.2 Problema general de investigación .....	24
1.4 Objetivos del estudio .....	24
1.4.1 Objetivo general .....	24
1.4.2 Objetivos específicos .....	24
1.5 Antecedentes investigativos .....	25

1.5.1	Antecedentes nacionales .....	25
1.5.2	Antecedentes internacionales .....	27
<b>Capítulo II. Marco teórico y conceptual .....</b>		<b>29</b>
2.1	La madera como material de construcción .....	29
2.2	Propiedades físicas .....	30
2.2.1	Anisotropía .....	30
2.2.2	Contenido de humedad (CH) .....	30
2.2.3	Densidad y peso específico .....	32
2.3	Propiedades mecánicas .....	33
2.3.1	Resistencia a la flexión .....	33
2.3.2	Resistencia a la compresión paralela .....	36
2.3.3	Resistencia a la compresión perpendicular .....	37
2.3.4	Resistencia a la tracción .....	38
2.3.5	Resistencia al corte .....	38
2.4	Propiedades elásticas .....	39
2.4.1	Módulo de elasticidad (E) .....	39
2.4.2	Módulo de corte .....	39
2.5	La madera de calidad estructural .....	40
2.6	Sistemas constructivos en madera .....	42
2.6.1	Sistema de entramados .....	42
2.6.2	Sistema poste y viga .....	44

2.6.3	Comparación respecto al sistema de entramados .....	45
2.7	Uniones en los elementos de madera .....	45
2.8	Protección de la madera .....	47
2.8.1	Ataques biológicos .....	48
2.8.2	Fuego .....	49
2.9	Normativas .....	50
2.9.1	Comentario sobre la aplicabilidad de las normas de diseño .....	51
<b>Capítulo III. Características de las viviendas en la zona de estudio .....</b>		<b>52</b>
3.1	Descripción de la zona de estudio .....	52
3.1.1	Condiciones climáticas .....	52
3.2	Descripción de las viviendas .....	53
3.3	Especies maderables en la zona de estudio .....	57
3.3.1	Descripción de la madera Sinlín o Huamanchilca ( <i>Gordonia fruticosa</i> ) .....	58
3.3.2	Descripción de la madera Ishpingo ( <i>Amburana cearensis</i> ) .....	60
3.4	Obtención de la madera .....	62
3.5	Esquemas de las estructuras en la zona .....	63
3.5.1	Viviendas de un nivel .....	65
3.5.1.1	Sistema de transferencia de carga .....	67
3.5.2	Viviendas de dos niveles .....	68
3.5.2.1	Sistema de transferencia de cargas verticales .....	70
3.5.2.2	Sistema de transferencia de cargas horizontales .....	71

<b>Capítulo IV. Evaluación estructural de las viviendas .....</b>	<b>76</b>
4.1 Cargas actuantes en las estructuras .....	76
4.1.1 Cargas gravitacionales .....	76
4.1.2 Consideraciones relativas a las cargas de servicio .....	77
4.1.3 Consideraciones relativas a las cargas de viento .....	77
4.1.4 Consideraciones generales relativas al comportamiento sísmico .....	79
4.2 Análisis estructural de las viviendas de madera .....	81
4.2.1 Verificación de las correas .....	81
4.2.2 Verificación de los pseudo-tijerales .....	85
4.2.2.1 Verificación por flexo-compresión .....	89
4.2.2.2 Verificación por flexo-tracción .....	92
4.2.3 Verificación de las vigas del techo .....	95
4.2.4 Verificación de las columnas del segundo piso .....	101
4.2.5 Verificación de las viguetas de entrepiso .....	103
4.2.6 Verificación del entablado de entrepiso .....	107
4.2.7 Verificación de las vigas del primer nivel .....	110
4.2.8 Verificación de las columnas del primer nivel .....	114
4.2.9 Verificación de los paneles frente a cargas sísmicas .....	116
4.2.9.1 Verificación de los paneles longitudinales .....	120
4.2.9.2 Verificación de los paneles transversales .....	124
4.2.9.3 Planteamiento de una expresión para calcular la longitud entablada	

necesaria en los muros .....	126
4.2.10 Cimentación de las viviendas de madera .....	128
<b>Capítulo V. Propuestas de mejora de la estructuración y detalles constructivos .</b>	<b>129</b>
5.1 Mejora de la unión de los muros a la cimentación .....	129
5.2 Mejora de los muros de cerramiento .....	131
5.2.1 Riostras .....	131
5.2.2 Doble entablado de cerramiento .....	134
5.3 Mejora del entrepiso .....	135
5.3.1 Secciones de las viguetas de entrepiso .....	135
5.3.2 Secciones de las vigas de primer nivel .....	139
5.4 Mejora del techo .....	143
5.4.1 Arriostramiento de los pseudo-tijerales .....	143
5.5 Protección de la madera .....	145
<b>Conclusiones .....</b>	<b>148</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>150</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>152</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>155</b>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es realizar un diagnóstico de las viviendas de madera en la provincia Bongará, Amazonas y proponer mejoras en su estructuración y detalles constructivos para mejorar su comportamiento estructural. Considerando que estas edificaciones son autoconstrucciones, se concibe la posibilidad de proponer modificaciones que permitan un mejor comportamiento estructural y conservación.

En los primeros capítulos se describen conceptos referentes a las construcciones en madera. Se presentan estadísticas del tipo de edificaciones que existen en la zona y sus características. Además, se describen las especies maderables empleadas, siendo las especies de Ishpingo (*Amburana cearensis*) y Sinlín (*Gordonia fruticosa*), presentes en la construcción. También se describen las características propias de las viviendas de madera y los sistemas de transferencia de cargas que estas presentan. Asimismo, se realiza el planteamiento de las cargas actuantes y el análisis estructural y diseño de todos los elementos resistentes de acuerdo con las normas vigentes.

En el capítulo final, se presentan modificaciones en la estructuración y detalles constructivos que permitirán mejorar el comportamiento estructural y conservación. Finalmente, se llega a la conclusión que las viviendas de madera son capaces de soportar las exigencias de peso propio y pequeñas cargas vivas, gracias a la acción conjunta de sus distintos elementos. Todos los elementos de madera cumplen una función estructural en la resistencia de cargas, inclusive las tablas de cerramiento. Sin embargo, en términos generales las estructuras estudiadas no cumplen los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Palabras clave – Viviendas de madera, comportamiento estructural, escuadrías, esfuerzos admisibles

## ABSTRACT

The purpose of this research is to make a diagnosis of wood-frame houses in the Bongará province, Amazonas, and to suggest changes in their framing and construction details to improve their structural behavior. Since these buildings are self-constructions, the possibility of making such improvements is envisaged, which may allow a better structural behavior and conservation.

The first chapters describe concepts related to wood-frame constructions. Statistics on the type of buildings in the area and their characteristics are presented. In addition, the timbers mostly used in construction are described, being of the species Ishpingo (*Amburana cearensis*) and Sinlín (*Gordonia fruticosa*). The structural characteristics of wood houses and their load transfer systems are also described. Likewise, the structural analysis and design of all the typical elements is carried out in accordance with the current standards.

In the final chapter, changes in the arrangement of structural elements and construction details that will improve the structural behavior and conservation are presented. It is concluded that the typical wood houses in Bongará can withstand the demands of their own weight and small live loads, thanks to the combined action of their different components. All wood elements play a structural role in the resistance of loads, including the enclosure boards. However, in general terms, the structures studied do not meet the requirements of the National Building Regulations.

Keywords – Wood-frame houses, structural behavior, section sizes, allowable stresses

## PRÓLOGO

En esta tesis se ha hecho una evaluación estructural de las viviendas de madera en la provincia de Bongará del departamento de Amazonas. La madera es el material predominante en las viviendas de las zonas rurales de la provincia.

El estudio se basó en una muestra representativa de esas edificaciones, en las que se identificaron sus dimensiones y características comunes, los materiales empleados y las secciones típicas de sus elementos estructurales.

La estructuración y las secciones habitualmente empleadas en esas viviendas han resultado de un proceso de optimización para resistir las cargas de peso propio y cargas vivas pequeñas, bastante menores que las especificadas en la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Cabe señalar que las cargas vivas especificadas en esa norma resultan mayores para las edificaciones en zonas rurales.

Por otro lado, en las viviendas de madera en la provincia se observan defectos en la cimentación, en la falta de arriostramiento, en una insuficiente capacidad frente a cargas laterales y en algunos casos en la no continuidad de los muros en dos niveles, que es necesario corregir para soportar eventuales acciones sísmicas o de viento.

Por ello, en la tesis se recomienda “realizar talleres con los constructores de la zona para concientizarlos acerca de las modificaciones que se consideran indispensables para la seguridad de las edificaciones, así como discutir detalles de diseño para mejorar su durabilidad y comportamiento en condiciones de servicio”.

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Principales 10 países por área de bosque a nivel mundial .....	18
Tabla 2: Bosques de producción permanente (BBP), 2012 .....	18
Tabla 3: Producción de madera aserrada por departamento .....	20
Tabla 4: Perú: superficie reforestada y por reforestar según región, año 2017 .....	22
Tabla 5: Denominaciones de la madera por el contenido de humedad .....	31
Tabla 6: Esfuerzos admisibles para madera en condición verde (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	42
Tabla 7: Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	42
Tabla 8: Fuerzas admisibles para clavos sometidos a cizallamiento simple (kg) .....	46
Tabla 9: Normas técnicas peruanas de madera .....	50
Tabla 10: Material de construcción predominante en las paredes .....	54
Tabla 11: Material de construcción predominante en los techos .....	55
Tabla 12: Material de construcción predominante en los pisos .....	56
Tabla 13: Árboles maderables de la provincia de Bongará .....	57
Tabla 14: Propiedades físicas de la madera Sinlín .....	59
Tabla 15: Propiedades mecánicas de la madera Sinlín .....	59
Tabla 16: Módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles según grupo estructural .....	60
Tabla 17: Propiedades físicas del Ishpingo .....	61
Tabla 18: Propiedades mecánicas del Ishpingo .....	62
Tabla 19: Parámetros sísmicos .....	80
Tabla 20: Cargas de viento para el caso de presión y succión .....	87
Tabla 21: Cargas de viento para el caso de solo succión .....	88
Tabla 22: Deflexiones en las viguetas de entrepiso .....	106
Tabla 23: Deflexiones en las tablas de entrepiso .....	109
Tabla 24: Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura .....	119
Tabla 25: Resultado de las fuerzas horizontales reducidas .....	120

Tabla 26: Longitudes entabladas mínimas para soportar el cortante en el primer piso para muros de entablado simple .....	127
Tabla 27: Longitudes entabladas mínimas para soportar el cortante en el primer piso para muros de entablado doble .....	128
Tabla 28: Deflexiones en las viguetas 3"x7" .....	139
Tabla 29: Deflexiones en las vigas 4"x8" .....	142

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: América Latina: Superficie y proporción cubierta por bosques, 2015 (en millones de hectáreas).....	17
Figura 2: Perú: Producción nacional de madera rolliza periodo 2001-2015 .....	19
Figura 3: Perú: Producción de principales productos maderables (millones de m <sup>3</sup> ) .....	19
Figura 4: Producción de madera aserrada por departamento (m <sup>3</sup> ) .....	20
Figura 5: Exportaciones del sector madera: Principales mercados 2015 .....	21
Figura 6: Madera aserrada por especies de mayor producción (m <sup>3</sup> ) .....	21
Figura 7: Direcciones ortogonales de la madera .....	30
Figura 8: Ensayo para determinar la resistencia a la flexión .....	34
Figura 9: MOR promedio en viguetas libres de defectos .....	35
Figura 10: MOR promedio en condición verde vs. seca al 12% de CH .....	35
Figura 11: Ensayo de compresión paralela .....	36
Figura 12: Ensayo de compresión perpendicular .....	37
Figura 13: Curva esfuerzo-deformación para maderas latifoliadas .....	37
Figura 14: Resistencia al corte .....	38
Figura 15: MOR en vigas vs MOR en probetas para una muestra de 181 vigas .....	41
Figura 16: Detalle del encuentro del muro con el entrepiso en el sistema globo .....	43
Figura 17: Encuentro del muro con el entrepiso en el sistema de plataforma .....	44
Figura 18: Sistema estructural poste y viga .....	44
Figura 19: Unión clavada sometida a cizallamiento simple .....	47
Figura 20: Mapa de la provincia de Bongará .....	52
Figura 21: Temperatura máxima y mínima promedio en Bongará – Amazonas .....	53
Figura 22: Material de construcción predominante en las paredes de las viviendas de Bongará .....	54
Figura 23: Material de construcción predominante en las paredes de las viviendas de la zona rural de Bongará .....	55

Figura 24: Material de construcción predominante en los techos de las viviendas de Bongará .....	56
Figura 25: Material de construcción predominante en los pisos de las viviendas de Bongará .....	57
Figura 26: Secado de tablas .....	63
Figura 27: Vivienda de madera con 2 niveles y cobertura de calamina .....	64
Figura 28: Bloque de piedra como soporte de las columnas de viviendas de madera ...	64
Figura 29: Esquema de vivienda de madera de dos niveles compuesta por 2 paneles ..	65
Figura 30: Vivienda de madera de un nivel y cobertura de calamina .....	66
Figura 31: Tablas de cerramiento fijadas mediante amarras .....	67
Figura 32: Sistema de transferencia de carga de una vivienda de un nivel .....	68
Figura 33: Vivienda de dos niveles .....	69
Figura 34: Sistema de transferencia de carga de una vivienda de dos niveles .....	70
Figura 35: Vivienda de dos niveles de dimensiones excepcionales .....	71
Figura 36: Acciones de viento en las viviendas .....	72
Figura 37: Transferencia de las acciones de viento en cada elemento estructural .....	73
Figura 38: Distribución de las fuerzas sísmicas en la altura .....	74
Figura 39: Distribución de las fuerzas sísmicas a los muros laterales .....	75
Figura 40: Velocidad del viento en Bongará, región Amazonas .....	78
Figura 41: Espaciamiento de las correas en el techo de las viviendas de madera .....	82
Figura 42: Pseudo-tijeral típico de las viviendas de madera .....	86
Figura 43: Cargas muertas actuantes en el pseudo-tijeral de madera .....	87
Figura 44: Carga viva actuante en el pseudo-tijeral de madera .....	87
Figura 45: Acción de viento en el pseudo-tijeral de madera, presión en barlovento y succión en sotavento .....	88
Figura 46: Acción de viento en el pseudo-tijeral de madera, succión en barlovento y sotavento .....	88
Figura 47: Fuerzas axiales producidas en el pseudo-tijeral .....	89

Figura 48: Momentos flectores producidos en el pseudo-tijeral .....	89
Figura 49: Carga muerta aplicada a la viga del techo (kg) .....	95
Figura 50: Carga viva aplicada a viga del techo (kg) .....	95
Figura 51: Cargas de viento actuantes en la viga de techo (kg), para el caso de presión en barlovento y succión en sotavento .....	96
Figura 52: Cargas de viento actuantes en la viga de techo (kg), para el caso de succión en barlovento y sotavento .....	96
Figura 53: Momentos flectores producidos en la viga del techo (kg.m) .....	97
Figura 54: Fuerza cortante producida en la viga del techo (kg) .....	97
Figura 55: Momentos flectores producidos en la viga del techo (kg.m) combinación D+W1 .....	98
Figura 56: Fuerza cortante producida en la viga del techo (kg) combinación D+W1 .....	98
Figura 57: Deflexiones producidas en la viga del techo (cm) .....	99
Figura 58: Tablas de cerramiento fijadas a la viga que evitan que esta se deflecte .....	100
Figura 59: Reacciones en los apoyos de la viga del techo (kg) .....	101
Figura 60: Momentos flectores producidos en las viguetas de entrepiso .....	103
Figura 61: Fuerza cortante producida en las viguetas de entrepiso .....	104
Figura 62: Deflexiones producidas en las viguetas de entrepiso para 1.8D+L (cm) .....	105
Figura 63: Deflexiones producidas en las viguetas de entrepiso para L (cm) .....	106
Figura 64: Momentos flectores producidos en las tablas de entrepiso .....	107
Figura 65: Fuerza cortante producida en las tablas de entrepiso .....	108
Figura 66: Deflexiones producidas en las tablas de entrepiso para 1.8D+L (cm) .....	109
Figura 67: Deflexiones producidas en las tablas de entrepiso para L (cm) .....	109
Figura 68: Carga muerta aplicada en la viga del primer nivel .....	110
Figura 69: Carga viva aplicada en la viga del primer nivel .....	111
Figura 70: Momentos flectores producidos en las vigas del primer nivel (kg.m) para la combinación D+L .....	111

Figura 71: Fuerza cortante producida en las vigas del primer nivel (kg) para la combinación D+L .....	111
Figura 72: Momentos flectores producidos en las vigas del primer nivel para D .....	112
Figura 73: Fuerza cortante producida en las vigas del primer nivel (kg) para D .....	112
Figura 74: <i>Deflexiones producidas vigas del primer nivel por 1.8D (cm)</i> .....	114
Figura 75: Reacciones en los apoyos de la viga del primer nivel (kg) .....	114
Figura 76: Columna de madera apoyada en bloque de concreto .....	116
Figura 77: Resistencia frente a fuerzas horizontales de los paneles de madera .....	117
Figura 78: Plano en planta de una vivienda de madera típica .....	119
Figura 79: Numeración de paneles de una vivienda de madera típica .....	121
Figura 80: Vista frontal de una vivienda de madera típica .....	123
Figura 81: Vista perfil de una vivienda de madera típica .....	124
Figura 82: Columnas asentadas sobre bloques de concreto .....	129
Figura 83: Conectores de varillas corrugadas para fijar los muros a las cimentaciones	130
Figura 84: Riostras en el sentido transversal de las edificaciones .....	131
Figura 85: Unión de las riostras transversales .....	133
Figura 86: Doble entablado de cerramiento en muros longitudinales del primer nivel ...	134
Figura 87: Momentos flectores producidos en las viguetas 3"x10" .....	136
Figura 88: Fuerza cortante producida en las viguetas 3"x10" .....	136
Figura 89: Momentos flectores producidos en las viguetas 3"x8" .....	138
Figura 90: Fuerza cortante producida en las viguetas 3"x8" .....	138
Figura 91: Deflexiones producidas en las viguetas del primer nivel para 1.8D+L (cm) ..	138
Figura 92: Deflexiones producidas en las viguetas del primer nivel para L (cm) .....	139
Figura 93: Momentos flectores producidos en la viga de entrepiso 4"x8" .....	141
Figura 94: Fuerza cortante producida en la viga de entrepiso 4"x8" .....	141
Figura 95: Deflexiones producidas en la viga de entrepiso para 1.8D+L (cm) .....	142
Figura 96: Deflexiones producidas en las vigas de entrepiso para L (cm) .....	142
Figura 97: Arriostres diagonales para los pseudo-tijerales de techo .....	144

Figura 98: Arriostres horizontal en la línea de cumbrera .....	145
Figura 99: Elemento adicional para los pseudo-tijerales de techo .....	145
Figura 100: Ataque de hongos en los elementos de madera .....	146

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

Pocos materiales de construcción tienen beneficios ambientales como los de la madera. Comparada con distintos materiales de construcción como el concreto o el acero, la madera requiere un menor consumo de energía para su producción. Las características que posee la hacen adaptable a muchas aplicaciones. La madera es eficiente, durable y sus productos derivados extraídos de los árboles tienen una gran variedad de aplicaciones, que van desde su empleo en construcciones hasta productos ingenieriles muy procesados (Forest Products Laboratory, 2010).

La construcción con madera está muy difundida en Norte América y en el Norte de Europa, debido a que provee viviendas económicas y confortables. La construcción en madera ha evolucionado sobre la base de numerosas investigaciones que buscan resolver y cumplir con los retos que implica construir con ese material (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2013).

En el Perú a partir del siglo XX se ha difundido mucho la construcción con concreto armado; múltiples edificios han optado por estructuras basadas en la integración de acero y concreto. Asimismo, las edificaciones de acero están presentes en el territorio, por ejemplo, en las grandes naves industriales. Sin embargo, el empleo de la madera como material de construcción no ha crecido en el tiempo, debido entre otros factores a la errónea creencia que es un material frágil y poco durable. Dentro del sector construcción el empleo de madera se ha restringido sobre todo a los encofrados.

La madera es un material de construcción ligero que presenta muchas ventajas frente a materiales como el concreto armado. El bajo peso en términos relativos a su resistencia y la capacidad de absorber energía que presentan las estructuras de madera proveen un sistema adecuado para resistir los efectos de terremotos (Canadian Wood Council, 2003). Por aspectos como estos, la madera constituye un material de construcción idóneo para construir viviendas unifamiliares sobre todo en zonas como la selva del Perú,

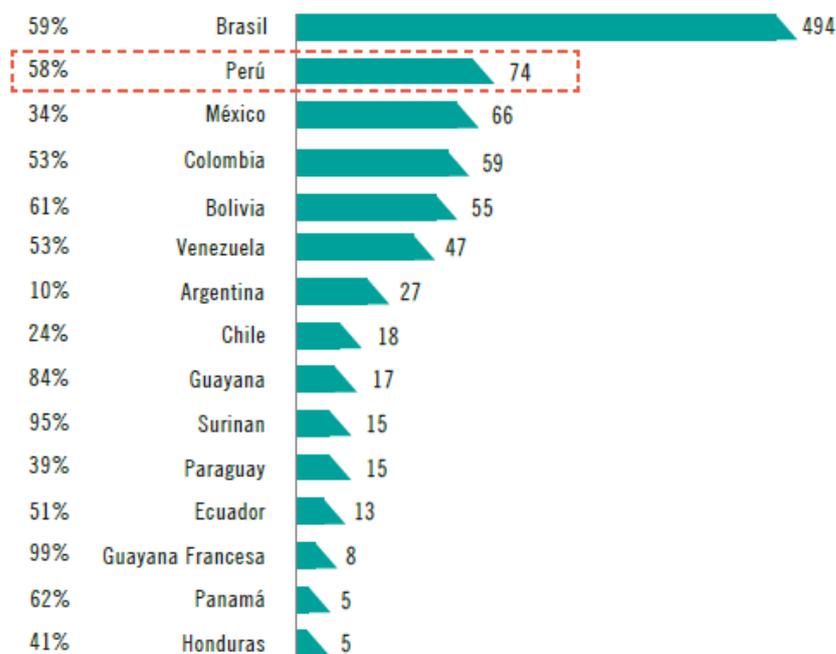
donde existe abundancia de estos recursos y puede usarse para cubrir la demanda de vivienda.

## 1.2 Situación forestal en el Perú

El Perú cuenta con el 58% de su territorio cubierto de bosques. Esto representa un total de 74 millones de hectáreas con especies maderables que pueden ser aprovechadas. El país se ubica en el segundo lugar de países con mayor superficie boscosa en América Latina, cuarto en todo el continente americano y noveno a nivel mundial.

**Figura 1**

*América Latina: Superficie y proporción cubierta por bosques, 2015 (en millones de hectáreas).*



*Nota. Fuente: "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015" (FAO, 2016)*

De acuerdo con las estimaciones de la FAO para el 2015, 17 millones de hectáreas de la cobertura vegetal del Perú representan bosques de producción permanente. A pesar de este enorme potencial, no se ha explotado este sector, representando solo el 0.7% del PBI nacional y el 4.6% PBI manufacturero.

**Tabla 1***Principales 10 países por área de bosque a nivel mundial.*

	Países	Área de bosque (1000 ha)	Porcentaje de la superficie del país	Porcentaje del área del bosque mundial
1	Rusia	814,931	48	20
2	Brasil	493,538	58	12
3	Canadá	347,069	35	9
4	Estados Unidos	310,095	32	8
5	China	208,321	22	5
6	República Democrática del Congo	152,578	65	4
7	Australia	124,751	16	3
8	Indonesia	91,010	50	2
9	Perú	73,973	58	2
10	India	70,682	22	2
	Total	2,686,948		67

*Nota. Adaptado de: "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015" (FAO, 2016)*

### 1.2.1 Producción de madera

La manufactura de madera en el Perú está centrada en 8 regiones, como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 2***Bosques de producción permanente (BBP), 2012.*

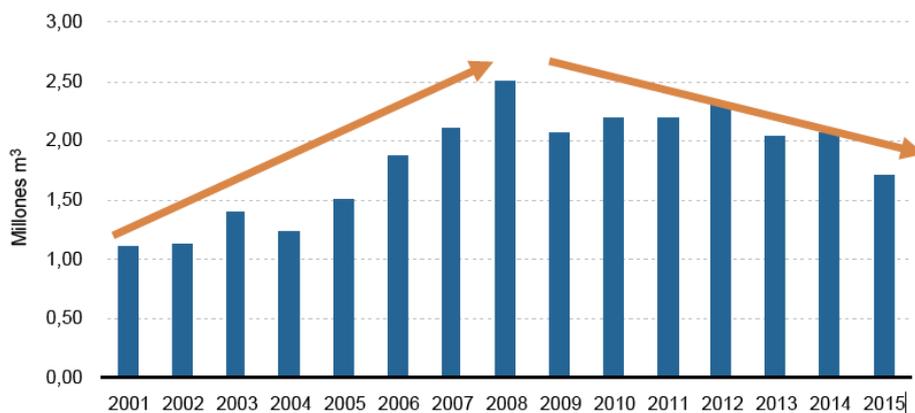
Regiones	Área BBP (ha)
Loreto	9,302,102
Ucayali	3,539,783
Madre de Dios	1,935,162
San Martín	1,122,131
Loreto/Ucayali: Biabo Cordillera Azul	899,422
Huánuco	622,369
Cusco	171,644
Ayacucho	145,765
Puno	24,998
<b>Total (Aproximado)</b>	<b>16,863,955</b>

Nota. Adaptado de MINAGRI (2012)

La producción de madera en los años recientes obtuvo su máximo en el 2008, con 2.47 millones m<sup>3</sup> de madera rolliza. Mientras que para el año 2015 se logró una producción de 1.7 millones de m<sup>3</sup>. Siendo las zonas de mayor producción las regiones Loreto con un 30%, Ucayali con un 20% y Madre de Dios con 13%.

**Figura 2**

Perú: Producción nacional de madera rolliza periodo 2001-2015 (millones de m<sup>3</sup>).



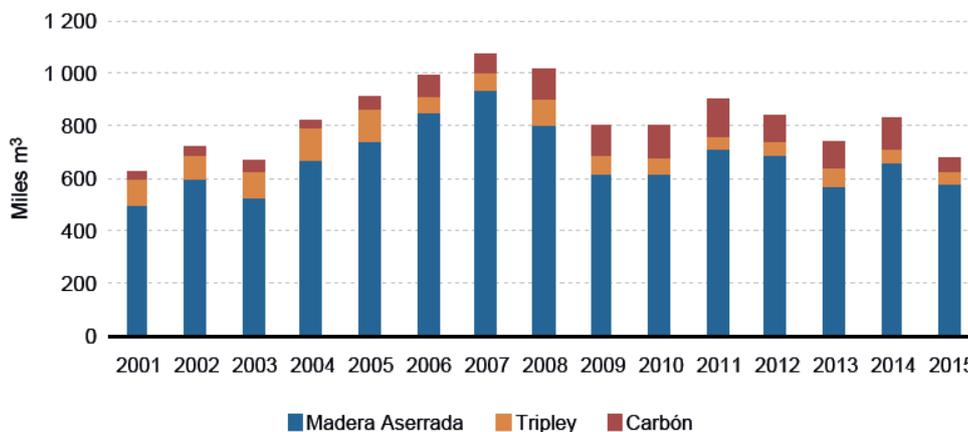
Nota. Fuente: SERFOR/INEI (2016)

### 1.2.2 Producción de principales productos maderables

Según SERFOR, la madera rolliza producida en el país se transforma en productos como: madera aserrada, madera laminada, parquet, triplay, postes, durmientes, carbón y chapas decorativas. El mayor porcentaje de madera se convierte en madera aserrada (78%-84%), seguido de triplay y carbón.

**Figura 3**

Perú: Producción de principales productos maderables (millones de m<sup>3</sup>).



Nota. Fuente: SERFOR/INEI, 2016.

Para el año 2019 se tienen las siguientes producciones de madera por cada departamento. Donde el primer productor lo constituye la región Loreto con 188 mil m<sup>3</sup> de madera aserrada, seguido por Ucayali con 182 mil m<sup>3</sup>.

**Tabla 3**

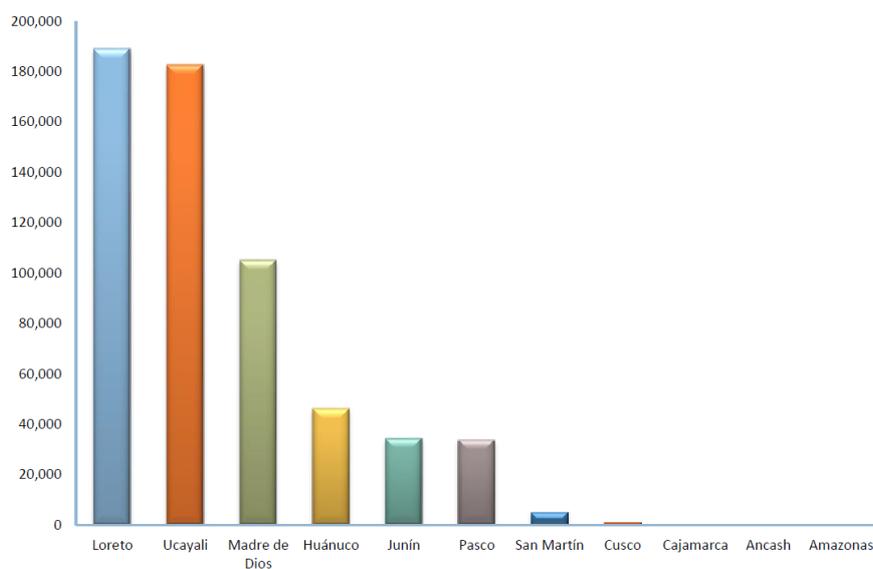
*Producción de madera aserrada por departamento.*

Regiones	Área BBP (ha)
Amazonas	28,32
Ancash	30,50
Cajamarca	36,12
Cusco	1010,92
Huánuco	46 026,68
Junín	34 298,56
Loreto	188 999,98
Madre de Dios	105 031,67
Pasco	33 533,02
San Martín	4866,00
Ucayali	182,685,39
<b>Total (Aproximado)</b>	<b>596 57,14</b>

Nota. Fuente: GORES - Direcciones Ejecutivas de Recursos Naturales, Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (2019)

**Figura 4**

*Producción de madera aserrada por departamento (m<sup>3</sup>).*



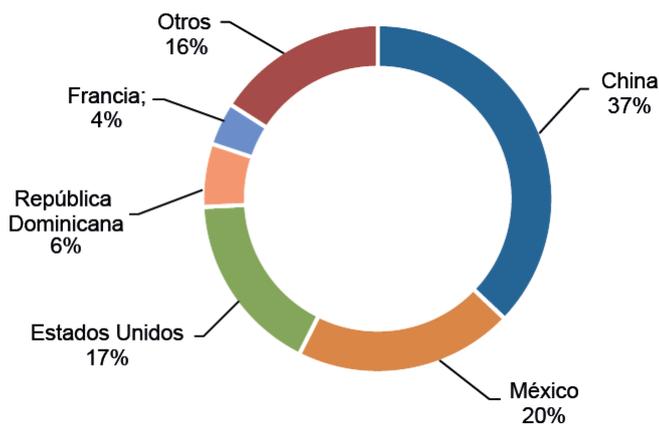
Nota. Fuente: GORES - Direcciones Ejecutivas de Recursos Naturales, Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (2019)

### 1.2.3 Exportaciones de madera

Para el año 2015 las exportaciones de madera sumaron US\$ 151,31 millones FOB. En este rubro destacan productos semi-manufacturados y madera aserrada. Siendo los principales destinos China con un 37%, México 20% y Estados Unidos 17%

**Figura 5**

*Exportaciones del sector madera: Principales mercados 2015.*



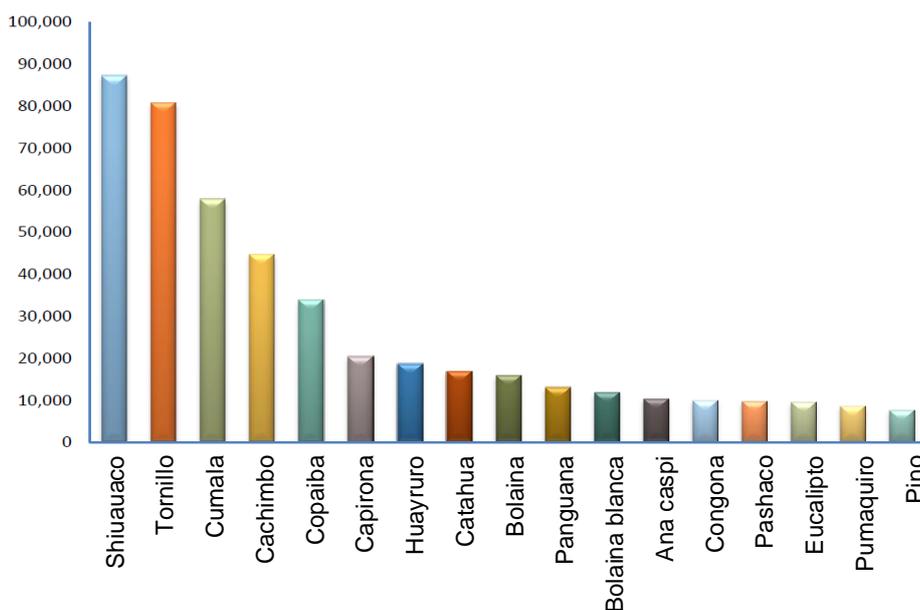
Nota. Fuente: Adex (2015)

### 1.2.4 Especies maderables

La extracción forestal se restringe a unas pocas especies.

**Figura 6**

*Madera aserrada por especies de mayor producción (m³).*



Nota. Fuente: GORES-Direcciones Ejecutivas de Recursos Naturales, Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre

Según el MINAGRI, en el año 2019 la especie con mayor producción fue el Shihuahuaco con 87 mil m<sup>3</sup>, seguido por la madera Tornillo con 80 mil m<sup>3</sup>. Mientras que, de una de las especies consideradas en este estudio, Ishpingo, se produjeron 5.9 mil m<sup>3</sup>.

### 1.2.5 Reforestación

Según SERFOR al 2017 se tiene un total de 10 500 000 hectáreas aptas para la reforestación. Mientras que hasta el 2017 se acumularon un total de 1 069 768 hectáreas (10.19%), quedando 9 436 348 hectáreas pendientes para su reforestación.

**Tabla 4**

*Perú: superficie reforestada y por reforestar según región, año 2017.*

Departamentos	Superficie territorial (ha)	Tierras aptas para reforestación (ha)	Superficie reforestada hasta el 2017 (ha)	Superficie por reforestar (ha)
Amazonas	4 129 712	305 100	21 549,95	283 560,05
Áncash	3 630 831	554 016	100 544,63	453 471,37
Apurímac	2 065 456	78 300	84 416,41	
Arequipa	6 352 762	360 200	11 405,00	348 795,00
Ayacucho	4 418 104	539 400	74 859,60	464 540,40
Cajamarca	6 541 782	790 000	124 615,25	665 384,75
Cusco	7 622 489	1 414 582	133 323,11	1 281 285,89
Huancavelica	2 107 896	62 000	55 215,63	6 784,37
Huánuco	3 531 457	660 000	48 282,92	611 717,08
Ica	2 125 139	25 400	2 749,01	22 650,99
Junín	4 338 442	1 010 291	73 809,28	936 481,72
La Libertad	2 324 132	352 500	77 950,25	274 549,75
Lambayeque	1 324 965	82 300	23 523,99	58 776,01
Lima	3 396 869	452 600	20 963,30	431 631,70
Loreto	37 990 006	659 900	23 479,87	636 420,13
Madre de Dios	7 840 271	512 100	8 467,01	503 632,99
Moquegua	1 617 465	128 100	4 225,08	123 874,92
Pasco	2 242 175	522 511	22 104,39	500 406,61
Piura	3 640 348	89 700	50 025,89	39 674,11
Puno	7 238 244	1 120 400	47 233,55	1 073 166,45
San Martín	5 306 361	435 700	18 177,65	417 522,35
Tacna	1 476 663	24 900	5 971,99	18 928,01
Tumbes	473 152	100 100	4 979,51	95 120,49
Ucayali	9 786 849	219 900	31 889,99	188 010,01
<b>Total</b>	<b>128 521 560</b>	<b>10 500 000</b>	<b>1 069 768</b>	<b>9 436 348</b>

Nota. Fuente: AGRORURAL (2018)

Los departamentos con mayor superficie reforestada son Cusco con 133 mil hectáreas y Cajamarca con 124 mil hectáreas, donde se están llevando a cabo programas de reforestación impulsados por el Estado. Asimismo, las especies arbóreas más empleadas en estos programas son el Eucalipto y Pino en sus distintas variedades.

### **1.3 Definición del problema de investigación**

#### **1.3.1 Realidad problemática**

La informalidad es un problema que afecta gravemente el sector construcción en el Perú y en otros países de la región. Según estudios realizados por CAPECO (2018) cerca del 68.5% de las viviendas construidas entre los años 2007 y 2014 en Lima Metropolitana fueron edificadas de manera informal. Aunque no hay cifras exactas, para el interior del país es razonable presumir que la situación es similar, dado que la presencia de los entes reguladores en las nuevas construcciones es casi inexistente. Tal es el caso de las construcciones en madera de la provincia de Bongará, donde las edificaciones son erigidas por los mismos pobladores de la zona, los cuales tienen conocimientos prácticos en este tipo de construcciones, pero sin llegar a emplear conocimientos técnico-ingenieriles que les permitan diseñar las viviendas de acuerdo con las normativas técnicas vigentes.

Las viviendas de madera construidas por los propios pobladores de la zona de Bongará, se realizan sin seguir pautas técnico-ingenieriles. Por ello, es inherente considerar que se pueden mejorar los detalles constructivos y la manera en que se edifican este tipo de construcciones. Aspectos como las conexiones entre elementos estructurales y las conexiones con el terreno de fundación presentan posibilidades de ser estudiados y plantear modificaciones que permitan mejorar el comportamiento estructural de las construcciones de madera. En ese sentido, las mejoras deben plantearse teniendo en cuenta las prácticas constructivas actuales y sin romper los paradigmas de los constructores locales para no generar resistencia al cambio y que sean adaptadas con facilidad.

Debe tenerse en cuenta que el Perú es un territorio con alta sismicidad, debido a los procesos de subducción de las placas y a la dinámica de las unidades tectónicas del interior del continente (Instituto Geofísico del Perú, 2014). Los movimientos sísmicos son recurrentes en el territorio, en especial en zonas de la Costa y en algunas regiones de la Selva como San Martín. Siendo el último movimiento sísmico ocurrido en Amazonas de magnitud considerable, 7.5 (Mw), que ocurrió el pasado 28 de noviembre de 2021, según reportó el Centro Sismológico Nacional del Instituto Geofísico del Perú (IGP). Dado que la provincia de Bongará, perteneciente a Amazonas, colinda por el Este con el departamento de San Martín, las ondas sísmicas se transmiten y son percibidas por los pobladores de la zona. Por ello, las viviendas de madera construidas en dicha provincia están expuestas a las acciones sísmicas, que interrumpen la tranquilidad de los residentes.

### **1.3.2 Problema general de investigación**

¿En qué medida la estructuración y los detalles constructivos típicos de las viviendas de madera en Bongará (Amazonas) son adecuados para soportar las diversas sollicitaciones de carga?

## **1.4 Objetivos del estudio**

### **1.4.1 Objetivo general**

El objetivo de la presente tesis es realizar un diagnóstico de las viviendas de madera en la provincia Bongará, región Amazonas y proponer mejoras en su estructuración y detalles constructivos para mejorar su comportamiento estructural.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Elaborar un diagnóstico de las viviendas de madera en la provincia de Bongará.
- Estudiar el comportamiento estructural de las viviendas frente a sollicitaciones de cargas de gravedad, viento y sismo.
- Proponer modificaciones y detalles constructivos para mejorar el comportamiento y durabilidad de las viviendas de madera.

## **1.5 Antecedentes investigativos**

### **1.5.1 Antecedentes nacionales**

Entre 1975 y 1984, los países del Acuerdo de Cartagena (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) desarrollaron el Estudio Integral de la Madera para la Construcción, dentro del marco de los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales (Padt-Refort), con el objeto de promover la utilización de la madera como material de construcción, particularmente de aquellas especies poco conocidas. Los cinco países tienen bases comparables respecto a los recursos forestales, la tradición en el uso de la madera y las necesidades de vivienda. Ese esfuerzo tuvo antecedentes en numerosos trabajos de investigación desarrollados en universidades, como la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Nacional de Ingeniería. Los Padt-Refort significaron un aporte nuevo e importante, no sólo por la magnitud del trabajo realizado y por su contexto regional, sino también por el particular énfasis en la aplicación de la madera con fines estructurales (Keenan y Tejada, 1986). Como resultado de este esfuerzo conjunto y coordinado, se estableció una base técnica propia para el diseño de edificaciones con madera tropical, definiendo estándares de calidad, de dimensiones, propiedades y criterios de diseño y procedimientos constructivos. La publicación del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (Padt-Refort, 1984) fue uno de los logros más importantes. Este manual reúne la información experimental desarrollada en el referido proyecto, procesada para su aplicación en el diseño o como referencia para los usuarios. La norma NTE E.010 está en gran medida basada en las investigaciones realizadas en el proyecto Padt-Refort.

Refiriéndose a las propiedades físico – mecánicas de las maderas más utilizadas en la provincia de Bongará, puede encontrarse información en la publicación de Aróstegui y Sato (1970) y en la tesis de Sánchez (2000). En ambos casos los resultados reportados son para probetas pequeñas libres de defectos.

Diversos trabajos de tesis de titulación profesional en otras instituciones tienen también relación con el tema tratado en este estudio. Entre algunos trabajos recientes se tienen:

Romero J. (2016), en su trabajo de tesis de ingeniero civil, plantea el diseño de una vivienda de madera de 2 niveles utilizando el sistema estructural denominado poste y viga. En su investigación desarrolla el diseño de una vivienda ubicada en una zona sísmica 1 y cimentada sobre un suelo de baja capacidad portante. Concluyendo que la madera es un recurso versátil, que constituye una alternativa para cubrir el déficit de viviendas en sectores rurales y socioeconómicamente bajos.

Ordoñez y Lugo (2016), en su tesis “Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú”, realizan el análisis de cómo se comporta un sistema estructural basado en madera de la especie Pino Radiata. Esta investigación concluyó que el Pino radiata presenta propiedades, tanto físicas como mecánicas, aptas para construir estructuras de madera usando entramados.

Eldredge (2018) en sus tesis “Vivienda multifamiliar de madera en Arequipa: ventajas y desempeño”, realiza un análisis sísmico de una vivienda constituida por entramados de madera de tres niveles y compara estos resultados para la misma vivienda diseñada empleando concreto armado, como sistema dual, y albañilería confinada. Se concluye que la madera posee mejor comportamiento estructural comparado con la albañilería confinada y los sistemas duales de concreto.

Por otro lado, Cárdenas y Contreras (2019) realizaron un análisis y diseño de dos alternativas para módulos temporales de vivienda para la Costa Norte del Perú, mediante el uso de paneles sándwich y entramados de madera. Concluyeron que ambos sistemas cumplen con las deflexiones máximas y distorsiones, con la diferencia que los entramados son un tanto más rígidos. El sistema de paneles sándwich tiene un mejor confort térmico y un tiempo de producción mucho menor.

Bacalla y Díaz (2017) en su tesis “Características estructurales de las especies maderables *Cedrelinga cateniformis* e *Inga sp.* para armaduras en el departamento de Amazonas-2016”, realizaron ensayos en el laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Concluyeron que la madera *Cedrelinga cateniformis* pertenece al grupo estructural C y la madera *Inga sp.* pertenece al grupo B.

### 1.5.2 Antecedentes internacionales

Existen abundantes trabajos sobre la construcción con madera en Norteamérica y en Europa. Entre los documentos más fácilmente accesibles está el “*Wood handbook—Wood as an engineering material*” (Forest Products Laboratory, 2010), publicación dirigida a ingenieros y arquitectos que resume información sobre propiedades de la madera y productos derivados, y sus posibles usos. Entre los textos más específicamente dirigidos a los sistemas constructivos de madera puede citarse a Anderson y Oberschulte (1992) o el manual *Canadian Wood-Frame House Construction* (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2013).

Hay entre los investigadores un interés creciente en la construcción con madera. A continuación, se mencionan algunos trabajos recientes:

Mahjub (2007) en su tesis de maestría, “Seismic design of a current wood frame structure and study of innovative products and damping systems in wood construction” describe el diseño sísmico de las estructuras de madera. Presenta innovaciones en el mercado de la construcción en madera, como disipadores viscoelásticos e hysteréticos que se emplean para obtener una óptima resistencia a los sismos. El estudio concluye que la madera es un material que provee resistencia, es económico y flexible en el diseño. Asimismo, es un material reciclable, biodegradable y sostenible.

Chirico (2012) en su tesina “La construcción de vivienda en madera: ¿Una alternativa eficiente?” analizó el diseño de una vivienda de madera en Uruguay frente a sistemas pesados como el hormigón y mampostería. Se concluye que los entramados de madera son una alternativa ventajosa debido a sus costos bajos y cortos plazos de

construcción. Asimismo, las viviendas de entramados de madera presentan buenos valores de resistencia mecánica, aunque bajos para la capacidad térmica.

Aisalla (2012) en sus tesis “Elaboración de manual de detalles constructivos en viviendas de madera” presenta una serie de detalles constructivos para mejorar las construcciones de madera en Ecuador. También, los procesos constructivos y detalles que permiten ahorrar tiempo, material y mano de obra. Esto resulta un gran aporte para los interesados en la construcción de viviendas pero que no acceden a ellas por los altos costos, representando la madera una alternativa viable.

Guadalupe (2017) en su tesis “Diseño de prototipos de viviendas de madera de interés social en México” analiza el diseño de 3 prototipos de viviendas para clima seco, clima templado y clima cálido en México. Se planteó usar celulosa reciclada ácida como aislante térmico para las viviendas, para lo cual se elaboraron 3 clases de paneles, combinando la celulosa con poliestireno expandido, acícula de pino y recubiertos de ácido bórico.

Páramo y Villegas (2021) en su tesis “Estudio del desempeño sísmico y mejoramiento estructural de las viviendas de emergencia techo en las localidades ciudad Bolívar y Usme de Bogotá D.C.” realizaron un análisis no lineal estático de las estructuras de vivienda que maneja la fundación Techo, proponiendo mejoras en los sistemas de arriostre para lograr un adecuado comportamiento frente a las solicitaciones sísmicas.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1 La madera como material de construcción

La madera es uno de los materiales de construcción más antiguos del mundo. En todos los continentes y culturas la madera ha sido usada para construir refugios por cientos de años. En el pasado, la madera ha sido comúnmente usada en grandes estructuras como templos, torres y puentes. Actualmente, este tipo de construcciones es popular en Escandinavia, Europa Central y en Europa del Este, en República Checa y Eslovaquia (FORESDA, 2018)

Este material de construcción es prometedor debido a sus propiedades físicas: tiene un bajo peso y alta resistencia, presenta una relación resistencia-peso superior a la del acero o concreto; tiene un comportamiento predecible frente al fuego, buen desempeño en zonas sísmicas, un impacto ambiental reducido y es fácil de usar en viviendas prefabricadas.

La madera tiene la aparente desventaja de ser combustible. Sin embargo, su capacidad para aislar el calor está subestimada. Una viga, columna o la pared reacciona lenta y muy predeciblemente al calor. Por lo tanto, grandes elementos estructurales de madera (a diferencia de la madera en construcciones con estructura de palos u otras construcciones que utilizan componentes delgados con grandes proporciones de superficie a volumen) solo contribuyen marginalmente a la carga de combustible. La cubierta exterior de la madera se quema lentamente y, a medida que la madera se convierte en carbón, la madera se aísla y deja de soportar la combustión. Sin embargo, una vez que se ha extinguido el fuego, los elementos de madera se pueden quitar, cepillar la parte sin carbonizar y reutilizar, pero con un módulo de sección reducido.

En comparación con otros materiales, la madera naturalmente demanda poca energía en la construcción y ayuda a reducir el impacto ambiental. Es un recurso renovable, tiene una energía incorporada más baja (la energía total utilizada en los procesos asociados con la construcción de un edificio) que el acero y el hormigón. El deseo de

reducir el impacto ambiental de los edificios es un factor clave que impulsará la expansión de la construcción con madera en general.

En este capítulo se detallan algunos conceptos básicos para entender el empleo de la madera como componente estructural. Se presentan las definiciones y propiedades de la madera como material, los sistemas constructivos más empleados y tipos de uniones entre elementos de madera.

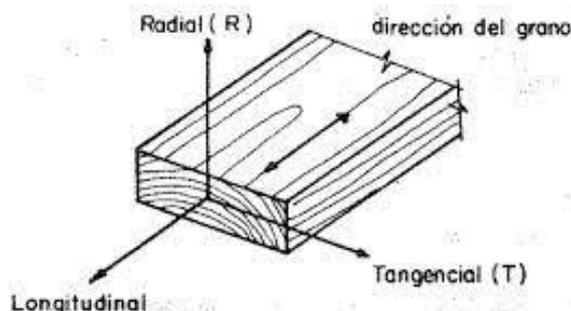
## 2.2 Propiedades físicas

### 2.2.1 Anisotropía

En la madera se puede reconocer tres direcciones principales que son ortogonales entre sí: la dirección longitudinal, la tangencial (a los anillos de crecimiento) y la radial, siendo esas dos últimas perpendiculares al grano.

#### Figura 7

*Direcciones ortogonales de la madera.*



Nota. Fuente: PADT-REFORT, 1984

### 2.2.2 Contenido de humedad (CH)

El contenido de humedad de la madera es una característica que ocasiona variación en sus propiedades mecánicas y físicas. De acuerdo con el CH de la madera, esta puede presentar valores mayores o menores de resistencia, así como sufrir contracción o expansión volumétrica. El agua puede estar contenida en la madera en tres formas:

- Agua de constitución: esta agua está presente en la propia estructura química de la madera y solo podría eliminarse quemando el material.

- Agua higroscópica: constituida por el agua presente en las paredes celulares y es la que influye en las propiedades mecánicas y físicas de la madera.
- Agua libre: esta involucra el agua presente en los intersticios (poros) de la madera y no influye en las propiedades mecánicas y físicas.

El CH de la madera no considera el agua de constitución, la cual es propia de la composición de la madera. Existen diversos métodos para medir el contenido de humedad como: método gravimétrico, método eléctrico y método capacitivo. Siendo el comúnmente empleado el método gravimétrico, el cual consiste en pesar los especímenes de madera hasta que hayan perdido su humedad. Procedimiento que se detalla en la norma NTP 251.010 y en el ASTM D4442. El contenido de humedad (CH) se estima mediante la siguiente relación:

$$CH \% = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} \times 100 \quad (1)$$

Según el CH, la madera se clasifica en: muy húmeda, húmeda, poco seca, seca al aire, muy seca y anhidra, según los CH que se detallan en la siguiente tabla

**Tabla 5**

*Denominaciones de la madera por el contenido de humedad.*

Denominación	Contenido de humedad (%)
Madera muy húmeda	Mayor a 80%
Madera húmeda	25% - 80%
Madera poco seca	20% - 25%
Madera seca al aire	15% - 20%
Madera muy seca	8% - 15%
Madera anhidra	0%

Nota. Fuente: Guía para el secado de la madera aserrada, (1998)

Existen dos valores de CH que son importantes, el primero es el Punto de Saturación de Fibras (PSF) y es el CH que tiene la madera al perder la totalidad de agua libre y comenzar a perder agua higroscópica. El otro es el Contenido de Humedad de

Equilibrio (CHE), cuando la madera expuesta al aire pierde parte de su agua higroscópica hasta alcanzar un CH equilibrado con la temperatura y la humedad relativa del aire (PADT-REFORT, 1984).

Al reducirse el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras, la madera experimenta una reducción en sus dimensiones. Esta contracción es mayor en la dirección tangencial que en la dirección radial. La razón de contracción tangencial a contracción radial está en el rango entre 1.65 y 2.30. La contracción en la dirección longitudinal es mucho menor, del orden de 0.1%.

El contenido de humedad también influye en las propiedades mecánicas, cuyos valores se incrementan al reducirse el CH.

### **2.2.3 Densidad y peso específico**

La densidad viene dada por la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. La masa de la madera involucra la parte sólida más el agua y por lo tanto depende del CH. Mientras, que el volumen de la madera se mantiene constante en estado verde, pero disminuye conforme el CH se reduce por debajo del PSF, hasta alcanzar un valor constante en estado anhidro o seco a horno (PADT-REFORT, 1984). Por ello, se puede hacer referencia a 4 densidades para una misma muestra de madera:

- Densidad verde (DV): es la razón entre la masa en estado verde (PV) y el volumen verde (VV).
- Densidad seca al aire (DSA) es la razón entre la masa seca al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).
- Densidad anhidra (DA): es la razón entre la masa seca al horno (PSH) y el volumen seco al horno (VSH).
- Densidad básica (DB): es la razón entre la masa seca al horno (PSH) y el volumen verde (VV). Esto resulta en el valor más bajo entre las posibles medidas de densidad.

La mayor parte de las propiedades mecánicas de probetas de madera sin defectos tienen una muy buena correlación con la densidad básica.

Por otra parte, el peso específico ( $P_e$ ) es la relación entre el peso de la madera, con un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera.

### **2.3 Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas más representativas son: la resistencia a los esfuerzos producidos por flexión, la resistencia a la compresión paralela al grano, la resistencia a la compresión perpendicular al grano, la resistencia a la tracción paralela al grano y el corte o cizallamiento.

Para fines de diseño, las distintas normas tratan al material como si fuera isotrópico, tanto al establecer los esfuerzos admisibles y las propiedades elásticas a partir de los resultados de laboratorio como al utilizar los valores de la norma para la verificación de los elementos estructurales. Las propiedades de diseño se basan en resultados de ensayos de probetas libres de defectos (mayormente valores que aproximan el quinto percentil y en algunos casos valores medios). Los resultados obtenidos en probetas son modificados para tener en cuenta los defectos presentes en elementos de madera a escala real, que reducen la resistencia y en menor medida afectan la rigidez. Estos defectos o más bien características propiedades de la madera, como pueden ser la inclinación del grano o la presencia de nudos, deben limitarse según reglas de clasificación como la descrita en la norma NTP 251.104.

#### **2.3.1 Resistencia a la flexión**

La madera presenta un buen comportamiento frente a la flexión, donde se combinan esfuerzos de compresión en una cara de la pieza y tracción en la cara opuesta. Esta tiene una mayor resistencia a la tracción paralela a sus fibras que a la compresión en este mismo sentido. Por ello, en probetas pequeñas libres de defectos sometidos flexión la falla se da primero en la zona comprimida. Sin embargo, en vigas secas no se presenta

visiblemente la falla en la zona comprimida, sino que con mayor frecuencia ocurre directamente la falla por tracción (PADT-REFORT, 1984).

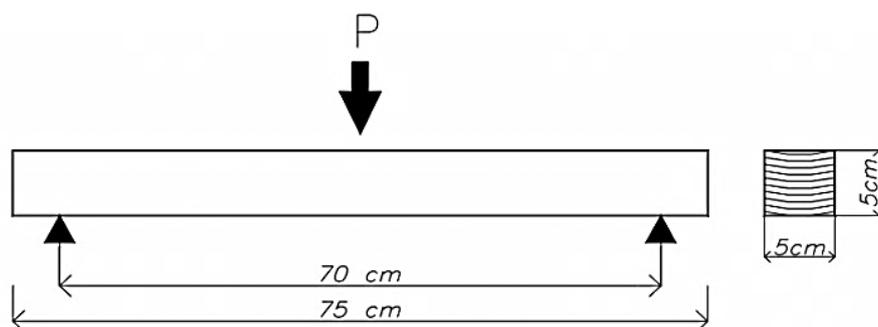
Según Rouger y Fewell (1994) la madera no puede considerarse como un material frágil debido a que solo entre el 10% y el 40% de las roturas pueden considerarse como tales. Este porcentaje se puede reducir con la calidad de la madera, llegando a ser prácticamente cero en el caso de madera sin defectos.

La información experimental muestra que la hipótesis de Navier sobre la permanencia de la sección plana durante la deformación no se cumple. Las fórmulas de la teoría de vigas para calcular los esfuerzos no son estrictamente aplicables. Por ello se hace referencia al esfuerzo máximo en flexión, calculado como si el material fuera homogéneo e isotrópico, como el módulo de rotura (MOR).

El ensayo utilizado para determinar la resistencia a la flexión de la madera en probetas pequeñas libre de defectos está descrito en la NTP 251.017:2004.

### Figura 8

*Ensayo para determinar la resistencia a la flexión*

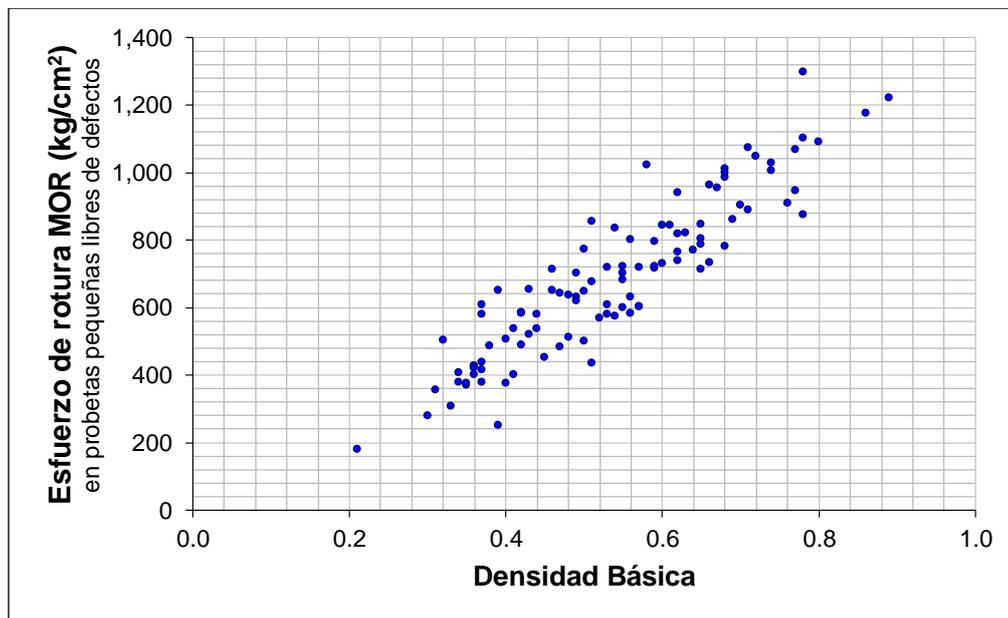


Nota. Fuente: NTP 251.017:2004 - Método para determinar la flexión estática” INACAL,2004.

El MOR en flexión varía entre 200 a 1400 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo de la densidad y del contenido de humedad de la madera (PADT-REFORT, 1984). En la figura siguiente se muestran valores promedio (en probetas pequeñas libres de defectos, en condición verde) para cada una de 104 especies con distintas densidades básicas.

**Figura 9**

*MOR promedio en viguetas libres de defectos.*

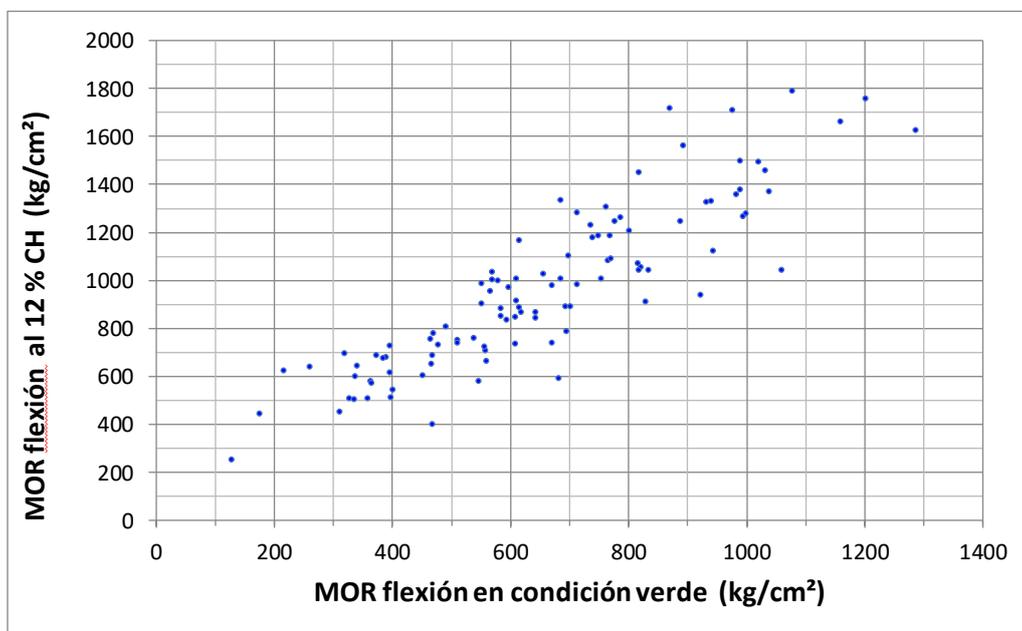


Nota. Fuente: Padt-Refort/Junac (1982)

La figura siguiente muestra la influencia del CH.

**Figura 10**

*MOR promedio en condición verde vs. seca al 12% de CH.*



Nota. Fuente: Padt-Refort/Junac (1982)

### 2.3.2 Resistencia a la compresión paralela

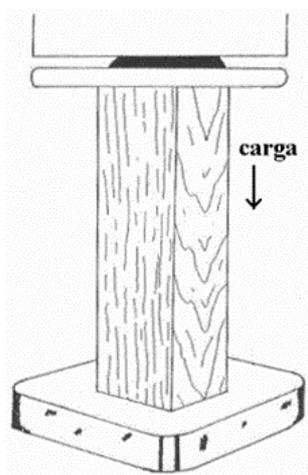
La madera tiene gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras, debido a que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección o representa una orientación cercana a las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular.

Según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (1984), la capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia al aplastamiento. Cuando se trata de elementos a escala natural como las columnas, solamente aquellas de una relación de esbeltez (Longitud/ancho) menor que 10 desarrollan toda su resistencia al esforzar la sección a su máxima capacidad. Para elementos más esbeltos, como se presentan comúnmente, la resistencia está determinada por su capacidad a resistir el pandeo lateral, que depende mayormente de la geometría de la pieza más que la capacidad resistente de la propia madera.

La norma técnica peruana (NTP 251.014:2004) describe la realización del ensayo en probetas con las dimensiones siguientes 5x5x20 cm.

#### Figura 11

*Ensayo de compresión paralela.*



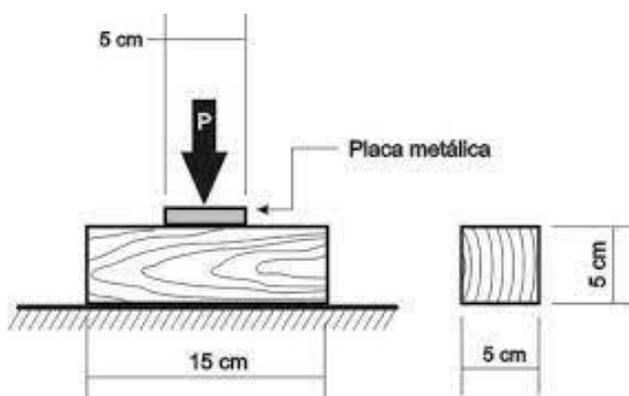
Nota. Fuente: Sánchez; Gallardo y Delgado (2018)

### 2.3.3 Resistencia a la compresión perpendicular

Cuando se comprime la madera en dirección perpendicular a su eje, las fibras están sometidas a esfuerzos que deforman las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Esto permite que se pueda cargar la madera sin una falla que sea claramente distinguible. Al aumentar la carga la pieza se va comprimiendo, aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir una mayor carga (PADT-REFORT, 1984). El ensayo utilizado para determinar esta capacidad está descrito en la NTP 251.016:2004.

**Figura 12**

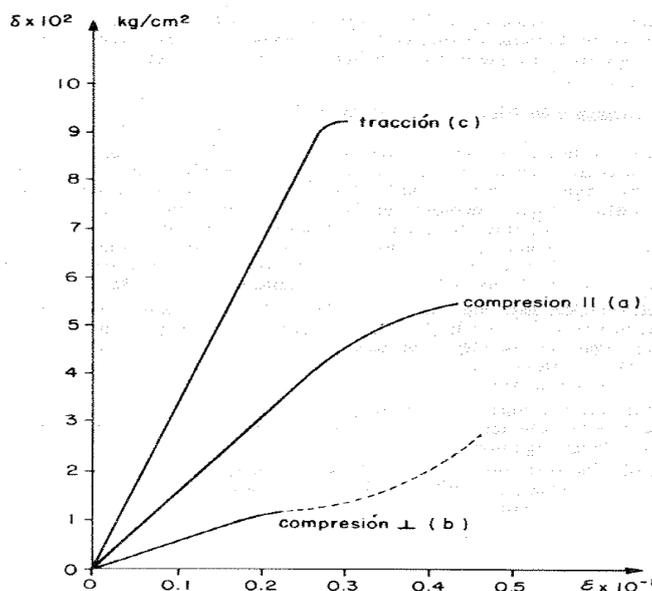
*Ensayo de compresión perpendicular.*



Nota. Fuente: Spavento; Keil y Monteoliva (2008)

**Figura 13**

*Curva esfuerzo-deformación para maderas latifoliadas.*



Nota. Fuente: PADT-REFORT, 1984

### 2.3.4 Resistencia a la tracción

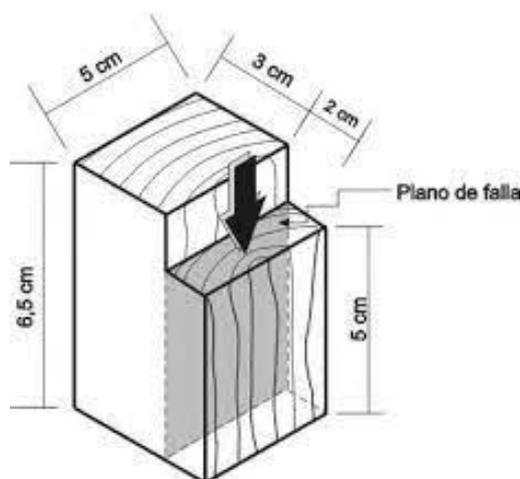
La resistencia a la tracción paralela en especímenes pequeños libres de defectos es en general mayor que la resistencia a la compresión paralela. En la figura anterior se observa el comportamiento lineal y elástico de la curva esfuerzo-deformación; también muestra la naturaleza frágil de la falla. El valor característico del esfuerzo de rotura varía entre 500 y 1500 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.3.5 Resistencia al corte

Las piezas de madera presentan esfuerzos por corte o cizallamiento cuando están sometidas a flexión. Estos esfuerzos se presentan tanto a lo largo como perpendicularmente al eje del elemento. Las sollicitaciones paralelas a la fibra son resistidas por la lignina, la sustancia ligante de las fibras de la madera. Mientras que para la dirección perpendicular la resistencia es cuatro veces mayor que la paralela. El esfuerzo de rotura de probetas sometidas a corte paralelo varía entre 25 y 200 kg/cm<sup>2</sup> (PADT-REFORT, 1984). El ensayo utilizado para determinar esta capacidad está descrito en la NTP 251.013:2004.

#### Figura 14

*Resistencia al corte.*



*Nota. Fuente:* Spavento; Keil y Monteoliva (2008)

## 2.4 Propiedades elásticas

Al igual que otros materiales de construcción como el acero, la madera se deforma elásticamente cuando las deformaciones son pequeñas, como ocurre típicamente con las cargas de servicio. Luego pasa a una zona inelástica hasta llegar a su límite de rotura.

Al ser la madera un material ortotrópico, cuyas propiedades son distintas en las direcciones longitudinal, radial y tangencial, la descripción del comportamiento esfuerzo-deformación requeriría considerar por lo menos nueve constantes elásticas. Sin embargo, es habitual tratar a la madera como si fuera un material isotrópico. En ese contexto son importantes el módulo de elasticidad en flexión y el módulo de rigidez cortante.

### 2.4.1 Módulo de elasticidad (E)

El módulo de elasticidad en flexión, que también es importante en la estimación de cargas de pandeo de elementos en flexocompresión, se determina típicamente a partir de ensayos de vigas sometidas a flexión, como está descrito en la norma NTP 251.107:2011.

En la norma de diseño NTE E.010 se consideran dos distintos módulos de elasticidad. Un  $E_{\min}$  obtenido a partir del quinto percentil se utiliza en el diseño de elementos principales que trabajan aislados, como vigas y columnas. Por otro lado, el  $E_{\text{prom}}$  representativo de los valores medios se emplea al diseñar elementos con cierta redundancia, como viguetas y entablados.

### 2.4.2 Módulo de corte

El módulo de corte relaciona los esfuerzos cortantes con las distorsiones que sufre la madera. En las maderas coníferas el corte radial-tangencial (GRT) representa alrededor de 10% del módulo longitudinal-tangencial (GLT). Por otro lado, en las maderas latifoliadas es el 40% del GLT (Bodig & Goodman, 1973). Sin embargo, en las normas el material se trata como si fuera isotrópico. En la norma NTE E.010 no hay una referencia explícita al valor de G. El procedimiento utilizado para determinar este módulo está descrito en la NTP 251.107:2011.

## 2.5 La madera de calidad estructural

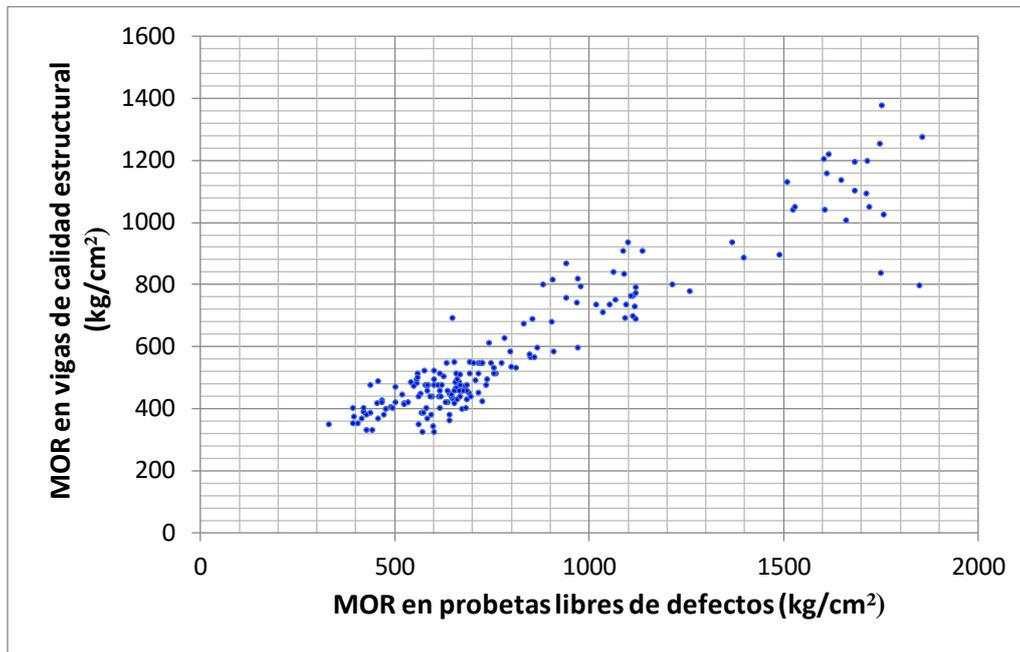
La madera en el mercado nacional proviene de bosques naturales, en los que no puede controlarse el proceso de producción, por lo que el control de calidad se realiza en el producto final, es decir con la madera aserrada, descartando los elementos de menor calidad, para así garantizar la resistencia considerada al diseñar. Incluso en los países en los que la mayor parte de la madera proviene de plantaciones, la mayor parte del control de calidad se hace con el producto final.

Los elementos de madera típicamente tienen defectos, es decir características que reducen sus propiedades mecánicas. Estos se originan por las propias características anatómicas de los árboles; o por ataques biológicos, o por un procesamiento inadecuado. Refiriéndose a las maderas latifoliadas procedentes de la Amazonía, el defecto más importante es la inclinación del grano, en contraste con las coníferas, en las que la presencia de nudos es típicamente más frecuente. Por ejemplo, la resistencia a la tracción paralela es afectada por la inclinación del grano. Con una inclinación de 1 en 8 ( $7^\circ$ ) el esfuerzo de rotura es 75 por ciento del esfuerzo de rotura paralelo al grano (PADT-REFORT, 1984).

La norma NTP 251.104 se refiere a la clasificación visual de la madera. En ella se considera un solo grado de calidad estructural. Se aceptan en forma limitada: alabeos, aristas faltantes, grano inclinado, grietas y rajaduras, mohos y manchas, nudos aislados, perforaciones de insectos. En cambio, no se toleran escamaduras en aristas, fallas de compresión, médula incluida, nudos arracimados y pudriciones. Aun siendo calificados como de calidad estructural, los elementos estructurales tienen resistencias menores que las de probetas pequeñas libres de defectos, como se aprecia por ejemplo en la figura siguiente, para una muestra de 181 vigas aceptadas según la regla de clasificación y las correspondientes probetas libres de defectos.

**Figura 15**

MOR en vigas vs MOR en probetas para una muestra de 181 vigas.



Nota. Fuente: Scaletti (1983)

Teniendo en cuenta la heterogeneidad del bosque y para evitar la selectividad y la depredación de algunas especies más conocidas, la norma NTE E.010 considera el agrupamiento de especies con características mecánicas similares. Con ello se busca aumentar la oferta de madera y disminuir los costos de producción, facilitando el diseño y la construcción.

Un agrupamiento preliminar se hace con la densidad básica. Las maderas del grupo A corresponden a densidades básicas entre 0.70 y 0.90. Las del grupo B al rango de 0.55 a 0.70 y aquellas del grupo C a densidades básicas entre 0.40 y 0.55. El agrupamiento definitivo se hace sobre la base de resultados de ensayos de vigas a escala natural y de calidad estructural. Así por ejemplo el Pumaquiro, que por su densidad correspondería al grupo B, está clasificado en el grupo A de la norma NTE E.010. Las maderas del grupo A son las más abundantes en los bosques de la Amazonía, pero en el mercado predominan las especies del grupo C (Scaletti,1983). Esto se debe a la mayor facilidad para la extracción.

En la norma NTE E.010 se indican los esfuerzos admisibles, en condiciones de servicio, para cada grupo uno de los grupos estructurales. Los valores indicados son para madera en condición verde y son evidentemente conservadores para madera en condición seca al aire.

**Tabla 6**

*Esfuerzos admisibles para madera en condición verde (kg/cm<sup>2</sup>).*

Grupo Estructural	Flexión $f_m$	Tracción paralela $f_t$	Compresión paralela $f_{c  }$	Compresión perpendicular $f_{c\perp}$	Corte $f_v$
A	210	145	145	40	15
B	150	105	110	28	12
C	100	75	80	15	8

Nota. Fuente: PADT-REFORT (1984)

La tabla siguiente indica el módulo de elasticidad mínimo empleado para diseñar y el módulo de elasticidad promedio que puede emplearse para elementos con redundancia.

**Tabla 7**

*Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>).*

Grupo Estructural	$E_{\text{mínimo}}$	$E_{\text{promedio}}$
A	95 000	130 000
B	75 000	100 000
C	55 000	90 000

Nota. Fuente: PADT-REFORT (1984)

## 2.6 Sistemas constructivos en madera

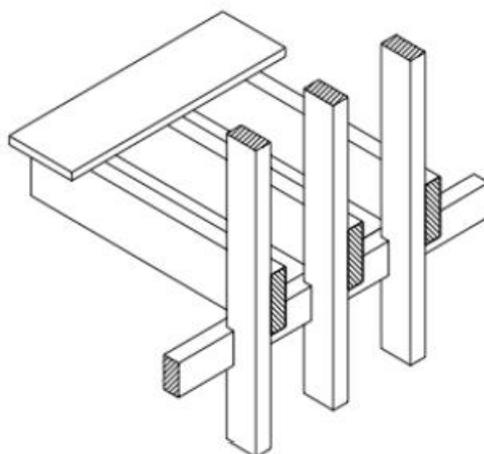
### 2.6.1 Sistema de entramados

El sistema de entramados es el más difundido actualmente debido a su sencillez, posibilidad de un alto grado de prefabricación y rapidez de montaje. El 70-80% de las viviendas construidas en Canadá, Estados Unidos, Finlandia, Suecia y Noruega son de entramado de madera (Hormias, 2011).

Este sistema fue posible gracias a la aparición de aserrados especializados que permiten obtener piezas de pequeña escuadría, así como a la existencia de conexiones y herrajes fabricados industrialmente. Los entramados aparecieron en Estados Unidos a mediados del siglo XIX, forzados por la necesidad de edificar construcciones sencillas y fiables para la colonización rápida de la Costa Oeste Americana. El sistema primitivo que permitía entramados de dos plantas (ballon frame) no tardó en evolucionar al sistema de plataforma (platform frame) en el cual los entramados tienen una sola altura y se apoyan en las diferentes plataformas de los entrepisos. Asimismo, se han desarrollado nuevos materiales (impermeabilizantes, retardadores de difusión de vapor, protecciones de yeso laminado, lanas minerales como aislamiento térmico-acústico), productos estandarizados y métodos más elaborados (Hormias, 2011).

### Figura 16

*Detalle del encuentro del muro con el entrepiso en el sistema globo.*



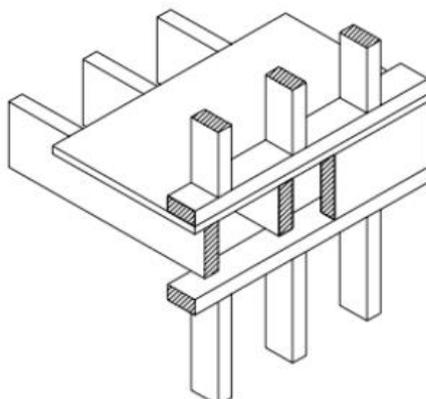
Nota. Fuente: Hormias (2011)

Las estructuras de entramado están constituidas por paneles de muros formados por pie-derechos de secciones reducidas, separados a pequeñas distancias (40 a 60 cm), unidos arriba y abajo por soleras y con riostras o tableros de cerramiento que proporcionan rigidez lateral. Sobre las soleras se apoyan viguetas y entablados en cada entrepiso o techo. La disposición de las piezas funciona de manera tridimensional, donde los

elementos livianos soportan cargas elevadas repartiéndolas entre los elementos que conforman el entramado (Sanz & Gasca, 2021).

### Figura 17

*Encuentro del muro con el entrepiso en el sistema de plataforma.*



Nota. Fuente: Hormias (2011)

### 2.6.2 Sistema poste y viga

Constituye un sistema análogo a los pórticos de concreto armado. Está formado por columnas y vigas de dimensiones considerables, con espaciamientos del orden de algunos metros. Estos elementos soportan las viguetas y techos planos o inclinados.

### Figura 18

*Sistema estructural poste y viga.*



Dicho sistema suele ser muy flexible y economiza la mano de obra por presentar menor número de elementos a ensamblar respecto al sistema de entramados. Sin embargo, este sistema requiere elementos diagonales en muros para proporcionar mayor estabilidad lateral (PADT-REFORT, 1984).

### **2.6.3 Comparación respecto al sistema de entramados**

El sistema poste-viga presenta una gran libertad para el diseño arquitectónico y genera un buen aspecto estético en las viviendas de madera. Asimismo, presenta una mayor velocidad en su edificación. Si bien presenta elementos estructurales de mayor dimensión, estos son menores en cantidad, involucrando un menor costo en mano de obra. Sin embargo, existen limitaciones respecto a este sistema, que se deben tener en cuenta, tales como: el entablonado no está diseñado para soportar cargas puntuales como (tinas de baño, refrigeradores, entre otros); se pueden presentar inconvenientes para esconder las instalaciones eléctricas y sanitarias, ya que no se cuenta con espacio entre muros y cielos raso.

Por otro lado, el sistema de entramados presenta gran flexibilidad para adaptarse a cualquier distribución arquitectónica. Asimismo, su montaje es sencillo y presenta posibilidades de prefabricación. La velocidad de su montaje genera que sea un sistema atractivo, ya que puede permitir la ocupación de la vivienda en menos de 8 semanas. Sin embargo, existen aspectos a tomar en cuenta, tales como el mayor requerimiento de detalles constructivos para asegurar el correcto comportamiento y el mayor desperdicio debido al incremento número de piezas a utilizar.

## **2.7 Uniones en los elementos de madera**

Las uniones entre los elementos de madera tienen vital importancia en la transmisión de las cargas. El diseño de las uniones de madera es un tanto complejo, debido a que esta sujeta a diversas variables como son: las tensiones variables y localizadas presentes en los vértices de los elementos de madera; rótulas de plastificación de las clavijas de unión; y la orientación de las fibras de madera. En las edificaciones de madera, entre el 20% y 25% del costo está vinculado con el diseño y construcción de las uniones entre los distintos

elementos, requiriendo una gran dedicación de tiempo (Argüelles, Arriaga, & J., 2003). Se estima que, de un cálculo estructural completo, el diseño de uniones representa el 70% del tiempo total de cálculo para una estructura de madera (Rood & Leijten, 2003).

Los elementos de madera se pueden unir de diversas formas, incluyendo el ensamble de elementos exclusivamente de madera, el uso de elementos metálicos como clavos, pernos y accesorios diversos, o adhesivos. Sin embargo, las uniones que predominan en estructuras pequeñas, como las que se encuentran en la provincia de Bongará, son las uniones con clavos.

Los clavos comunes son de alambre de acero, de caña lisa, aunque se fabrican también clavos estriados. Pueden tener un tratamiento de zincado o galvanizado. Las longitudes de los clavos que se encuentran en el comercio van desde 40 a 200 mm, con diámetros entre 2.75 a 8 mm. La proporción típica entre longitud y diámetro es aproximadamente 1:20. En la tabla siguiente se muestran fuerzas admisibles (en condiciones de servicio) para clavos sometidos a cizallamiento simple.

**Tabla 8**

*Fuerzas admisibles para clavos sometidos a cizallamiento simple (kg).*

Longitud		Diámetro	Grupo A	Grupo B	Grupo C
(mm)	(pulg)	(mm)			
51	2	2.6	50	39	28
63	2½	3.3	66	53	38
76	3	3.7	76	60	44
89	3½	4.1	88	68	49
102	4	4.5	98	76	55

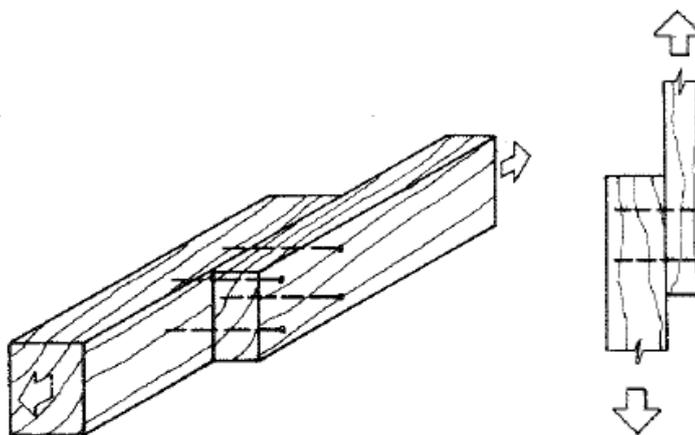
Nota. Fuente: PADT-REFORT (1984)

Las fuerzas admisibles antes indicadas corresponden a un clavo orientado perpendicularmente a las fibras de los dos elementos de madera unidos, trabajando a simple cizallamiento. En la norma NTE E.010 se indican reducciones cuando no se cumplen determinados requisitos de penetración en los elementos de madera o de

separación entre clavos. Asimismo, la orientación de las fibras de madera de los elementos unidos también influye dentro del comportamiento de la unión. Así para clavos a tope, perpendiculares a las fibras de la madera al lado de la cabeza, pero paralelos a las fibras de la madera que contiene la punta, debe considerarse un factor 0.67 respecto a lo que se tendría en la condición de cizallamiento simple antes mencionada. Y para clavos lanceros, colocados a un ángulo de aproximadamente  $30^\circ$  con las fibras de uno de los elementos unidos, el factor es 0.83.

### Figura 19

*Unión clavada sometida a cizallamiento simple.*



Nota. Fuente: PADT-REFORT (1984)

## 2.8 Protección de la madera

La madera presenta limitaciones en su durabilidad debido a su susceptibilidad frente al ataque de insectos y hongos, o la posibilidad de verse dañada por el fuego, el intemperismo o el desgaste mecánico.

La preservación de la madera busca modificar la composición para evitar el ataque de organismos xilófagos. Este objetivo se consigue tornando a la madera como material venenoso para los organismos biológicos, como hongos e insectos. En ese sentido, se prevé la utilización de preservantes para la madera. Los cuales son compuestos químicos que tienen una amplia variedad de costo, composición y eficiencia.

Los tratamientos de madera se pueden realizar en una planta especializada y en autoclave por procedimientos de vacío-presión-vacío tanto con amonio cuaternario y cobre

(ACQ según sus siglas en inglés), como con boratos. Las necesidades del protector la madera y clases de riesgo al que estará expuesto el elemento determinan la profundidad de impregnación del protector (Hormias, 2011).

Hormias E. (2011) clasifica los protectores de madera, según la acción preventiva que realizan, en:

- Insecticidas: protegen de la acción de los insectos xilófagos, destacan el tipo piretrinas y clorpirifos.
- Fungicidas: protegen de la acción de hongos xilófagos. Si estos son de pudrición se emplean productos con contenidos de cromo, cobre y arsénico (CCA); cobre, azoles orgánicos (CA); cobres, azoles orgánicos y boro (CAB), entre otros. Mientras que si se trata de mancha azul se utilizan productos como: el tribromofenato de sodio, quinolatos de cobre y carbendazimas.
- Ignífugos o retardadores de fuego: convierten la madera de un material combustible en uno difícilmente combustible. En este grupo destacan los productos que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos. Estos basan su acción ignífuga en reaccionar con el calor y emiten sustancias que acaparan el oxígeno del aire, impidiendo que la madera se quemé.
- Hidrofugantes: protegen de la acción de la humedad, oponiendo resistencia a la penetración del agua exterior y facilitando la eliminación de la humedad interior.
- Protectores de la luz: protegen del deterioro de la madera por acción de la luz solar. Estos productos son tintes con pigmentos metálicos.

Los agentes degradadores que pueden afectar la madera se indican a continuación.

### **2.8.1 Ataques biológicos**

Los agentes biológicos que atacan la madera son los hongos y los insectos xilófagos. Estos requieren de ciertas condiciones para su desarrollo: existencia de una fuente alimenticia, condiciones de temperatura entre 3° y 50°, condiciones de humedad

entre 20% y 140% y fuente de oxígeno libre suficiente para el desarrollo de microorganismos (Hormias, 2011).

El ataque de los hongos puede tener lugar en la interacción de los elementos de madera con el suelo y por la presencia de humedades mayores al 22%. Se distinguen tres tipos de hongos que atacan a la madera: mohos, hongos cromógenos y hongos de pudrición. Los dos primeros se alimentan de las sustancias almacenadas en las células de la madera, sin atacar los componentes de su pared celular (celulosa y lignina) y sin afectar en gran medida las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Mientras hongos de pudrición causan un importante deterioro en la propiedades físicas y mecánicas. Dependiendo de si el hongo se alimentó de la lignina se denomina pudrición blanca, mientras que si atacó a la celulosa se denomina pudrición parda.

Los insectos de manera individual no son un problema para la madera. Mientras que la proliferación de estos representa un problema. Los insectos que atacan la madera pueden ser las termitas y coleópteros xilófagos. Estos últimos, según Hormias (2011), se agrupan en tres categorías:

- Los que atacan madera parcialmente seca ( $CH < 18\%$ ), como es el caso de líctidos.
- Los que proliferan en maderas con  $CH > 20\%$ , por ejemplo, los cerambícidos.
- Los que atacan a la madera seca, como la carcoma.

Las termitas afectan la madera tomando la celulosa contenida en ella y transformándola en azúcares asimilables para ellas. De esta manera se daña la estructura interna de la madera y por ende sus propiedades físicas y mecánicas disminuyen.

### **2.8.2 Fuego**

La madera al estar conformada por carbono constituye un material combustible y puede ser afectada por el fuego. La degradación frente al fuego se da debido a que la combustión disminuye la sección de los elementos; por ende, disminuye la resistencia mecánica de la pieza, hasta que se destruye completamente. La combustión tiene lugar en

presencia de calor (la madera se inflama a temperaturas aproximadas de 270° C) y oxígeno que producen agua y anhídrido carbónico.

Las grandes piezas de madera sufren una combustión lenta (la velocidad de combustión promedio de la madera es de 0.7 mm/min), debido a la mala conductividad térmica que impide expulsar rápidamente los gases combustibles y ocasiona la carbonización superficial. La formación de esta capa de carbón actúa como aislante protegiendo térmicamente las capas interiores del elemento y retarda aún más su destrucción (Hormias, 2011). Sin embargo, este no es el caso con los elementos de sección relativamente pequeña en la típica estructura de una vivienda.

## 2.9 Normativas

La norma técnica que rige la construcción en madera en el Perú es la NTE E.010. La cual establece los requerimientos mínimos que deben cumplir las edificaciones de madera. Asimismo, existe normativa específica que rige los ensayos, caracterización y aspectos específicos de la madera. Tales normas técnicas se listan a continuación.

**Tabla 9**

*Normas técnicas peruanas de madera*

Código	Título
NTP 251.012	MADERA. Método de determinación de la contracción.
NTP 251.016	MADERA. Método para determinar la compresión perpendicular al grano.
NTP 251.013	MADERA. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano
NTP 251.086	MADERA. Determinación de la tensión perpendicular a las fibras
NTP 251.014	MADERA. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano
NTP 251.017	MADERA. Método para determinar la flexión estática
NTP 251.010	MADERA. Métodos para determinar el contenido de humedad
NTP 251.104	MADERA ASERRADA: Madera Aserrada Para Uso Estructural. Clasificación Visual y Requisitos

Por otra parte, la norma E.020 establece las cargas mínimas que deben emplearse en el diseño de edificaciones. Estas deben resistir las cargas que se les imponga de acuerdo con el uso previsto. Dichas cargas actúan de acuerdo con las combinaciones que se prescriben y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan límites señalados para cada material estructural. Asimismo, otra norma que se debe tener en cuenta durante el diseño de construcciones de madera es la norma E.030. Esta norma establece las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente.

### **2.9.1 Comentario sobre la aplicabilidad de las normas de diseño**

La aplicabilidad de las normas a las edificaciones de madera estudiadas en la presente investigación es un aspecto muy delicado para tomar en cuenta. Al tratarse de viviendas autoconstruidas estas edificaciones están erigidas con consideraciones mínimas de diseño. Los constructores de estas edificaciones no tienen en cuenta criterios ingenieriles de esfuerzos generados por las cargas o diseño sismorresistente para sus edificaciones. También cabe resaltar que las viviendas son unifamiliares y presentan exigencias de carga menores a los que se establecen en la norma E.020.

Los constructores de viviendas de madera buscan obtener espacios funcionales que sean fáciles de construir empleando íntegramente la madera de la zona. Estos espacios están techados con coberturas metálicas livianas y recubrimientos exteriores de propia madera, que permiten tener un ambiente confortable y adecuado para vivir. Las edificaciones siguen conocimientos empíricos en cuanto a su estructuración y dimensiones de los elementos, más allá de estar diseñadas para cumplir estrictamente con la normativa. Por ello, aunque hay aspectos básicos de las normas que deben cumplirse estrictamente, cabe la posibilidad de considerar que hay también temas como el de las cargas vivas mínimas, que han sido pensados para situaciones muy distintas a las que se dan en las viviendas rurales.

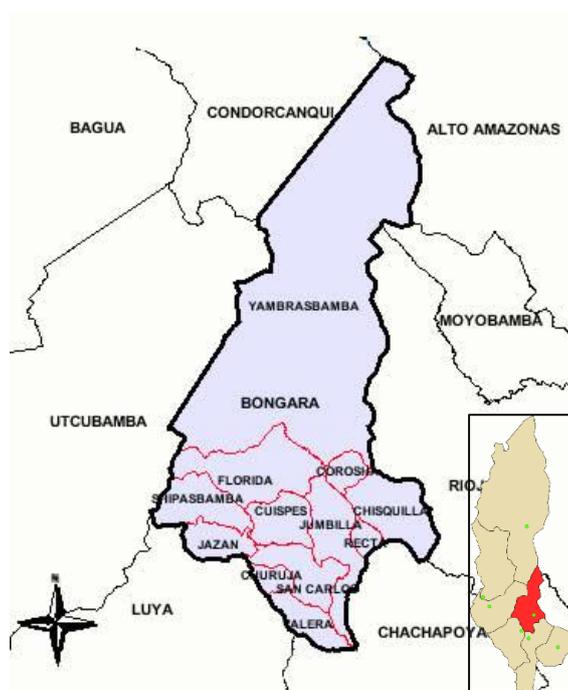
## CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

### 3.1 Descripción de la zona de estudio

La provincia de Bongará se encuentra al sur este de la región Amazonas. Limita por el norte con la provincia de Condorcanqui y la región Loreto, por el este con la región San Martín, por el sur con la provincia de Chachapoyas y por el oeste con las provincias de Utcubamba y Luya.

#### Figura 20

Mapa de la provincia de Bongará.



Nota. Fuente: Perú Top Tours.

#### 3.1.1 Condiciones climáticas

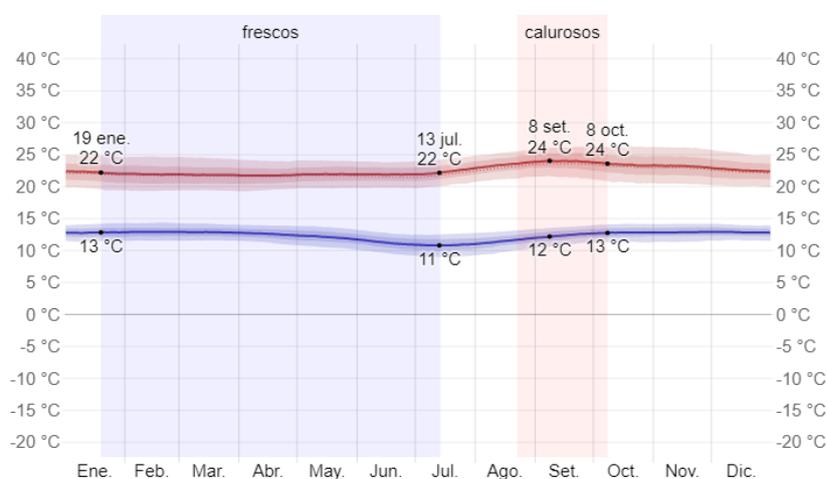
En la provincia de Bongará, la temporada seca suele presentar temperaturas cómodas que no sobrepasan los 26° C. Mientras que las temporadas de invierno (periodo en el cual se presentan lluvias, reciben esta definición local, que comprenden los meses de diciembre a marzo) suelen ser más duraderas, frescas y con nubosidad la mayor parte del año; la temperatura no baja de los 9° C.

La época seca dura alrededor de mes y medio, entre fines de agosto e inicios de octubre, con temperaturas máximas promedio de 24° C, siendo septiembre el mes más cálido.

La época fresca es de aproximadamente 6 meses, entre mediados de enero y mediados de julio. En esta temporada la temperatura máxima promedio diaria es menos de 22° C. Siendo el mes de julio el mes más frío del año.

**Figura 21**

*Temperatura máxima y mínima promedio en Bongará – Amazonas.*



Nota. Fuente: WeatherSpark.com.

### 3.2 Descripción de las viviendas

Según los datos del INEI recolectados en el año 2017, dentro de la provincia de Bongará existen un total de 7308 viviendas construidas. Estas viviendas están construidas de diversos materiales, siendo los predominantes la albañilería de ladrillo, adobe, madera, entre otros.

El INEI clasifica los materiales predominantes en los elementos principales de una vivienda: paredes, techo y suelo. Dentro de esto se tiene que el adobe es el material más usado en las paredes. Seguido de la madera y la albañilería.

**Tabla 10**

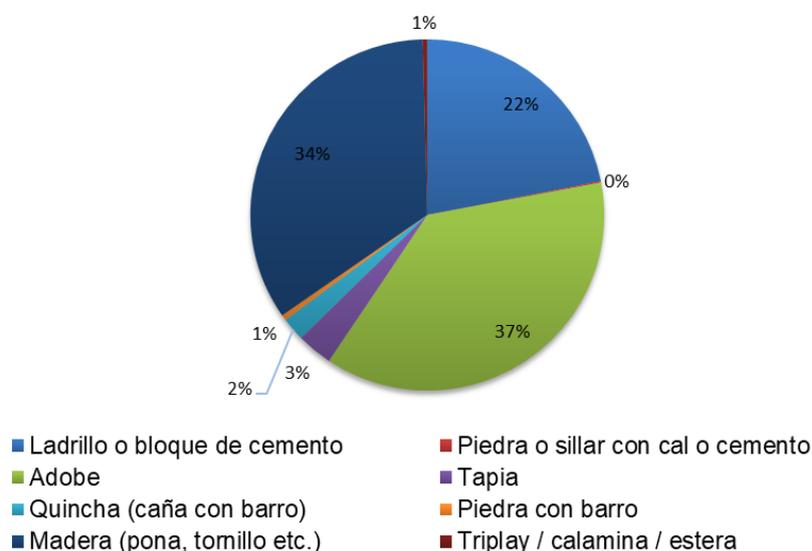
*Material de construcción predominante en las paredes.*

Área concepto encuesta: Bongará	Material de construcción predominante en las paredes								Total
	Ladrillo o bloque de cemento	Piedra o sillar con cal o cemento	Adobe	Tapia	Quincha (caña con barro)	Piedra con barro	Madera	Triplay / calamina / estera	
Urbano encuesta	1 155	7	1 225	133	35	12	685	9	3 261
Porcentaje	35.42%	0.21%	37.57%	4.08%	1.07%	0.37%	21.01%	0.28%	100.0%
Rural encuesta	447	2	1 504	107	122	24	1 820	21	4 047
Porcentaje	11.05%	0.05%	37.16%	2.64%	3.01%	0.59%	44.97%	0.52%	100.0%
Total	1 602	9	2 729	240	157	36	2 505	30	7 308
P. Total	21.92%	0.12%	37.34%	3.28%	2.15%	0.49%	34.28%	0.41%	100.00%

Nota. Fuente: INEI.

**Figura 22**

*Material de construcción predominante en las paredes de las viviendas de Bongará.*

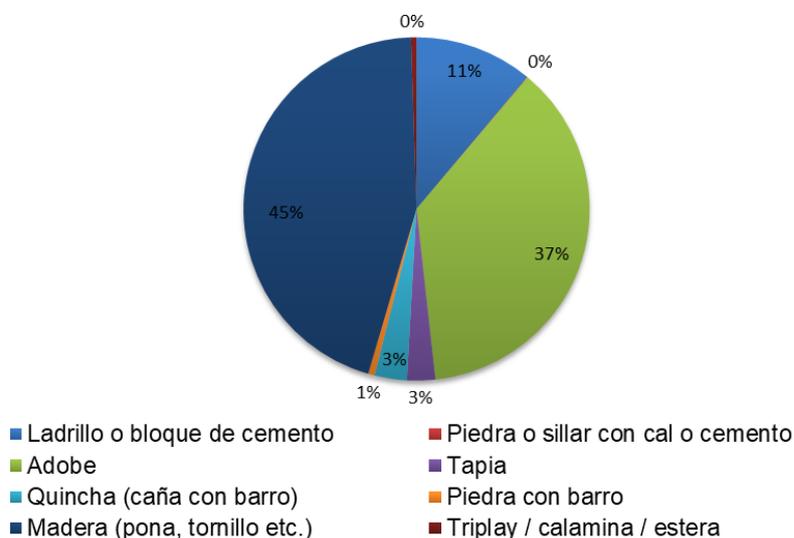


Nota. Fuente: INEI.

Sin embargo, las cifras de INEI evidencian que en el ámbito rural de la provincia de Bongará el material predominante en las paredes de las construcciones es la madera representando un 44.97%.

**Figura 23**

*Material de construcción predominante en las paredes de las viviendas de la zona rural de Bongará.*



Nota. Fuente: INEI.

**Tabla 11**

*Material de construcción predominante en la cobertura de los techos.*

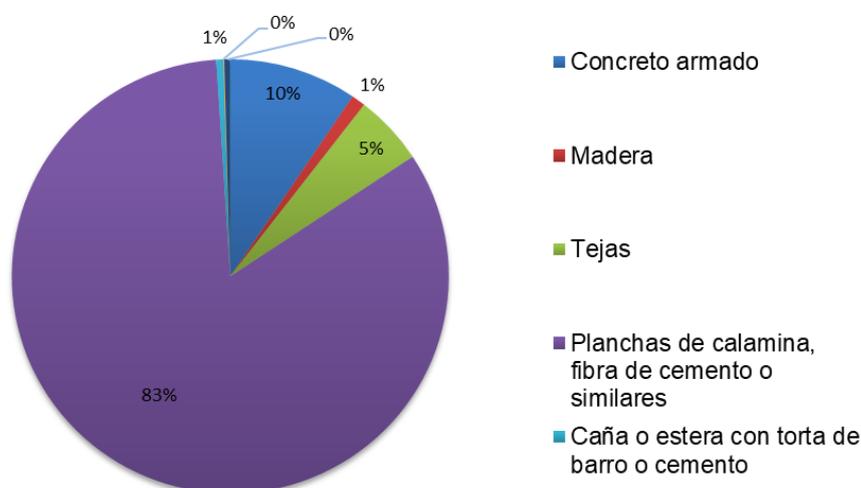
Área concepto encuesta: Bongará	Material de construcción predominante en la cobertura de los techos							Total
	Concreto armado	Madera	Tejas	Calamina, fibra de cemento o similares	Caña o estera con torta de barro o cemento	Triplay /estera /carrizo	Paja, hoja de palmera y similares	
Urbano	602	57	89	2 472	30	2	9	3 261
Rural	90	18	293	3 612	8	3	23	4 047
Total	692	75	382	6 084	38	5	32	7 308
P. Total	9.47%	1.03%	5.23%	83.25%	0.52%	0.07%	0.44%	100.00%

Nota. Fuente: INEI.

La cobertura de los techos de las viviendas de la provincia suele estar construida con materiales como planchas de calamina, concreto armado, tejas, madera, entre otros. Siendo el material más frecuente las planchas de calamina. Una cubierta liviana e impermeable, que protege a las viviendas de las lluvias. En especial en las zonas rurales donde se presenta un mayor uso de este material.

**Figura 24**

*Material de construcción predominante en la cobertura de los techos de las viviendas de Bongará.*



Nota. Fuente: INEI.

Los pisos de las viviendas de la provincia suelen estar contruidos con materiales como concreto, losetas, madera, parquet y de tierra. Siendo lo más habitual encontrar pisos de tierra. En especial en las zonas rurales donde se tiende a utilizar pisos de tierra por la propia situación económica de las familias.

**Tabla 12**

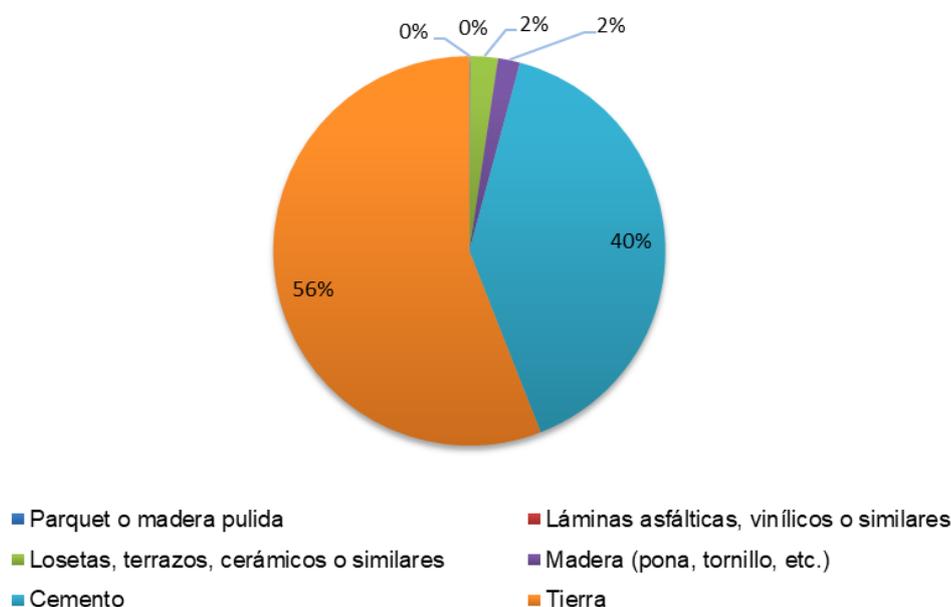
*Material de construcción predominante en los pisos.*

Área concepto encuesta:	Material de construcción predominante en los pisos							Total
	Parquet o madera pulida	Láminas asfálticas, vinílicos o similares	Losetas, terrazos, cerámicos o similares	Madera (pona, tornillo, etc.)	Cemento	Tierra	Otro material	
Bongará								
Urbano	5	2	139	68	1 918	1 129	-	3 261
Rural	-	-	26	64	999	2 958	-	4 047
Total	5	2	165	132	2 917	4 087	-	7 308
P. Total	0.07%	0.03%	2.26%	1.81%	39.92%	55.93%		100.00%

Nota. Fuente: INEI.

**Figura 25**

Material de construcción predominante en los pisos de las viviendas de Bongará.



Nota. Fuente: INEI.

### 3.3 Especies maderables en la zona de estudio

Existen en la provincia numerosas especies de árboles maderables, los cuales se usan para actividades como la carpintería, la construcción de viviendas, cercado de parcelas ganaderas o como leña. Dentro de las especies maderables más comunes presentes en la provincia de Bongará están las siguientes:

**Tabla 13**

Árboles maderables de la provincia de Bongará.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Aliso	<i>alnusa cuminata</i>	Betulaceae
Cedro de altura	<i>cedrela odorata</i>	Meliaceae
Moena o Ishpingo amarillo	<i>ocotea sp.</i>	Lauraceae
Silín, Huamanchilca o Chilca brava	<i>gordonia fruticosa</i>	Theaceae
Ishpingo	<i>amburana cearensis</i>	Papilionaceae

Las maderas que se encuentran presentes en la construcción de viviendas son mayormente Sinlín o Huamanchilca (*gordonia fruticosa*) e Ishpingo (*ocotea sp.*). Estas

maderas son consideradas como resistentes por los constructores, que las eligen para erigir sus edificaciones.

### **3.3.1 Descripción de la madera Sinlín o Huamanchilca (*gordonia fruticosa*)**

#### **3.3.1.1 Nombre y familia:**

Nombre Internacional: Huamanchilca

Nombre Científico: *gordonia fruticosa* (Scharader) H. Keng.

Nombre Común: Silín.

Familia: Theaceae.

#### **3.3.1.2 Descripción del árbol:**

El árbol de Sinlín (*gordonia fruticosa*) alcanza una altura de 30 metros y 80 centímetros de diámetro a la altura del pecho. El tronco de esta especie es recto, con aletones pequeños y gruesos de 50 centímetros de altura. La copa ocupa dos tercios de la altura total del árbol.

La corteza del tronco es de color pardo verdoso. Presenta fisuras longitudinales de 2 centímetros de profundidad y aproximadamente 2 centímetros de ancho. La corteza está constituida por tres capas: una externa fibrosa de color pardo blanquecino de unos 2 mm de espesor, una capa intermedia de 18 mm con paquetes pardos claros, alternando con fibras delgadas pardo amarillentas y otra capa interna laminar de 3 mm de color blanca translúcida (Sánchez, 2000).

#### **3.3.1.3 Descripción de la madera:**

Sánchez (2000) describe la madera Huamanchilca como:

- Color: La albura es de color crema y ocupa el 20% de la sección transversal. El duramen es rojo. En estado seco al aire la madera toma un color blanco rosáceo.
- Brillo: mediano a elevado.
- Grano: entrecruzado
- Textura: mediana a fina
- Veteado: presenta bandas anchas encofradas, con reflejos plateados

- Olor agradable, sabor ausente.

#### 3.3.1.4 Propiedades físicas:

Según Sánchez (2000) los valores medios de las propiedades físicas de la madera Humanchilca (Sinlín) son los siguientes:

**Tabla 14**

*Propiedades físicas de la madera Sinlín.*

Propiedad	Valor promedio
Densidad básica	0.52 g/cm <sup>3</sup>
Contracción volumétrica	10.20%
Razón de contracciones T/R	1.10
Contracción tangencial	5.20%
Contracción radial	4.70%

Adaptado de “Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera Huamanchilca” (Sánchez, 2000).

#### 3.3.1.5 Propiedades mecánicas:

Los valores medios de las propiedades mecánicas reportados por Sánchez (2000) se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 15**

*Propiedades mecánicas de la madera Sinlín.*

Propiedad	Valor promedio
Módulo de elasticidad en flexión	149.1 t/cm <sup>2</sup>
Módulo de ruptura en flexión	608.3 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia en compresión paralela	336.1 kg/cm <sup>2</sup>
Compresión perpendicular	37.8 kg/cm <sup>2</sup>
Corte paralelo a las fibras	45 kg/cm <sup>2</sup>
Tracción perpendicular	24 kg/cm <sup>2</sup>
Tenacidad	3.9 kg-m

Adaptado de “Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera Huamanchilca” (Sánchez, 2000).

**3.3.1.6 Agrupamiento de la madera Sinlín según la norma RNE NTE E.010:**

Sánchez (2000), afirma que la densidad básica de esta madera es  $0.52 \text{ g/cm}^3$ , lo que correspondería al grupo estructural C. Al comparar los valores de resistencia y rigidez:

$$f_{adm} = 149 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{min} = 90\,158 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{prom} = 120\,421 \text{ kg/cm}^2$$

Con los valores que establece la norma E.010:

**Tabla 16**

*Módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles según grupo estructural.*

Grupo	Módulo de elasticidad		Esfuerzo admisible en flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	E <sub>min</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>prom</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
A	95000	130000	210
B	75000	100000	150
C	55000	90000	100

Se tiene que según el esfuerzo admisible la especie se ubicaría en el grupo C, pero según los módulos de elasticidad obtenidos podría ubicarse en el grupo B. Mientras no se disponga de resultados de ensayos de vigas a escala natural realizados conforme a la norma, correspondería un agrupamiento preliminar en el grupo estructural C.

**3.3.2 Descripción de la madera Ishpingo (*amburana cearensis*)****3.3.2.1 Nombre y familia:**

Nombre Internacional: Cerejeira, Trebol (Arg), Roble (Bol).

Nombre Científico: *amburana cearensis*

Nombre Común: Ishpingo.

Familia: Papilionaceae.

**3.3.2.2 Descripción del árbol:**

Este árbol alcanza los 40 m de altura y un diámetro a la altura del pecho de 0.65 m. Crece preferentemente sobre suelos arcillosos arenosos. El fuste cilíndrico y recto

presenta aletas basales de hasta 80 centímetros de alto. La corteza presenta un espesor de 20 mm, siendo esta de color pardo oscuro cuando el árbol es adulto y cuando es joven presenta un color amarillento. (Confederación Peruana de la Madera, 2008)

### 3.3.2.3 Descripción de la madera:

La Confederación Peruana de la Madera (2008), describe la madera de Ishpingo como:

- Color: amarillo oscuro a marrón claro.
- Brillo: elevado.
- Grano entrecruzado
- Textura: mediana a gruesa, duramen aceitoso o graso, al tacto.
- Veteado: Irregular, pronunciado en la sección tangencial y en la superficie. En el corte transversal se observan rayos y vetas angostas
- Olor y sabor: agradable y similar a la vainilla.

### 3.3.2.4 Propiedades físicas:

La Confederación Peruana de la Madera (2008) indica que el Ishpingo tiene las propiedades físicas promedio siguientes.

**Tabla 17**

*Propiedades físicas del Ishpingo*

Propiedad	Valor promedio
Densidad básica	0.43 g/cm <sup>3</sup>
Contracción volumétrica	7.60%
Razón de contracciones T/R	1.80
Contracción tangencial	4.10%
Contracción radial	2.30%

Nota. Adaptado de "Compendio de información técnica de 32 especie forestales" (Confederación Peruana de la Madera, 2008)

### 3.3.2.5 Propiedades mecánicas:

La Confederación Peruana de la Madera (2008) presenta las propiedades mecánicas promedio de la especie maderable Ishpingo que se muestran a continuación.

**Tabla 18***Propiedades mecánicas del Ishpingo*

Propiedad	Valor promedio
Módulo de elasticidad en flexión	111.0 t/cm <sup>2</sup>
Módulo de ruptura en flexión	734.0 kg/cm <sup>2</sup>
Comprensión paralela	213.0 kg/cm <sup>2</sup>
Comprensión perpendicular	62.0 kg/cm <sup>2</sup>
Corte paralelo a las fibras	88.0 kg/cm <sup>2</sup>
Dureza de lados	403.0 kg/cm <sup>2</sup>
Tenacidad	2.3 kg-m

Nota. Adaptado de “Compendio de información técnica de 32 especie forestales” por Confederación Peruana de la Madera (2008)

**3.4 Obtención de la madera**

El proceso de obtención de la madera parte de la tala de los árboles maderables. Este es desarrollado por los aserradores de la zona, personas con experiencia que se dedican a extraer madera para uso estructural. La selección de los árboles a talar se realiza de acuerdo con la experiencia del aserrador. Este selecciona el árbol, según las características propias de cada especie, y las piezas que pueden obtenerse según su altura y diámetro de su tronco.

Luego, se quita la corteza de los troncos obtenidos. Este proceso se realiza en campo, mediante el empleo de motosierras. Estas mismas se encargan de trozar y obtener las escuadrías de madera según las características del tronco. Obteniéndose piezas aptas para columnas, vigas, viguetas y demás elementos estructurales.

El transporte de los elementos ya aserrados se realiza mediante acémilas de carga y se disponen en espacios cubiertos para su secado. Durante este proceso se evita que las piezas tengan un contacto directo con el sol para evitar su torcedura. Los elementos de dimensiones mayores, como columnas, vigas, se colocan de manera horizontal en pequeños bancos que eviten su contacto con el suelo. Por otra parte, elementos menores como las tablas se apilan entre ellas en manera diagonal, como se observa en la imagen.

El secado de la madera es realizado de manera rudimentaria, hasta que la madera equilibre su contenido humedad con la humedad del ambiente y quede apta para su empleo.

### Figura 26

*Secado de tablas.*



La clasificación de los elementos la realizan los constructores de acuerdo con las dimensiones e idoneidad de las piezas. Generalmente, se obtienen las piezas de madera según las solicitudes que realizan los propios constructores. Siendo estos los responsables de dimensionar las piezas y seleccionar las más adecuadas según la función estructural que desempeñan.

### 3.5 Esquemas de las estructuras en la zona

Las viviendas presentes en la zona de estudio, la provincia de Bongará en la región Amazonas, están estructuradas de manera similar al sistema de poste y viga. Las viviendas son construidas mediante elementos estructurales de madera como: columnas, vigas, viguetas, entablados y armaduras de techo y elementos de cerramiento de madera, en formas de tablas verticales. Asimismo, el material predominante en la cobertura es calamina metálica.

### Figura 27

*Vivienda de madera con 2 niveles y cobertura de calamina.*



Las viviendas generalmente tienen uno o dos niveles. Están apoyadas en el terreno mediante bloques de piedra o concreto en forma de cimientos. De donde parten las columnas de madera que soportan los entrepisos y techo. En los anexos se muestra un panel fotográfico de las viviendas estudiadas en este trabajo, sus dimensiones generales y las de los elementos que las constituyen.

### Figura 28

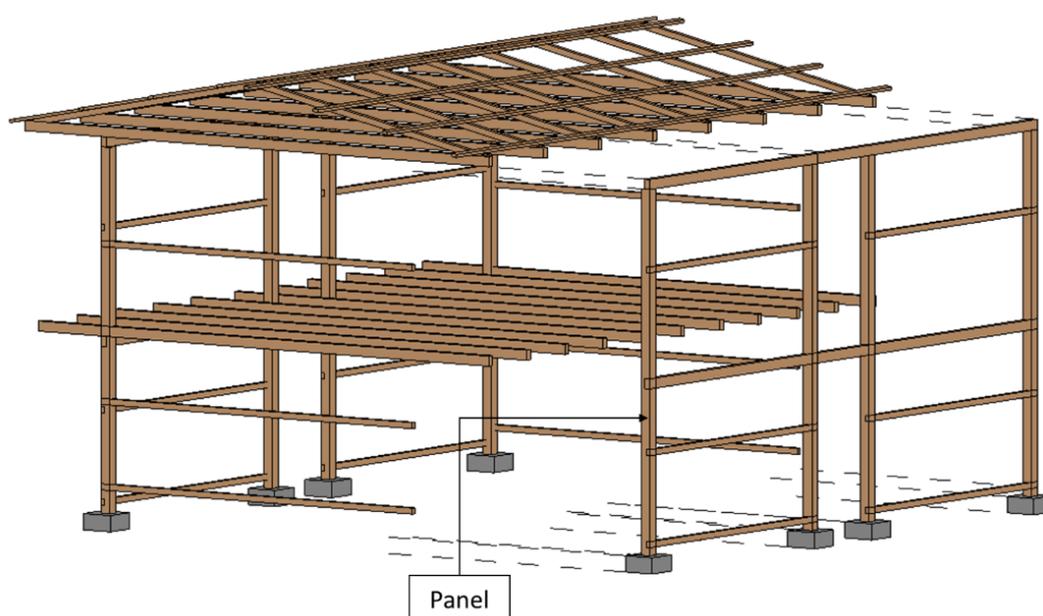
*Bloque de piedra como soporte de las columnas de viviendas de madera.*



Las viviendas suelen estructurarse en dos paneles, denominación que se le asigna a la unión de columnas y vigas, en la dirección transversal (Ver la figura 29). Asimismo, las conexiones entre los elementos estructurales se realizan únicamente utilizando clavos de alambre.

### Figura 29

*Esquema de vivienda de madera de dos niveles compuesta por 2 paneles.*



#### 3.5.1 Viviendas de un nivel

Las viviendas de un nivel están compuestas por sistemas poste y viga. Comprenden columnas de dimensiones cuadradas que soportan vigas que sobrellevan el sistema de cubierta de calamina metálica. Según las coberturas se pueden clasificar este tipo de viviendas en edificaciones con techo a una sola agua o a dos aguas. Este tipo de construcciones suelen tener dimensiones menores que las que se tienen en edificaciones de dos niveles y son utilizadas como espacios de cocina y/o comedor.

### Figura 30

*Vivienda de madera de un nivel y cobertura de calamina.*

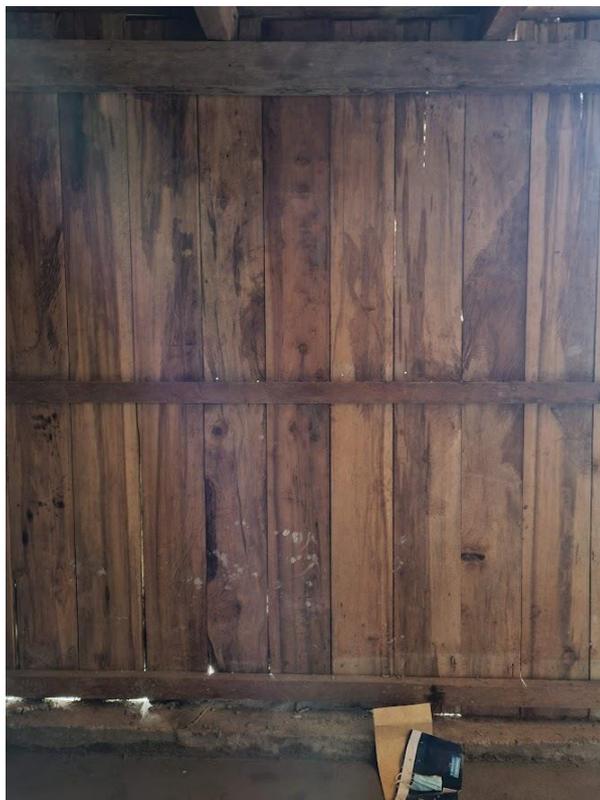


Las dimensiones tradicionales de las columnas que suelen emplearse son de 5"x5". Las vigas suelen tener dimensiones base 3" y alturas que van desde los 4" a las 5". Mientras las viguetas son por lo general de 3"x5". Los elementos de amarre entre columnas son de 2"x3". Asimismo, las tablas de cerramiento son de 1" de espesor, con anchos de entre 7" a 10" y largos variables según se requieran la altura de las edificaciones, las cuales van desde 2 metros hasta los 2.8 metros. (Ver anexo 1)

Las uniones entre elementos estructurales son clavadas. Las uniones entre vigas y columnas están compuestas por clavos metálicos de 6" o 7" que fijan las vigas a la parte superior de las columnas. Las vigas están conectadas a las viguetas por clavos de 7". Asimismo, los elementos de cerramiento se fijan a amarras horizontales de 2" x 3", donde se utilizan clavos de 2½". Las columnas se sobreponen a bloques de piedra o concreto que hacen las veces de cimentación.

## Figura 31

*Tablas de cerramiento fijadas mediante amarras.*

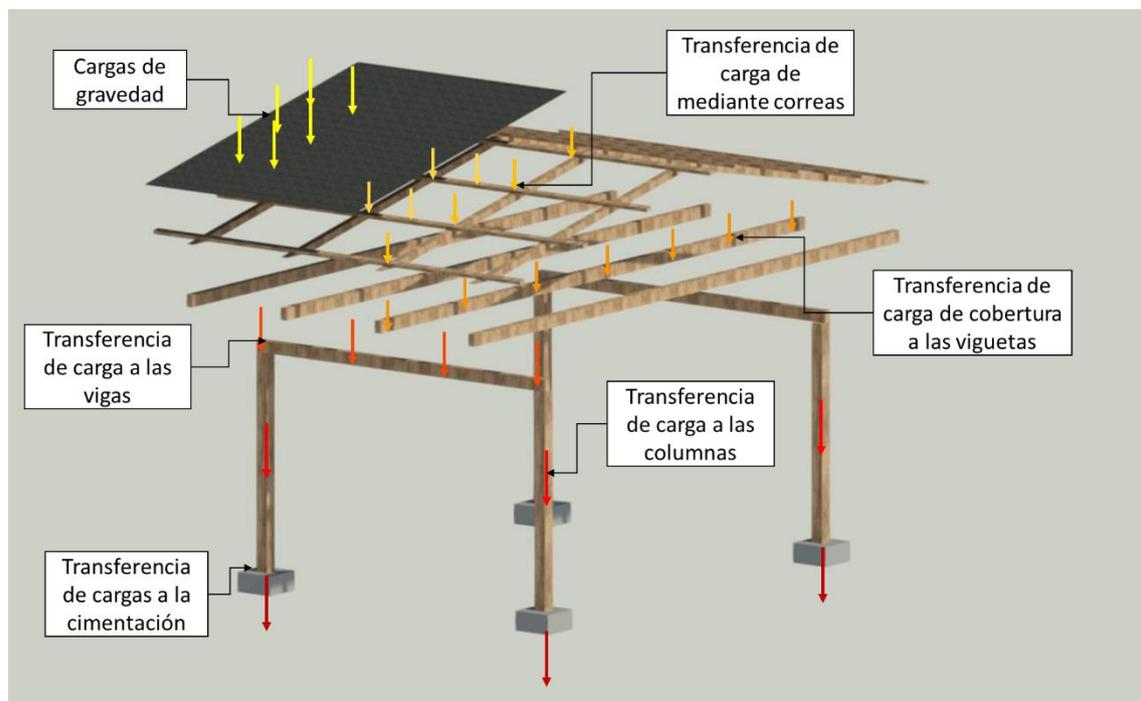


### 3.5.1.1 Sistema de transferencia de carga

Las viviendas de madera transmiten las cargas de gravedad desde la cobertura hasta las cimentaciones con la trayectoria que se describe a continuación. En primer lugar, el peso de la cobertura es soportado por las correas que transmiten estos esfuerzos a los elementos en diagonal denominados “turbos”. Estos a su vez transmiten la carga a las viguetas horizontales mediante uniones clavadas. Estas viguetas descansan sobre vigas que las soportan. Las vigas se conectan a las columnas, mediante uniones clavadas, transmitiéndoles las cargas. Las columnas están asentadas sobre bloques de piedra o concreto que cumplen las veces de cimentación y transmiten la carga al terreno.

**Figura 32**

*Sistema de transferencia de carga de una vivienda de un nivel.*



### 3.5.2 Viviendas de dos niveles

Las viviendas de dos niveles también están estructuradas mediante un sistema análogo al denominado poste y viga. Presentan columnas que soportan vigas que transfieren las acciones del entrepiso y el techo, según el nivel en el que se encuentren. Asimismo, las columnas presentan elementos de amarre que sirven para colocar tablas verticales como elementos de cerramiento. Los entrepisos están constituidos por viguetas espaciadas de manera equidistante, que soportan tablas dispuestas en forma perpendicular a estas. El techo está constituido por pseudo-tijerales espaciados equidistantemente que se clavan a las vigas. En su parte superior soportan correas donde se fijan las calaminas como elementos de cobertura.

### Figura 33

*Vivienda de dos niveles.*



El primer nivel generalmente está destinado a espacios de descanso como habitaciones y salas. Las alturas del primer entrepiso están en el rango entre 2.20 metros a 2.50 metros. El segundo piso se destina a habitaciones y pequeños halls en ocasiones. El segundo nivel suele tener alrededor de 2 metros, sumando un total de 4.5 metros para la longitud de las columnas. Dimensiones que limitan la altura de las edificaciones, debido a la dificultad de obtener columnas de dimensiones mayores, ya que estos elementos suelen estar constituidos por una sola pieza de madera desde el primer nivel. Las divisiones interiores en ambos niveles suelen hacerse con madera aserrada o con elementos más livianos como contrachapado (triplay). (Ver anexo 2)

Las dimensiones tradicionales de las columnas que suelen emplearse varían entre 5"x5", 5"x6" y 6"x6" en caso de edificaciones de dimensiones mayores. Las vigas suelen tener dimensiones base de entre 3" y 4" y peraltes que van desde las 4" a las 6". Mientras las viguetas de entrepiso son por lo general de 3x5". Los elementos de amarre entre columnas son de 2"x3". Asimismo, las tablas de cerramiento son de 1" de espesor con anchos que van desde 8" a 10" y largos variables según las alturas de entrepiso. De

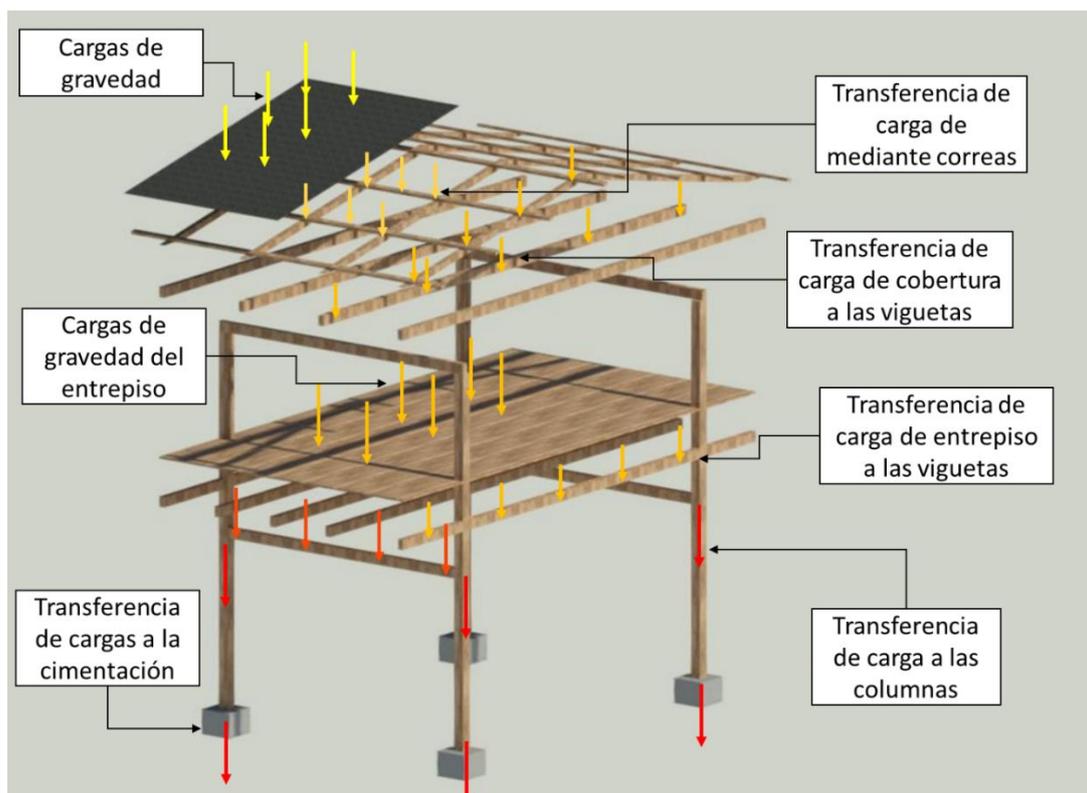
igual manera las tablas de entrepiso tienen espesor de 1", ancho de entre 8" o 9" y longitudes variables.

### 3.5.2.1 Sistema de transferencia de cargas verticales

En las viviendas de dos niveles se tiene un entrepiso típicamente compuesto por un entablado de madera que descansa sobre viguetas uniformemente espaciadas, por lo general a cada 80 cm. Las cargas son transmitidas de las viguetas a las vigas principales, que a su vez transmiten las cargas de gravedad a las columnas, que las trasladan subsecuentemente a los bloques de piedra que hacen la vez de cimentaciones para la estructura.

**Figura 34**

*Sistema de transferencia de carga de una vivienda de dos niveles.*



Dentro de las estructuras de dos niveles estudiadas se presentan algunos casos excepcionales. Por lo general, las estructuras tienen 2 paneles (conjunto de vigas y columnas) en la dirección transversal. Sin embargo, cuando las dimensiones son mayores a 5 metros se requiere un panel adicional. De manera que en la dirección transversal se

tienen paneles equidistantes. De igual manera en la dirección longitudinal las distancias entre columnas típicamente no son mayores a 5 metros y se colocan columnas adicionales según sea necesario para las dimensiones de la vivienda. Tal es el caso de vivienda que se observa en la siguiente figura, que presenta un largo de 15 metros con 5 columnas a lo largo de esa dirección.

### Figura 35

*Vivienda de dos niveles de dimensiones excepcionales.*



#### 3.5.2.2 Sistema de transferencia de cargas horizontales

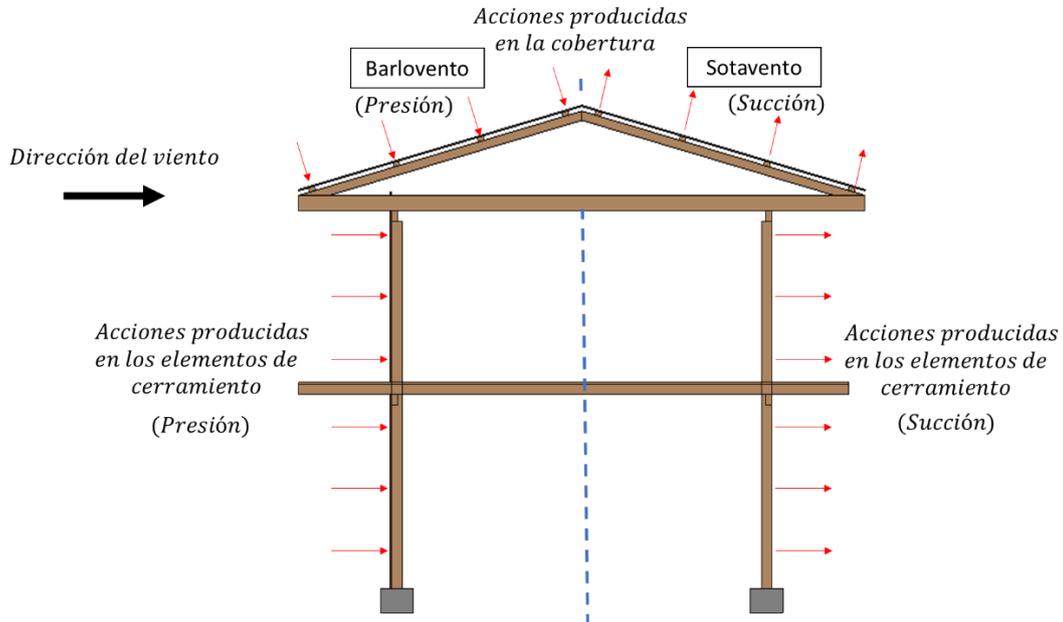
##### ***Fuerzas de viento***

El viento que discurre alrededor de las viviendas de madera genera presiones sobre sus muros y sobre las coberturas de calamina. Estas acciones en los muros de las estructuras suelen ser presiones en barlovento y succiones en sotavento. Sin embargo, en la cobertura metálica las acciones de viento se comportan de manera distinta. En barlovento pueden generarse presiones o succiones, según el ángulo de inclinación de la cobertura, mientras que en sotavento las acciones suelen ser netamente succiones.

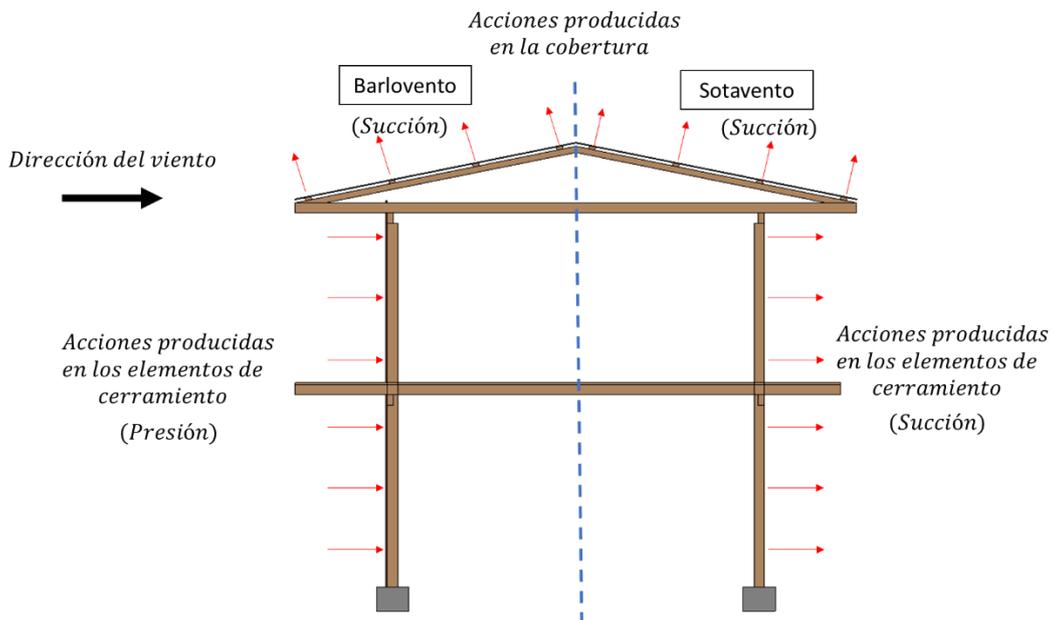
**Figura 36**

*Acciones de viento en las viviendas.*

*Caso A: Presión en barlovento cuando el ángulo es pronunciado*



*Caso B: Succión en barlovento cuando el ángulo es poco pronunciado*

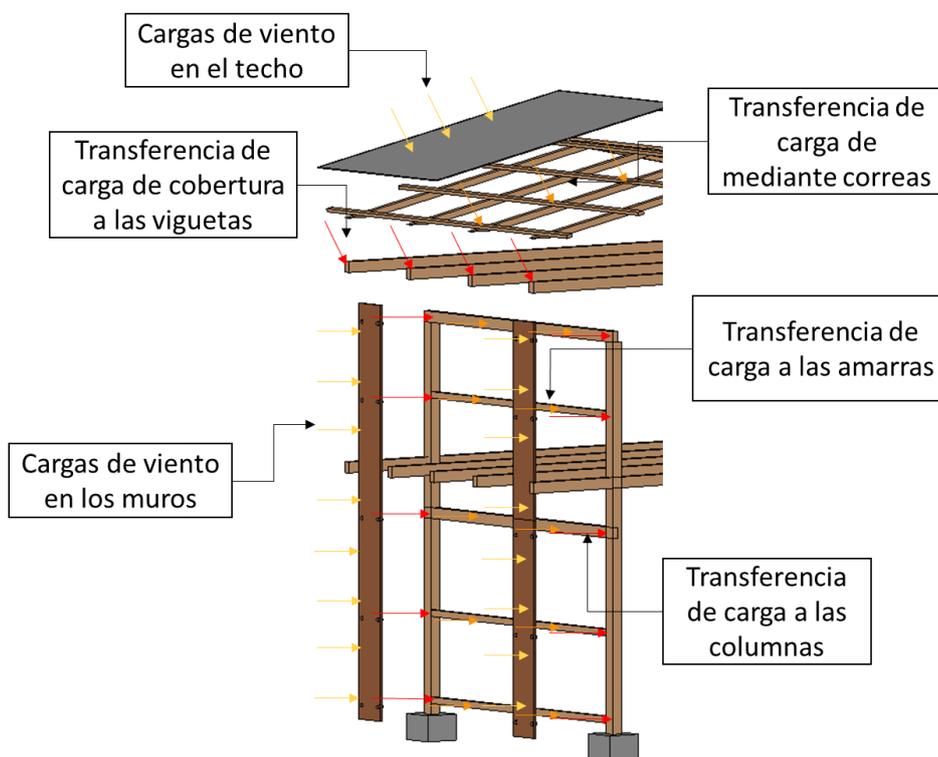


En el techo las acciones de viento se concentran en las calaminas metálicas. Estos elementos transfieren las cargas a las correas horizontales a las cuales son fijadas mediante uniones metálicas. Las correas transfieren las solicitaciones de viento a los pseudo-tijerales de techo. En seguida los esfuerzos originados por el viento son transmitidos a las vigas de techo que a su vez descargan en las columnas.

En los muros las acciones de viento son soportadas por las tablas de cerramiento. Estos elementos transmiten la carga a los elementos horizontales siendo estas amarras de sección 2"x3" y vigas de 3"x5", dimensiones que se usan generalmente en la zona. Los elementos horizontales transmiten las cargas a los elementos verticales, columnas de 5"x5", a las cuales están fijados.

### Figura 37

*Transferencia de las acciones de viento en cada elemento estructural.*



De esta manera, los muros son los responsables de resistir las acciones de viento que actúan en dirección perpendicular a ellos. Presentando cierta rigidez en sentido perpendicular, menor pero suficiente para resistir las acciones de viento. Esto se debe a la acción conjunta de las tablas de cerramiento y las amarras horizontales que actúan como un plano íntegro y transfieren las acciones de viento a elementos de mayor dimensión como las columnas y los muros paralelos a la dirección en la que actúa el viento.

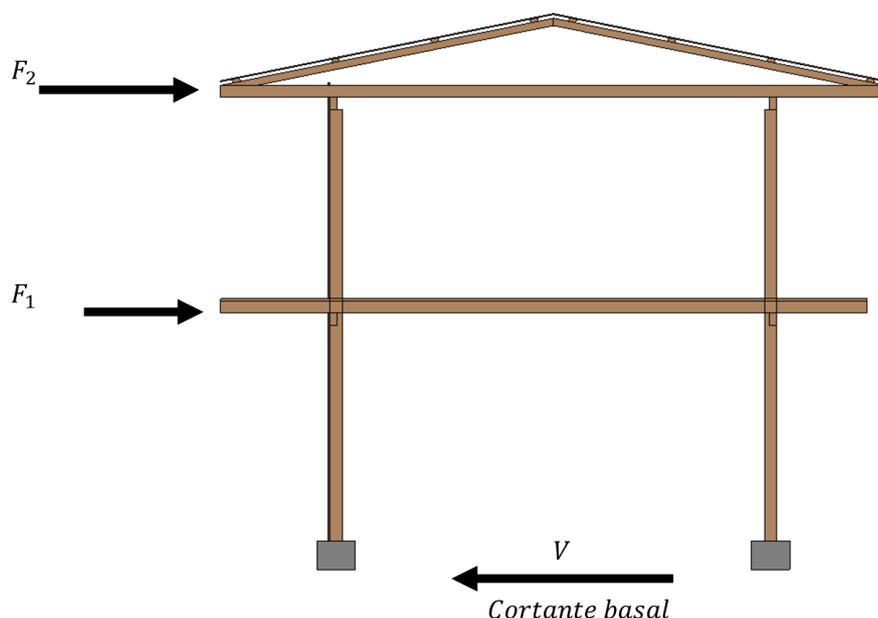
### **Fuerzas Sísmicas**

Las acciones sísmicas afectan a las estructuras generando aceleraciones en el suelo sobre el que están cimentadas. Estas aceleraciones combinadas con las masas de

estas dan lugar a fuerzas laterales que afectan las edificaciones. Dichas fuerzas se generan en los lugares donde se concentra la masa, como los muros laterales, entrepiso y techo. Para efectos de análisis se supone que estas fuerzas se generan en el entrepiso y el techo de las viviendas de madera. Asimismo, se distribuyen en altura de manera que van en aumento según el nivel de la edificación.

### Figura 38

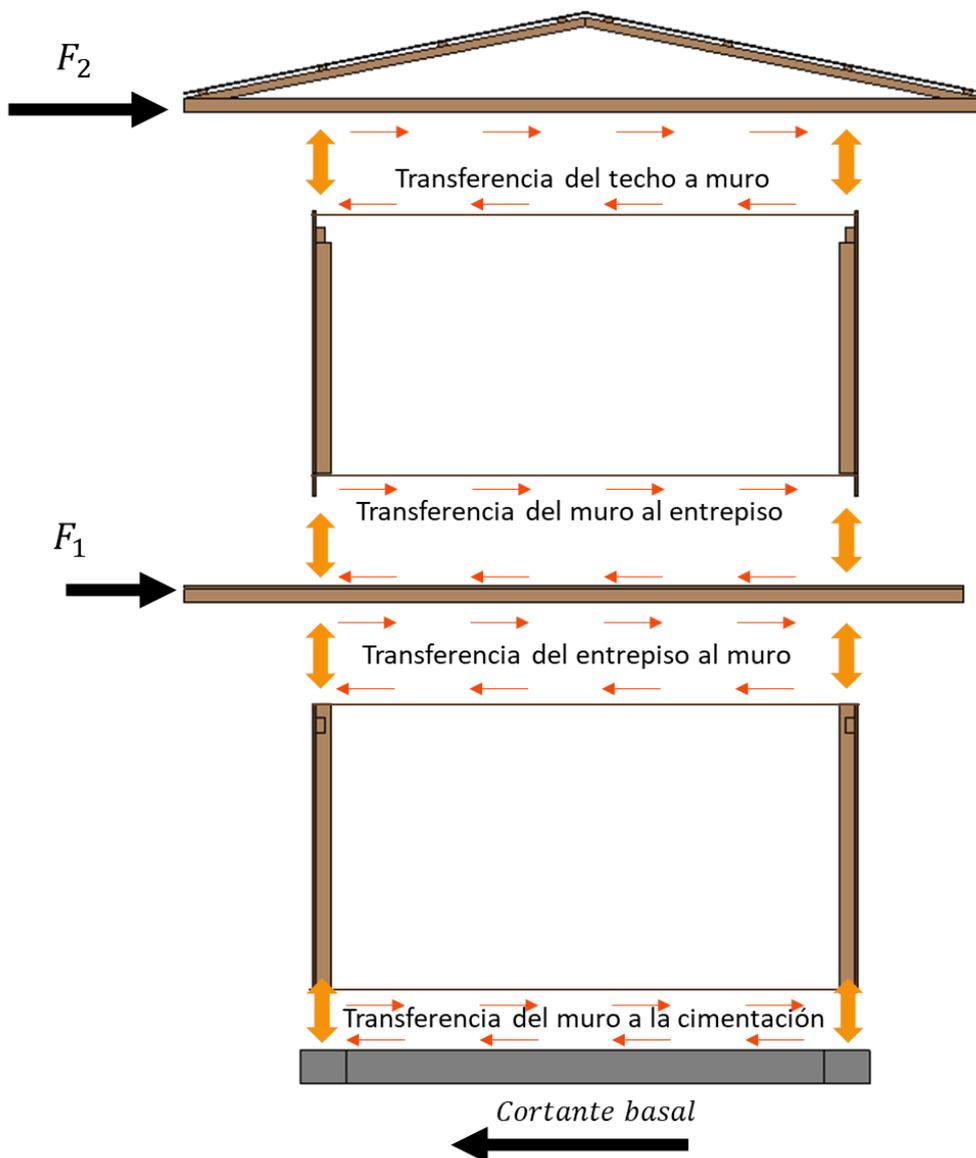
*Distribución de las fuerzas sísmicas en la altura.*



En el análisis estructural de las edificaciones se hacen ciertas hipótesis, como que las fuerzas generadas por las acciones sísmicas se aplican en el centro de masa de la vivienda (C.M.). Otra consideración para tener en cuenta durante el análisis es la distribución de las fuerzas horizontales a los muros laterales. Uno de los principales defectos encontrados en las viviendas estudiadas es la falta de elementos de arriostre en los entrepisos y en estructuras de techo, que son necesarios para proporcionar una mínima rigidez frente a acciones cortantes en su plano. En el capítulo siguiente se considera que este tema es corregido, para enfocar el análisis en la capacidad que deberían tener los muros para resistir las cargas laterales. Asimismo, el techo está sujeto a modificaciones en su estructuración para asegurar un mejor comportamiento, como se abordará en el capítulo final.

**Figura 39**

*Distribución de las fuerzas sísmicas a los muros laterales.*



Los principales elementos resistentes frente a las fuerzas sísmicas son los muros paralelos a su dirección actuante los cuales aportan la rigidez necesaria. Esta rigidez viene dada por la acción conjunta de las tablas de cerramiento y los elementos horizontales (amarras), principalmente en las uniones clavadas de los mismos que soportan los momentos generados por las fuerzas laterales, como se planteará en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS VIVIENDAS

El análisis realizado en el presente capítulo está elaborado considerando las dimensiones predominantes de los elementos estructurales de las viviendas de madera en la zona. Sin embargo, para el estudio del comportamiento de la estructura completa se ha considerado una vivienda modelo de 8 metros de longitud y 4.5 metros de ancho, el cual presenta las características típicas de las viviendas de la zona. Dimensiones considerables que presentan algunas viviendas en Bongará, las cuales representan un caso desfavorable debido a sus mayores luces en las vigas y viguetas de entrepiso respecto a viviendas de menor dimensión.

### 4.1 Cargas actuantes en las estructuras

Las cargas actuantes pueden dividirse en: cargas gravitacionales, propias del peso de los elementos estructurales, cerramientos y cobertura; cargas de servicio, propias de la ocupación de las viviendas; cargas de viento y acciones de sismo, para las cuales se tiene como referencia las normas E.020 y E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.1.1 Cargas gravitacionales

Los elementos estructurales son de la madera de nombre común Sinlín o Huamanchilca (*Gordonia fruticosa*) que pertenecen al grupo estructural C, cuyas densidades básicas están en el rango de 0,40 a 0,55 g/cm<sup>3</sup>. Según Sánchez (2000) la madera Sinlín tiene una densidad básica de 0.52 g/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, la densidad de los elementos de madera depende mucho de la humedad que exista en su medio, siendo esta variable según la estación del año y las condiciones ambientales.

El medir el contenido de humedad presente en los elementos de madera escapa de los objetivos planteados en esta investigación. Sin embargo, se considera el peso unitario que describe la norma E.020, en su anexo 1, para la madera estructural de grupo

C. Por ello, las magnitudes de las cargas de peso propio se obtendrían al multiplicar el volumen de los elementos de madera por su peso unitario de  $900 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.1.2 Consideraciones relativas a las cargas de servicio

Las estructuras estudiadas son utilizadas, en su totalidad, como viviendas. Por ello, según la norma E.020 la carga viva de servicio sería  $200 \text{ kg/m}^2$ . Sin embargo, estos valores de carga son posiblemente excesivos para la realidad que se presenta de la zona de estudio, donde los ambientes de habitaciones tienen una carga viva mucho menor. Pese a que se están incumpliendo las normativas de carga viva, en la mayoría de los elementos estructurales, las estructuras sirven con espacios de vivienda funcionales para los pobladores de la zona, sin que existan situaciones que pongan en riesgo sus vidas.

#### 4.1.3 Consideraciones relativas a las cargas de viento

La figura 40, tomada de la norma E.020, presenta el mapa eólico del Perú. Según la norma E.020, para la zona de estudio tiene una velocidad de viento de diseño de  $75 \text{ km/h}$ , determinada para un periodo de recurrencia de 50 años.

Por encima de los primeros 10 m la velocidad varía con la altura mediante la expresión siguiente:

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22}$$

Donde:

$V_h$ : Velocidad de diseño en la altura  $h$  en  $\text{km/h}$

$V$ : Velocidad de diseño hasta los 10 m de altura en  $\text{km/h}$

$h$ : Altura sobre el terreno en metros

Con la velocidad de diseño, la presión del viento se determina con la siguiente expresión:

$$P_h = 0.005CV_h^2$$

Donde:

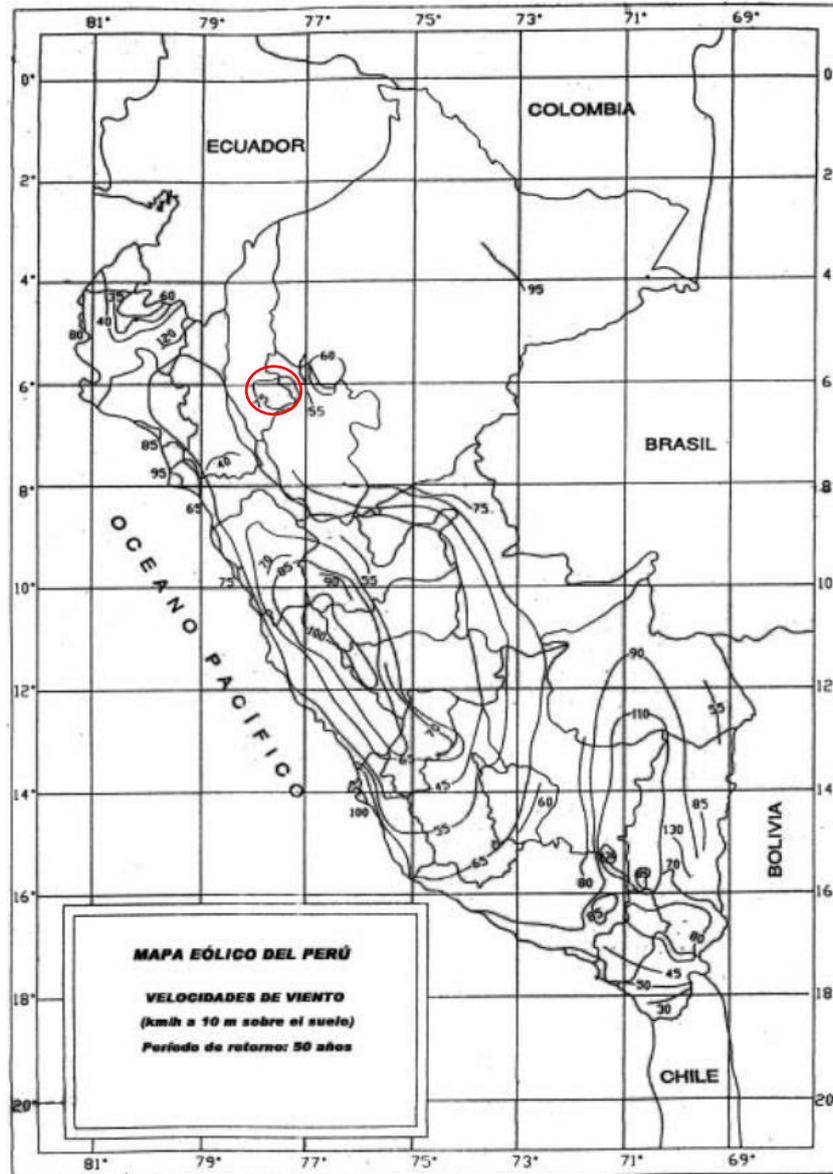
$P_h$ : Presión o succión del viento a una altura  $h$  en  $\text{kg/m}^2$

$C$ : factor de forma adimensional

$V_h$ : Velocidad de diseño en la altura  $h$  en  $\text{km/h}$

**Figura 40**

Velocidad del viento en Bongará, región Amazonas.



Nota. Fuente: Norma E 020.

Al considerar que las viviendas de madera estudiadas no sobrepasan la altura de 10 metros, la presión del viento tendría una distribución uniforme, expresada de la siguiente manera:

$$P_h = 0.005 \times C \times 75^2$$

$$P_h = 28.125 \times C$$

Para conocer las cargas generadas por el viento, se tienen en cuenta los diferentes factores y las características de las edificaciones. Siendo estos los valores siguientes:

**Presión a barlovento:**

En los muros de cerramiento se considera una presión de:

$$P_{B1} = 28.125 \times 0.8 = 22.5 \frac{kg}{m^2}$$

Mientras que para la cobertura de las viviendas se tienen en cuenta que tienen típicamente un ángulo menor a  $15^\circ$ , con lo cual se obtiene una presión y succión de:

$$P_{B2} = 28.125 \times 0.3 = 8.44 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{B2'} = -28.125 \times 0.7 = -19.69 \frac{kg}{m^2}$$

**Presión a sotavento:**

En los muros de cerramiento se considera una succión de:

$$P_{S1} = -28.125 \times 0.6 = -16.88 \frac{kg}{m^2}$$

De igual manera para las coberturas, teniendo en cuenta que su inclinación es menor a los  $15^\circ$ , se tiene una succión de igual magnitud:

$$P_{S2} = -28.125 \times 0.6 = -16.88 \frac{kg}{m^2}$$

#### 4.1.4 Consideraciones generales relativas al comportamiento sísmico

El cálculo de carga sísmica para viviendas de madera es un tema no muy estudiado en el Perú. Existen referencias de como estimar la carga sísmica de manera aproximada en la norma E.010. Sin embargo, el presente estudio busca estimar las cargas sísmicas de acuerdo con lo establecido por la norma E.030. Donde se consideran ciertos parámetros sísmicos, de acuerdo con las condiciones de sitio y las características de las edificaciones.

Debido a que el lugar de estudio se encuentra comprendido dentro de la zona 2, el valor de  $Z$  es de  $Z = 0.25$ . Mientras que el valor de  $S$  está condicionado por el tipo de suelo; siendo este generalmente blando, se considera que  $S = 1.40$ . Asimismo, el factor  $U$  está

condicionado por el uso de las edificaciones. En este estudio son viviendas, por lo cual  $U = 1$ . El valor de  $R$  está definido como  $R = 7$  por ser de material madera.

El factor de amplificación sísmica ( $C$ ) depende de las características dinámicas de la estructura, concretamente del periodo. En la normativa nacional no existe una expresión para conocer el periodo de una estructura de madera. En la literatura sobre el tema se encuentran algunas expresiones, como la propuesta por Camelo, Beck y Hall (2002) para viviendas en California:  $T = 0.032 h_n^{0.55}$

Donde  $h_n$  es la altura en pies

Esta expresión y otras análogas han sido propuestas para edificaciones distintas de las que típicamente se encuentran en la provincia de Bongará. Sin embargo, resulta evidente que, tratándose de viviendas de uno o dos pisos, los períodos fundamentales de vibración están por debajo de los valores  $T_p$  de la norma E.030 y por lo tanto debería considerarse el factor de amplificación sísmica  $C=2.5$ .

En resumen, los parámetros sísmicos para estarían dados por:

**Tabla 19**

*Parámetros sísmicos.*

Parámetro	Valor
Z	0.25
U	1
C	2.5
S	1.4
R	7

La fuerza cortante en la base de la estructura se calcula mediante la siguiente expresión de la Norma E.030:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Donde:

- Z: Factor de zona
- U: Factor de uso
- C: Factor de amplificación sísmica
- S: Factor de suelo
- R: Coeficiente de reducción
- P: Peso de la edificación

Conocidos los parámetros, el foco radica en estimar el peso de las edificaciones de madera. Esto se consigue estimando el volumen de los elementos estructurales que componen la vivienda de madera y multiplicando por su peso unitario de  $900 \text{ kg/m}^3$ , que establece la norma E.020 para la madera estructural de tipo C. Asimismo, se estima el peso total de las edificaciones y se divide por sus dimensiones para obtener la magnitud de peso propio por metro cuadrado que puede tener este tipo de edificaciones.

Mediante estimaciones de viviendas típicas de la zona se obtiene un peso de  $140 \text{ kg/m}^2$ . Asimismo, para calcular el peso sísmico se debe considerar un 25% de la carga viva ( $200 \text{ kg/m}^2$ ), siendo este  $50 \text{ kg/m}^2$ . Con esto, se estima el cortante en la base por metro cuadrado del área en planta de la vivienda como:

$$V = \frac{0.25 * 1 * 2.5 * 1.4}{7} * 190 = 23.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

## 4.2 Análisis estructural de las viviendas de madera

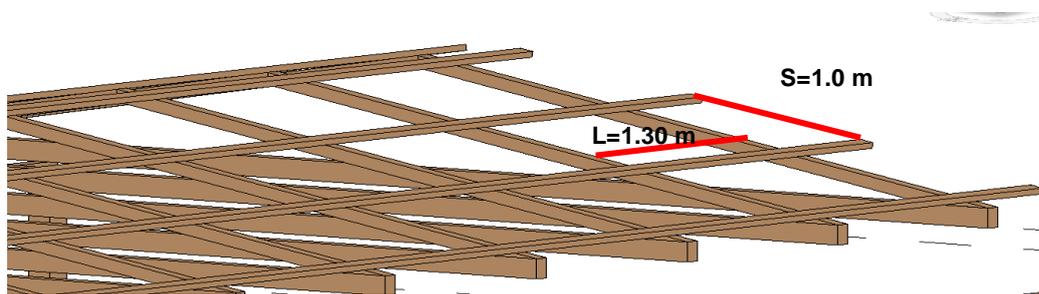
El análisis integral de la vivienda de madera se realiza verificando cada uno de los elementos estructurales. Partiendo de las correas, elementos del tijeral de techo, viguetas y vigas de techo y entrepiso, y las columnas estructurales.

### 4.2.1 Verificación de las correas

Las correas empleadas en el techo generalmente son de dimensiones 1.5" x 3", las cuales soportan la cubierta mediante de clavos que fijan las calaminas metálicas. Estas se encuentran fijadas a los elementos pseudo-tijerales que tienen espaciamientos que van desde 1.20 a 1.50 metros. Asimismo, las propias correas están espaciadas cada 1.0 metros, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 41**

*Espaciamiento de las correas en el techo de las viviendas de madera.*



El peso de la cobertura, según la ficha técnica de Aceros Arequipa, es 2.75 kg por unidad de calamina, siendo estas de dimensiones 0.80 metros de ancho y 1.80 metros de longitud. Estas representan un peso de 1.91 kg/m<sup>2</sup>; sin embargo, se debe tener en cuenta el traslape que tienen. Por ello, se consideran 15 cm en sus extremos. Siendo el peso final de 2.31 kg/m<sup>2</sup> a tomar en cuenta para el análisis:

La sección común de las correas presenta las siguientes dimensiones nominales y reales:

Base	3"	6.5 cm
Altura	1.5"	3 cm
Inercia	14.625	cm <sup>4</sup>

El metrado de cargas que soporta un elemento correa es:

Peso propio	1.76	kg/m <sup>2</sup>
Peso muerto	2.31	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	30	kg/m <sup>2</sup>
Presión de viento a barlovento	8.44	kg/m <sup>2</sup>
Succión de viento a sotavento	-16.88	kg/m <sup>2</sup>

Transformando estas cargas a kilogramos por unidad de longitud, según los espaciamientos S, se obtiene:

Carga muerta repartida por correa	2.44	kg/m
Carga viva repartida por correa	30.00	kg/m

Carga de viento, en barlovento (presión), repartida por correa 8.44 kg/m

Carga de viento, en sotavento, repartida por correa -16.88 kg/m

Considerando las combinaciones de carga según la norma E.020.

$$(1) D$$

$$(2) D + L$$

$$(3) D + W$$

Donde:

D = Carga Muerta

L = Carga viva

W = Carga de viento

Dichas combinaciones de cargas producen las siguientes cargas repartidas:

<b>Caso:</b>	<b>D</b>	<b>D + L</b>	<b>D + W</b>
Carga total por correa, en barlovento (presión)	2.44	32.44	10.88
Carga total por correa, en sotavento	2.44	32.44	-14.44

La combinación que controla el diseño es **D + L**, la cual produce las siguientes acciones máximas, para una luz libre en las correas de 1.30 m:

$$M_{\text{máx}} = 6.85 \text{ kg.m}$$

$$V_{\text{máx}} = 21.09 \text{ kg}$$

Asimismo, la madera Sinlín de las correas pertenece al grupo estructural C. Por ello, se deberían considerar las siguientes propiedades mecánico-elásticas:

$$E = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Mediante el método de esfuerzos admisibles, se determina el módulo de la sección requerido con la fórmula siguiente:

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

Por ende, el módulo de sección requerido es:

$$Z_{req} = \frac{6.85 * 100}{100} = 6.85 \text{ cm}^3$$

Mientras, el módulo de la sección colocado es:

$$Z = 9.75 \text{ cm}^3$$

La verificación ( $Z_{req} = 6.85 \text{ cm}^3 < Z = 9.75 \text{ cm}^3$ ) evidencia que las secciones colocadas como correas son capaces de soportar las acciones típicas de peso propio, carga viva y viento. Recalcando la naturaleza eventual de las cargas de viento, que han sido estimadas mediante velocidades de viento con periodo de retorno de 50 años. Pudiendo considerarse como eventos poco probables y realizar el diseño considerando las cargas más frecuentes, como son la carga muerta y viva que sería la situación más común a las que las correas se encuentran trabajando durante la etapa de construcción de estas viviendas.

Por otra parte, deben verificarse las deflexiones que sufren las correas frente a la acción de las cargas antes mencionadas. Al ser consideradas como vigas continuas en por lo menos dos tramos, se puede calcular las deflexiones máximas de las correas mediante la siguiente expresión:

$$\Delta = \frac{wL^4}{185 EI} < \frac{L}{k}$$

Donde:

$w$ : Carga equivalente

$L$ : Luz libre

$E$ : Módulo de Young

$I$ : Momento de inercia de la sección

$k$ : Constante de límite de deflexiones

Con ella se obtienen las siguientes deflexiones tanto para la carga total, como para la carga viva:

$$\Delta_{CT} = \frac{34.39 \times 130^4}{185 \times 55000 \times 100 \times 14.625} = 0.62 \text{ cm}$$

$$\Delta_s = \frac{30 \times 130^4}{185 \times 55000 \times 100 \times 14.625} = 0.58 \text{ cm}$$

Estas deflexiones son del orden de  $L/209$  y  $L/226$ . Deflexiones que son mucho mayores a las permitidas,  $L/250$  y  $L/350$  respectivamente. Incumpliendo lo establecido en las normas de diseño. Sin embargo, se puede considerar las cargas vivas como acciones ocasionales para la instalación de la cobertura; debido que después de colocadas las calaminas, las correas no reciben acciones más que su propio peso y el peso de la calamina. Con esta consideración las secciones de las correas serían adecuadas para resistir las deflexiones producidas solo por las cargas permanentes.

Asimismo, la verificación de cortante actuante en la sección se debe hacer mediante la siguiente expresión:

$$V_h = V - wh = 21.11 \text{ kg}$$
$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh} = \frac{1.5 \times 21.11}{3 \times 6.5} = 1.55 \text{ kg/cm}^2$$
$$\tau = 1.55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Evidenciándose que la sección es capaz de resistir adecuadamente el cortante actuante. Por otra parte, verificando la estabilidad lateral teniendo en cuenta las dimensiones de la sección:

$$\frac{h}{b} = \frac{1.5''}{3''} = 0.5$$

Por ser un sistema que está trabajando en conjunto, no se necesita arriostramiento para las correas.

#### 4.2.2 Verificación de los pseudo-tijerales

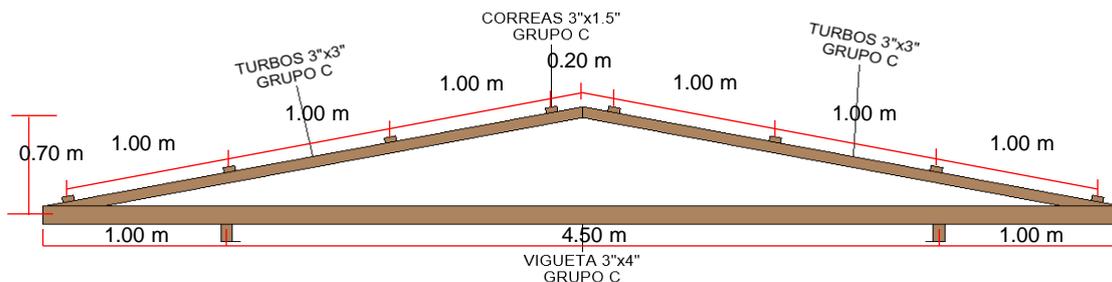
Las correas son clavadas en pseudo-tijerales, que función están compuestos por 2 elementos en diagonal y uno horizontal (denominados de par y nudillo), de forma triangular que resisten la acción del peso propio y de viento que estas le transfieren. Estos pseudo-tijerales están espaciados entre 1.20 a 1.50 metros. Para efecto de la verificación se tendrá

en cuenta pseudo-tijerales espaciados 1.30 metros, que soportan correas cada 1.0 metro.

De este modo, el pseudo-tijeral presentará la siguiente configuración:

**Figura 42**

*Pseudo-tijeral típico de las viviendas de madera.*



El análisis estructural de estas componentes se realiza considerando las cargas aplicadas en el punto de fijación de las correas. La distribución de cargas se hace de acuerdo con el área tributaria. Asimismo, se desprecia las cargas aplicadas en la cuerda inferior del pseudo-tijeral, las cuales son producidas por el cielo raso debido a que estos son de materiales livianos como plástico o triplay que no representan una carga considerable. Teniendo en cuenta esto, el metrado de cargas actuantes sería el siguiente:

Carga muerta                      4.07    kg/m<sup>2</sup>

Carga viva                            30      kg/m<sup>2</sup>

**Viento (presión y succión)**

Viento Barlovento                8.44    kg/m<sup>2</sup>

Viento Sotavento                 -16.88 kg/m<sup>2</sup>

**Viento (succión)**

Viento Barlovento                -19.69 kg/m<sup>2</sup>

Viento Sotavento                 -16.88 kg/m<sup>2</sup>

Multiplicando estas cargas por las áreas tributarias, se concentran estas acciones en los puntos de fijación de las correas.

Carga muerta según las 3 áreas tributarias distintas:

$$D= 4.07 \text{ kg/m}^2$$

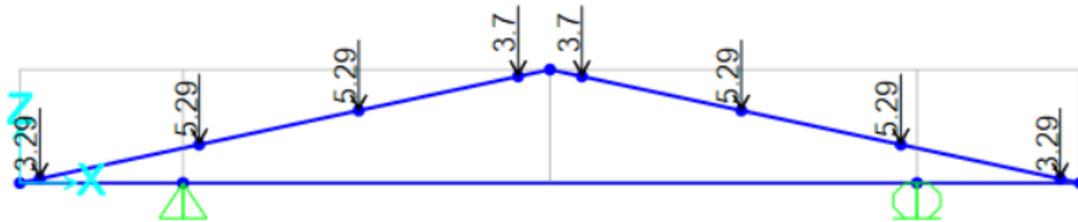
$$D1= 3.29 \text{ kg}$$

$$D2= 5.29 \text{ kg}$$

$$D3= 3.70 \text{ kg}$$

**Figura 43**

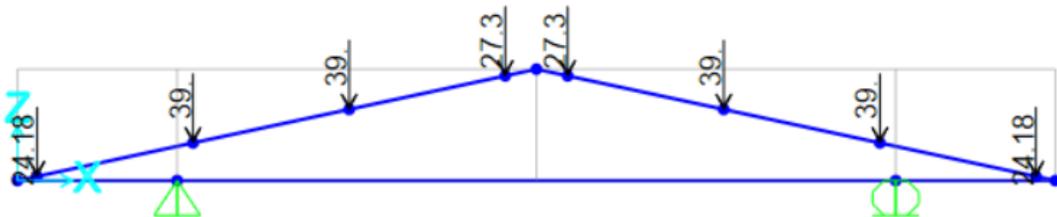
*Cargas muertas actuantes en el pseudo-tijeral de madera.*



La carga viva según las 3 áreas tributarias distintas sería:

**Figura 44**

*Carga viva actuante en el pseudo-tijeral de madera.*



La acción del viento es perpendicular a la cobertura. Por lo cual, es necesario descomponer la fuerza en sus componentes horizontal y vertical según el ángulo de los elementos inclinados, siendo este 12.2°. Obteniéndose los siguientes valores para los casos de presión y succión:

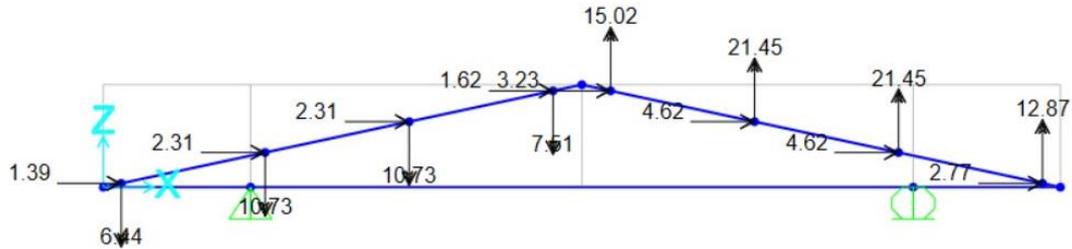
**Tabla 20**

*Cargas de viento para el caso de presión y succión.*

$W_{B=}$	8.44	$\text{kg/m}^2$	$W_{S=}$	-16.88	$\text{kg/m}^2$
BARLOVENTO	V	H	SOTAVENTO	V	H
$W_{B1=}$	7.51	1.62	$W_{S1=}$	-15.02	-3.23
$W_{B2=}$	10.73	2.31	$W_{S2=}$	-21.45	-4.62
$W_{B3=}$	6.44	1.39	$W_{S3=}$	-12.87	-2.77

**Figura 45**

Acción de viento en el pseudo-tijeral de madera, presión en barlovento y succión en sotavento.



Los valores siguientes son para el caso de succión tanto en barlovento y sotavento:

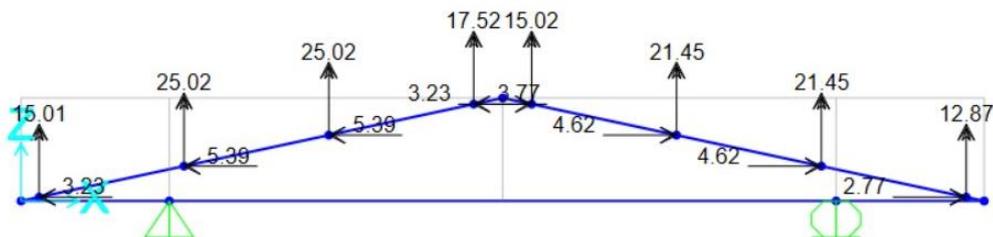
**Tabla 21**

Cargas de viento para el caso de solo succión.

WB'= BARLOVENTO	-19.69 V	kg/m <sup>2</sup> H	WS= SOTAVENTO	z V	kg/m <sup>2</sup> H
WB'1=	-17.52	-3.77	WS1=	-15.02	-3.23
WB'2=	-25.02	-5.39	WS2=	-21.45	-4.62
WB'3=	-15.01	-3.23	WS3=	-12.87	-2.77

**Figura 46**

Acción de viento en el pseudo-tijeral de madera, succión en barlovento y sotavento.



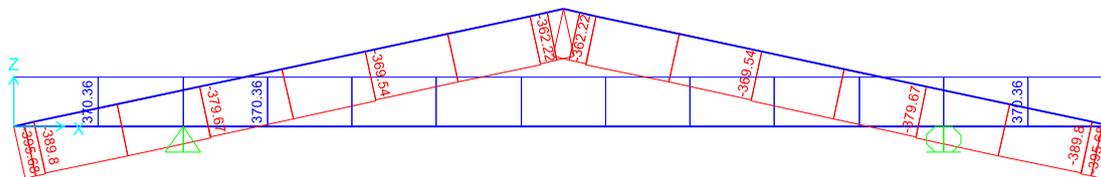
Las combinaciones de carga a considerar según la norma E.020 son las siguientes:

- (1) D
- (2) D + L
- (3) D + W

Analizando estas combinaciones, se obtienen los siguientes valores máximos para fuerzas axiales y momentos flectores:

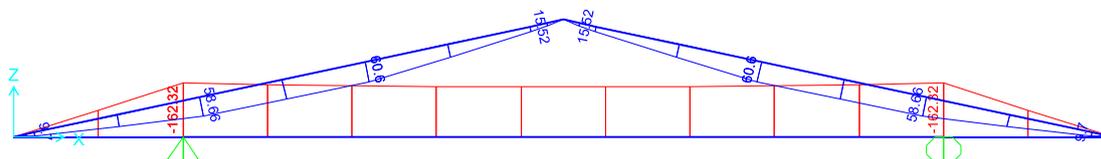
**Figura 47**

*Fuerzas axiales producidas en el pseudo-tijeral.*



**Figura 48**

*Momentos flectores producidos en el pseudo-tijeral.*



Los valores de fuerzas axiales y momentos flectores sirven para verificar los elementos diagonales y la vigueta horizontal por flexo-compresión y flexo-tracción, respectivamente.

#### 4.2.2.1 Verificación por flexo-compresión

Los elementos diagonales están sometidos a compresión y a su vez a la flexión producto de que las cargas no estén aplicadas en sus nudos. Esta combinación de acciones genera esfuerzos que deben ser menores a los admisibles. Para ello, se consideran las propiedades de la madera Sinlín (*Gordonia fruticosa*), la cual está comprendida en el grupo estructural C:

$$E_{\min} = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Los efectos máximos de fuerza axial y momento flector son:

$$P_a = 395.58 \text{ kg}$$

$$M = 6060 \text{ kg.cm}$$

La sección de la escuadría de los elementos diagonales es de 3"x3" y presenta las siguientes propiedades:

$$b = 6.5 \text{ cm}$$

$$h = 6.5 \text{ cm}$$

$$A = 42.25 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = 148.76 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = Z_y = 45.77 \text{ cm}^3$$

La esbeltez ( $\lambda$ ) de estos elementos se calcula considerando que no tienen ningún arriostre en el plano del tijeral. Asimismo, los elementos presentan articulaciones en sus extremos ( $k = 1$ ). La siguiente expresión permite el cálculo de la esbeltez:

$$\lambda = \frac{kl}{d}$$

donde:

$k$ : Factor de longitud efectiva

$l$ : Longitud del elemento

$d$ : Dimensión de la sección transversal en la dirección considerada

Para clasificar los elementos según su esbeltez se debe tener en cuenta que el factor  $C_k$  que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}}$$

donde:

$E$ : Módulo de elasticidad

$f_c$ : Resistencia a la compresión paralela a la fibra

Reemplazando los valores para una sección de madera del grupo C se obtiene:

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{55000}{80}} = 18.42$$

Mediante estos valores se identifica los elementos en cada dirección como columnas largas:

$$\begin{aligned}
 k &= 1 \\
 l &= 330 \quad \text{cm} \\
 b &= 6.5 \quad \text{cm} \\
 L_e &= 330 \quad \text{cm} \\
 \lambda_y &= 50.77
 \end{aligned}$$

Tipo de columna: **larga**

Como los elementos se clasifican como columnas largas, la carga admisible en compresión pura está dada por la siguiente expresión:

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{(\lambda)^2} = 296.61 \text{ kg}$$

Al estar sometidos a flexión, los elementos deben cumplir con la siguiente expresión:

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{k_m |M|}{Z f_m} < 1$$

Donde:

$f_m$ : esfuerzo admisible en flexión

$k_m$ : factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial.

$|M|$ : momento flector máximo en el elemento (valor absoluto)

$N_{adm}$ : carga axial admisible

$Z$ : módulo de sección transversal con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión

Cuando un elemento está sometido a flexión y compresión, los momentos se ven amplificados por la acción de la carga axial, mediante el siguiente factor:

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}}$$

Donde:

$N$ : carga axial aplicada

$N_{cr}$ : carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplican los momentos de flexión

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{l_{ef}^2}$$

Aplicando estas expresiones se obtiene que:

$$N_{cr} = 741.5 \text{ kg}$$

$$k_m = 5.01$$

Verificando la interacción de flexión y compresión:

$$\frac{395.58}{741.5} + \frac{5.01|6060|}{45.77 \times 100} = 7.17$$

$$7.17 \gg 1$$

Verificándose que el elemento no soportaría las cargas actuantes: muerta, viva y viento, incluso considerando el factor de reducción contemplado en la norma E.020 para esta combinación de cargas. Sin embargo, no se han reportado fallas en estas componentes, lo que tiene su explicación en la no simultaneidad de las cargas vivas y acciones máximas de viento. Al considerar solo las cargas permanentes y las acciones viento se obtienen:

$$P_a = 74.86 \text{ kg}$$

$$M = 181.19 \text{ kg.cm}$$

Verificando la interacción de flexión y compresión:

$$\frac{74.86}{741.5} + \frac{1.18|181.19|}{45.77 \times 100} < 1$$

$$0.15 < 1$$

Es decir, la sección de 3"x3" sería capaz de resistir solo las acciones de las cargas muerta y de viento, sin la acción simultánea de la carga viva.

#### 4.2.2.2 Verificación por flexo-tracción

El elemento horizontal del tijeral está sometido a tracción y a su vez a la flexión producto de que las cargas no estén aplicadas en sus nudos. Por ello, debe verificarse

esta escuadría considerando esos dos efectos. Para lo cual, se consideran las propiedades de la madera Sinlín (*Gordonia fructicosa*), comprendida en el grupo estructural C:

$$E_{\min} = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

Los efectos máximos de fuerza axial y momento flector son:

$$P_a = 370.36 \text{ kg}$$

$$M = -16232.4 \text{ kg.cm}$$

La sección de la escuadría del elemento horizontal es de 3"x4" y presenta las siguientes propiedades:

$$b = 6.5 \text{ cm}$$

$$h = 9.0 \text{ cm}$$

$$A = 58.5 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 394.88 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 205.97 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 87.75 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 63.38 \text{ cm}^3$$

Los elementos sometidos a flexo-tracción deben satisfacer la expresión siguiente:

$$\frac{N}{A f_t} + \frac{|M|}{Z f_m} < 1$$

Donde:

$|M|$ : momento flector máximo en el elemento (valor absoluto)

$N$ : carga axial aplicada (tracción)

$A$ : área de la sección transversal

$f_t$ : esfuerzo admisible en tracción

$f_m$ : esfuerzo admisible en flexión

$Z$ : módulo de sección con respecto al eje alrededor que se produce la flexión

Estimando la interacción de flexión y tracción, se tiene:

$$\frac{370.36}{58.5 \times 75} + \frac{|-16232.4|}{87.75 \times 100} = 1.93 > 1$$

Verificándose que el elemento no soportaría las cargas actuantes: muerta, viva y viento. En este sentido, el empleo de estas secciones incumple la normativa y representaría un peligro para los ocupantes de las viviendas. Sin embargo, buscando explicar el funcionamiento de los elementos estructurales en el techo, puede nuevamente considerarse que la carga viva no actúa permanentemente en el techo de la vivienda a pesar de que se reduzca la seguridad. Con lo cual, los efectos máximos de fuerza axial y momento flector serían:

$$Pa = 70.07 \quad \text{kg}$$

$$M = -3284.40 \quad \text{kg.cm}$$

Aplicando la expresión de interacción de fuerza axial y momento, se tiene:

$$\frac{70.07}{58.5 \times 75} + \frac{|-3284.40|}{87.75 \times 100} < 1$$

$$0.39 < 1$$

Verificándose la interacción entre flexión y tracción de la sección de 3"x4" sería suficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas de gravedad y viento que actúan en el techo de las viviendas de madera.

Por otra parte, los pseudo-tijerales de techo presentan una deficiencia en arriostramiento, que podría dar lugar a una falla global por inestabilidad. En este sentido, los pseudo-tijerales necesitan un arriostramiento diagonal que evite la falla de todas las armaduras triangulares al mismo tiempo. Esto debido a que las correas no restringen el movimiento de un tijeral respecto a otro. Esta situación puede devenir en deformaciones en el techo de las viviendas o su posible colapso, representando un peligro para sus ocupantes. Asimismo, el agregar un montante a los pseudo-tijerales ayudaría a mejorar el comportamiento de los pseudo-tijerales del techo, reduciendo las sollicitaciones en la unión entre las cuerdas superior e inferior. Estas deficiencias serán abordadas en el siguiente capítulo.

### 4.2.3 Verificación de las vigas del techo

Los pseudo-tijerales del techo transmiten las cargas actuantes (muerta, viva y viento) a vigas transversales a estos, de secciones de 3"x5", donde son fijados mediante uniones clavadas. De no ser por el entablado del cerramiento, estas vigas tendrían luces libres que van desde los 3 a 4 metros, de acuerdo con las dimensiones de las viviendas.

Analizando las vigas que presentan luces mayores, seleccionando una luz de 4 metros, la viga presentaría la aplicación de cargas cada 1.3 metros según la separación de los pseudo-tijerales del techo. Asimismo, se supone que las vigas están simplemente apoyadas en las columnas. Lo cual, es un supuesto conservador debido a que las vigas también están fijadas a tablas de cerramiento que soportan parte de las cargas que actúan sobre ella. Sin embargo, durante el proceso de construcción de las viviendas se presenta el escenario de tener a las vigas actuando como simplemente apoyadas, antes que se fijen las tablas de cerramiento. Analizando el estado de que las vigas están solamente apoyadas en las columnas, presentarían las siguientes cargas:

**Figura 49**

*Carga muerta aplicada a la viga del techo (kg).*



**Figura 50**

*Carga viva aplicada a viga del techo (kg).*



**Figura 51**

Cargas de viento actuantes en la viga de techo (kg), para el caso de presión en barlovento y succión en sotavento.



**Figura 52**

Cargas de viento actuantes en la viga de techo (kg), para el caso de succión en barlovento y sotavento.



Asimismo, las dimensiones de la sección usuales para estas vigas son:

Base	3"	6.5 cm
Altura	5"	11.5 cm
I=	823.81	cm <sup>4</sup>

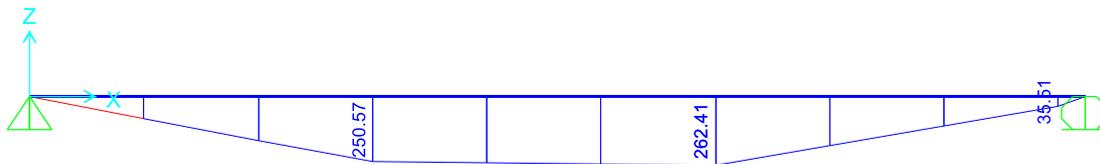
Teniendo en cuenta que la especie maderable Sinlín pertenece al grupo estructural C, se consideran las siguientes propiedades:

- E= 55000 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>m</sub>= 100 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>v</sub>= 8 kg/cm<sup>2</sup>
- f<sub>c</sub>= 15 kg/cm<sup>2</sup>

De las combinaciones de carga utilizadas anteriormente, la predominante es  $D + L$ .  
 Para la cual en la viga se tendrían los siguientes momentos y cortantes máximos.

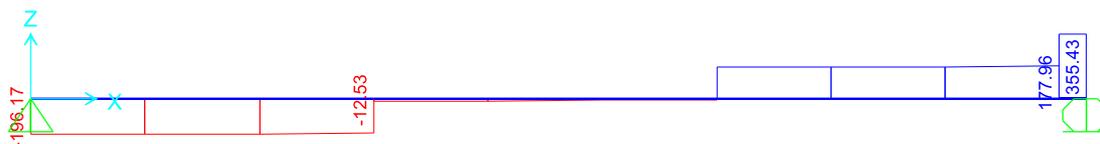
**Figura 53**

Momentos flectores producidos en la viga del techo (kg.m).



**Figura 54**

Fuerza cortante producida en la viga del techo (kg).



Las solicitaciones máximas son:

$$M_{\text{máx}} = 262.41 \text{ kg.m}$$

$$V_{\text{máx}} = 355.43 \text{ kg}$$

Mediante el método de esfuerzos admisibles, utilizando la fórmula siguiente:

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

El módulo de sección requerido es:

$$Z_{\text{req}} = \frac{262.41 * 100}{100} = 262.41 \text{ cm}^3$$

Sin embargo, el módulo de la sección colocada es menor que lo que se requiere:

$$Z = 143.27 \text{ cm}^3 < Z_{\text{req}} = 262.41 \text{ cm}^3$$

Lo cual indicaría que, ante la acción combinada de las cargas de muerta y viva las vigas que soportan el techo no tendrían el margen de seguridad exigido por las normas de diseño, lo que podría implicar un riesgo para los ocupantes de las viviendas. Por ello, es pertinente proponer mejoras en el diseño de este tipo de edificaciones como se aborda en el capítulo siguiente.

Sin embargo, si se considera la naturaleza eventual de las cargas de vivas y que los techos no son espacios de tránsito constante de personas, reduciendo la seguridad de

la estructura la naturaleza, con el fin explicar el funcionamiento de las viviendas en estado final. Asimismo, durante el proceso constructivo de las viviendas se tienen elementos adicionales de madera que permiten la instalación de los techos que ayudan a soportar las acciones del tránsito de los constructores para instalar la cobertura de calaminas metálicas. Por ello, se considera razonable reducir el análisis de las vigas considerando solo la acción de las cargas muertas, y una eventual acción de viento, debido a que este es el estado final en que se encuentran trabajando. Con ello, se obtiene solicitaciones de momento y cortante mucho menores.

**Figura 55**

*Momentos flectores producidos en la viga del techo (kg.m) combinación D+W1.*



**Figura 56**

*Fuerza cortante producida en la viga del techo (kg) combinación D+W1.*



Las solicitaciones máximas serían:

$$M_{\max} = 79.81 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 106.44 \text{ kg}$$

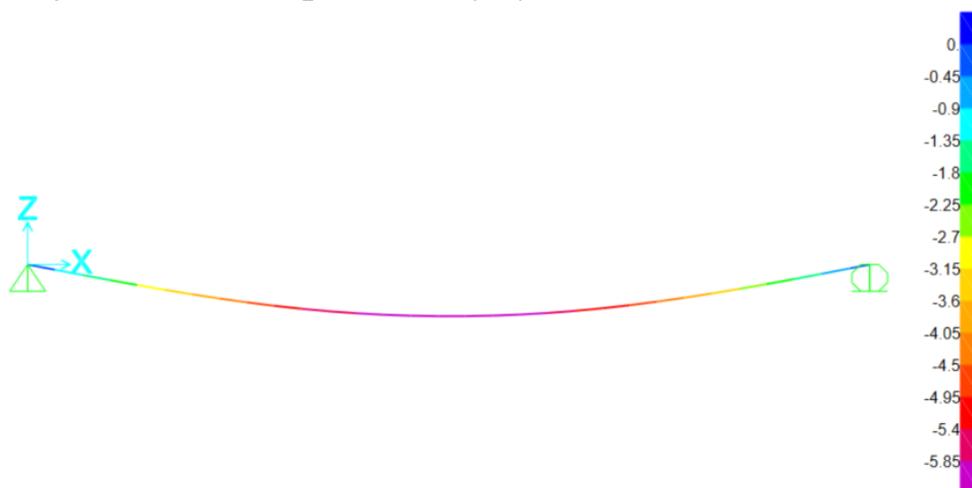
Para las cuales se calcula el módulo de sección requerido:

$$Z_{req} = \frac{79.81 * 100}{100} = 79.81 \text{ cm}^3 < Z = 143.27 \text{ cm}^3$$

Verificándose las dimensiones actuales de las vigas empleadas en los techos de viviendas en la zona de estudio. Por otra parte, se debe verificar las deflexiones que estas sufren frente a la acción de las cargas antes mencionadas. Considerando a las vigas como simplemente apoyadas en las columnas se obtienen las siguientes deflexiones:

**Figura 57**

*Deflexiones producidas en la viga del techo (cm).*

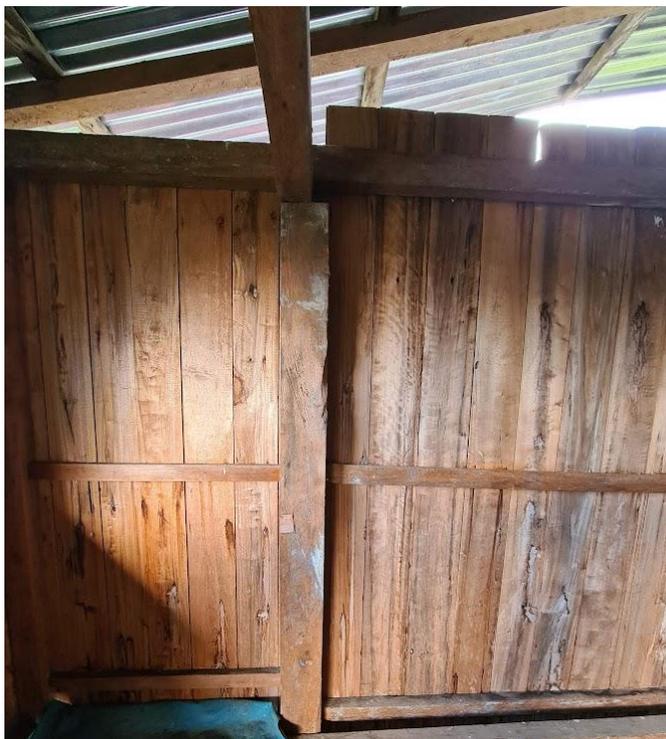


Siendo las deflexiones de alrededor de 5.85 cm, se evidencia que estas son mucho mayores que las permitidas ( $L/250$ ). Cabe resaltar que estas deflexiones se producirían suponiendo que las vigas están simplemente apoyadas en las columnas. Sin embargo, la situación final habitualmente dista mucho de esta suposición de una viga con luces de 4 metros, ya que las tablas de cerramiento también soportan una parte significativa de las cargas.

Las deflexiones no son evidentes en la mayor parte de las edificaciones estudiadas. Las vigas no presentan deflexiones tan pronunciadas debido a la acción en conjunto con las tablas de cerramiento que están presentes en la etapa final de construcción de las viviendas. Las tablas de cerramiento se fijan a las vigas mediante clavos; esto produce que estos elementos actúen como apoyos para la viga en toda su longitud y evitan que esta se defleccione, tal como se muestra en la siguiente imagen.

### Figura 58

Tablas de cerramiento fijadas a la viga que evitan que esta se deflecte.



Asimismo, verificando el esfuerzo cortante que actúa en la sección se tiene:

$$V_h = V - wh = 94.52 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh} = \frac{1.5 \times 94.52}{3 \times 6.5} = 1.94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 1.90 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo cual, la sección es capaz de resistir adecuadamente el cortante actuante.

Por otra parte, verificando la estabilidad lateral se consideran las dimensiones de la sección:

$$\frac{h}{b} = \frac{3''}{5''} = 0.6$$

Esta proporción indica que no se necesita arriostramiento para las vigas del techo.

En resumen, se verifica que la sección de 3"x5" es adecuada para las vigas de techo de las viviendas de madera. Teniendo en cuenta que solo son capaces de soportar

las acciones de la carga de viento y peso propio de la estructura de los techos. Asimismo, en su estado final la acción en conjunto con las tablas de cerramiento evita en la mayor parte de los casos que las vigas presenten deflexiones notorias.

#### 4.2.4 Verificación de las columnas del segundo piso

Las columnas suelen ser elementos de madera Sinlín de 5"x5". Las cargas que soportan las columnas son transmitidas por las vigas que se conectan a ellas mediante uniones clavadas. Estos elementos por lo general tienen 2 metros para el segundo piso y soportan la carga muerta, viva y acciones de viento transmitidas por las vigas del techo.

La verificación de estos elementos se realizará analizando las columnas más cargadas, siendo estas las columnas intermedias que soportan las cargas de dos vigas. La combinación más desfavorable es  $D + L$ , la cual genera las siguientes reacciones:

#### Figura 59

Reacciones en los apoyos de la viga del techo (kg).



Siendo la columna intermedia que soporta la acción de vigas tanto para su lado derecho e izquierdo la reacción para la combinación de carga más desfavorable sería el doble de la reacción derecha de la viga de techo. Siendo la carga aplicada igual a:

$$P_a = 710.86 \quad \text{kg}$$

La sección de la columna es de 5"x5" y presenta las siguientes propiedades:

$$b = h = 11.5 \quad \text{cm}$$

$$A = 132.25 \quad \text{cm}^2$$

$$I_x = 1457.51 \quad \text{cm}^4$$

$$Z_x = 253.48 \quad \text{cm}^3$$

La esbeltez ( $\lambda$ ) de estos elementos se calcula considerando que no presentan ningún arriostre en el plano fuera del panel al que pertenece la columna y presenta un arriostre a la mitad de su altura para el plano del panel. Asimismo, los elementos se

suponen articulados en sus extremos ( $k = 1$ ). Mediante estos valores se puede identificar los elementos en cada dirección como:

a) En el plano del panel (y):

k=	1	
L=	100	cm
b=	11.5	cm
Le=	100	cm
$\lambda_y$ =	8.70	

Tipo de columna: **corta**

b) Fuera del plano del panel (x):

k=	1	
L=	200	cm
h=	11.5	cm
Le=	200	cm
$\lambda_x$ =	17.39	

Tipo de columna: **Intermedia**

Como los elementos se constituyen como columnas intermedias, la carga admisible debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$N_{adm} = f_c A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{c_k} \right)^4 \right)$$

Remplazando los valores de estos parámetros se obtiene:

$$N_{adm} = 7777 \text{ kg}$$

Comparando con la fuerza axial actuante la columna, se evidencia que la fuerza axial admisible es mucho mayor que la presión aplicada.

$$N_{adm} = 7777 \text{ kg} > P_a = 710.86 \text{ kg}$$

Finalmente, se verifica que las columnas de 5"x5" son adecuadas para soportar la carga muerta, viva y acciones de viento transmitidas por las vigas del techo. Esto debido a que estos elementos son de dimensiones considerables respecto a las demás secciones empleadas en la construcción de las viviendas de madera.

#### 4.2.5 Verificación de las viguetas de entrepiso

Los entrepisos de las viviendas están constituidos por tablas y viguetas de madera Sinlín de 3"x5", las cuales generalmente están espaciadas entre 0.8 a 1.0 metros. Realizando el análisis por esfuerzos admisibles se debe considerar los siguientes factores:

Dimensiones de la sección:

Base	3"	6.5 cm
Altura	5"	11.5 cm
I=	823.81	cm <sup>4</sup>

Metrado de cargas:

Peso propio:	6.73	kg/m <sup>2</sup>
Peso muerto:	22.5	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva:	200	kg/m <sup>2</sup>

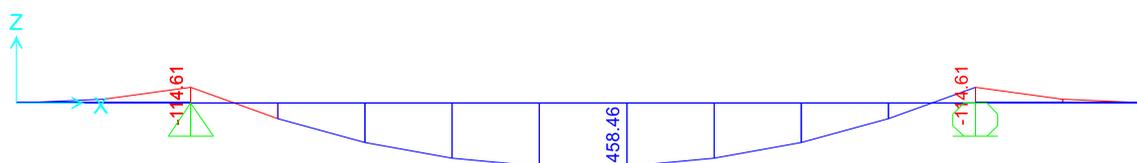
Al transformar esta carga a kilogramos por unidad de longitud, según los espaciamientos más desfavorables de 1.0 metro, se tiene:

Carga muerta repartida por vigueta:	29.23	kg/m
Carga viva repartida por vigueta:	200	kg/m
Carga total repartida por vigueta:	229.23	kg/m

Con lo cual se tiene las siguientes acciones máximas:

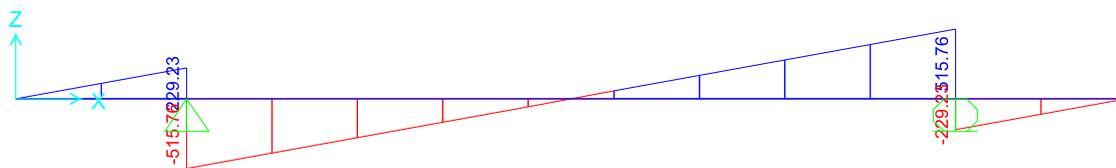
#### Figura 60

Momentos flectores producidos en las viguetas de entrepiso.



**Figura 61**

Fuerza cortante producida en las viguetas de entrepiso.



Siendo las sollicitaciones mayores:

$$M_{\text{máx}} = 458.46 \text{ kg.m}$$

$$V_{\text{máx}} = 515.76 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta que la madera pertenece al grupo estructural C y las viguetas actúan en conjunto con el entablado. Se puede aumentar en 10% los esfuerzos admisibles en flexión y cortante. Con lo cual, se consideran las siguientes propiedades:

$$E = 90000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Mediante el método de esfuerzos admisibles, se obtiene que el módulo de sección requerido es de:

$$Z_{req} = \frac{458.46 * 100}{110} = 416.78 \text{ cm}^3$$

Sin embargo, el módulo de la sección colocado es mucho menor:

$$Z = 143.27 \text{ cm}^3 < Z_{req} = 416.78 \text{ cm}^3$$

Lo cual evidencia que ante la acción combinada de las cargas de muerta y viva las viguetas del entrepiso de la vivienda están incumpliendo las normas de diseño y podría haber un riesgo para los ocupantes de estas viviendas. Debe tenerse en cuenta que los esfuerzos admisibles en flexión para las maderas del grupo C resultan del 5° percentil del esfuerzo de rotura para la especie más débil del grupo entre un factor de 3.18.

Teniendo la finalidad de averiguar cuál es la carga viva que podría soportar la vivienda en las condiciones actuales, se estima que la sección sería suficiente para soportar una carga viva del orden de 45 kg/m<sup>2</sup>; para la que se tendrían las sollicitaciones de momento y cortante siguientes:

$$M_{\max} = 148.46 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 167.01 \text{ kg}$$

Siendo el módulo de sección requerido mucho menor:

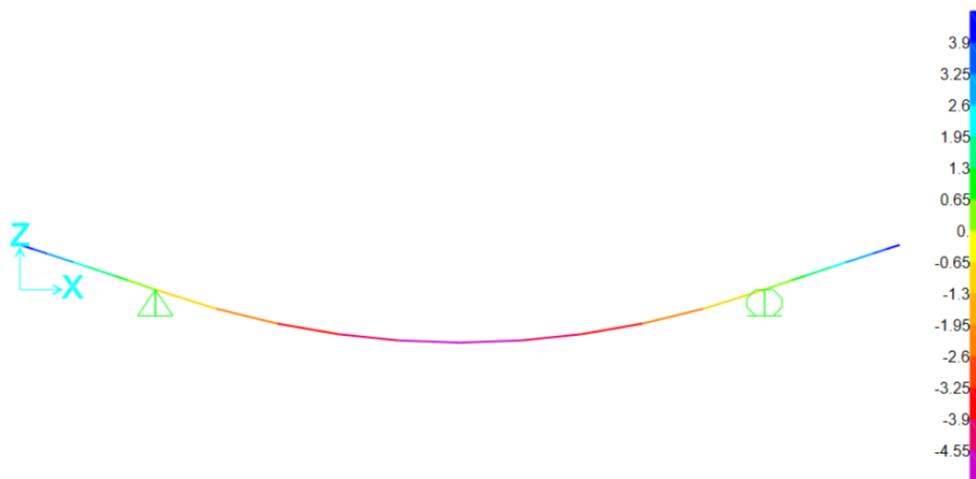
$$Z_{req} = \frac{148.46 * 100}{110} = 134.96 \text{ cm}^3$$

$$Z_{req} = 134.96 \text{ cm}^3 < Z = 143.27 \text{ cm}^3$$

Por otro lado, se debe verificar las deflexiones que estas sufren frente a la acción de las cargas antes mencionadas. Considerando como una viga simplemente apoyada de 4.5 m de luz y con dos voladizos de 1.0 m.

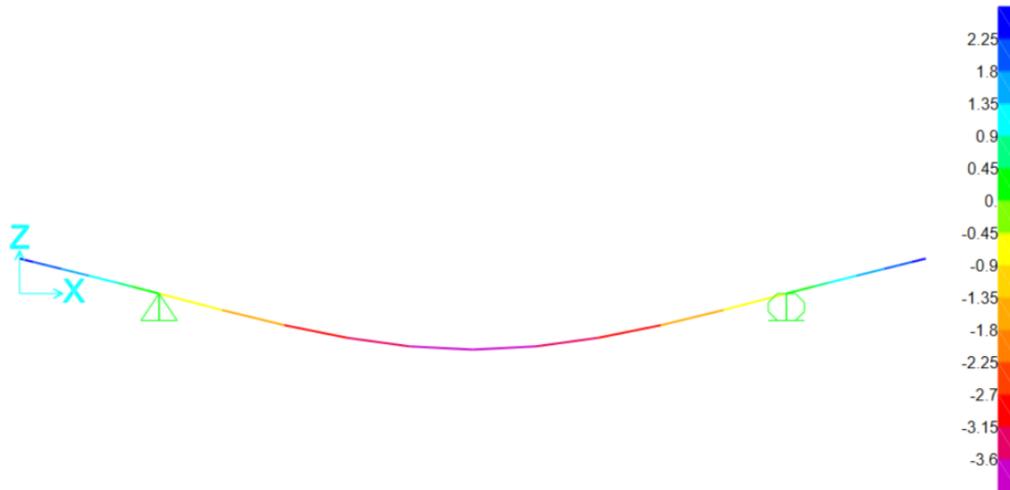
### Figura 62

*Deflexiones producidas en las viguetas de entepiso para 1.8D+L (cm).*



**Figura 63**

*Deflexiones producidas en las viguetas de entrepiso para L (cm).*



Las deflexiones producidas son las siguientes:

**Tabla 22**

*Deflexiones en las viguetas de entrepiso.*

Carga Actuante	Deflexiones producidas (cm)	Deflexiones admisibles (cm)
Cargas permanentes + carga viva	6.5	1.8
Carga viva	3.9	1.3

Estas deflexiones son del orden de  $L/70$  y  $L/114$ , es decir, mucho mayores a las permitidas,  $L/250$  y  $L/350$  respectivamente. Estas deflexiones excesivas junto con las vibraciones ante el tránsito de los ocupantes, las cuales son comunes en viviendas en la zona, evidencian que el piso es flexible y tiene un diseño deficiente.

Asimismo, verificando el cortante que actúa en la sección se tiene que:

$$V_h = V - wh = 158.48 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh} = \frac{1.5 \times 158.48}{11.5 \times 6.5} = 3.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 3.18 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo cual, la sección es capaz de resistir adecuadamente el cortante actuante.

Sin duda, las viguetas de entrepiso son un aspecto por mejorar dentro del diseño de este tipo de edificaciones y es un aspecto que se desarrollará en el siguiente capítulo.

#### 4.2.6 Verificación del entablado de entrepiso

El entrepiso de las viviendas de madera estudiadas está constituido por tablas fijadas a las viguetas mediante conexiones clavadas. Estos elementos tienen típicamente dimensiones de 7" a 8" de ancho y generalmente son de 1" de espesor. Su longitud es variable según las dimensiones de la vivienda, midiendo entre 2 y 3 metros. A diferencia de los demás elementos estructurales de la vivienda, estas tablas son habitualmente de madera Ishpingo. Esta madera, abundante en la zona, está clasificada dentro del grupo estructural C.

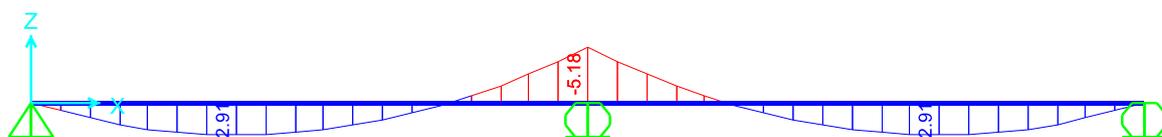
Las tablas se apoyan sobre las viguetas que están espaciadas generalmente cada 1 metro. Por ello, se considerará una tabla de dimensiones habituales, 2 metros de largo representada por una viga continua de 2 tramos. Asimismo, las tablas soportarán su propia carga y la carga viva de 200 kg/m<sup>2</sup>, establecida por la norma E.020. Con ello se tiene el siguiente metrado de cargas:

Peso propio	22.5	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva	200	kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta repartida por tabla	4.28	kg/m
Carga viva repartida por tabla	38.00	kg/m
Carga total repartida por tabla	42.28	kg/m

Con estas cargas, se obtienen los siguiente momento flector y fuerza cortante máximos:

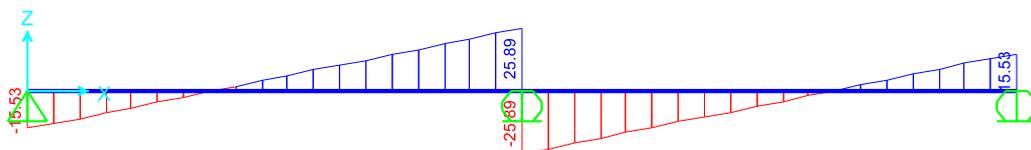
#### Figura 64

*Momentos flectores producidos en las tablas de entrepiso.*



### Figura 65

Fuerza cortante producida en las tablas de entrepiso.



Siendo las solicitaciones máximas las siguientes:

$$M_{\max} = -5.18 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 25.99 \text{ kg}$$

La sección de la tabla a analizar es la de 8"x1", la cual presenta las siguientes propiedades:

$$\text{Base } 8" \quad 19.0 \text{ cm}$$

$$\text{Altura } 1" \quad 2.0 \text{ cm}$$

$$I = 12.67 \text{ cm}^4$$

$$Z = 12.67 \text{ cm}^3$$

Teniendo en cuenta la redundancia en los elementos del entablado, se considera el módulo de elasticidad promedio y un aumento de 10% en los esfuerzos admisibles en flexión y cortante. Por ello, se tendrían las siguientes propiedades:

$$E = 90000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Por el método de esfuerzos admisibles, se puede conocer el módulo de sección requerido:

$$Z_{req} = \frac{5.18 * 100}{110} = 4.71 \text{ cm}^3$$

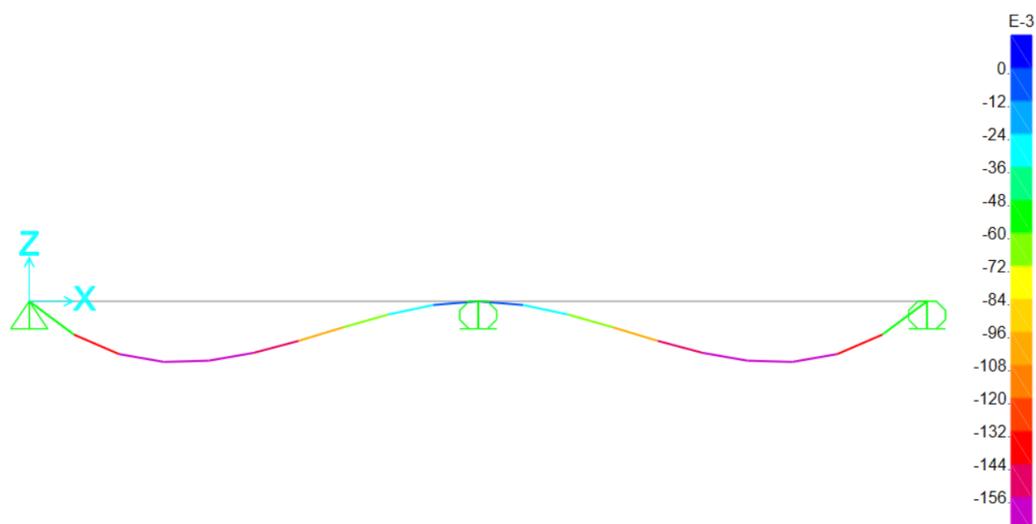
Comparando con el módulo de la sección colocada, se tiene que este último es mayor al requerido:

$$Z = 12.67 \text{ cm}^3 > Z_{req} = 4.71 \text{ cm}^3$$

Asimismo, verificando las deflexiones que sufren las tablas frente a la acción de las cargas antes mencionadas. Se tienen las siguientes flechas:

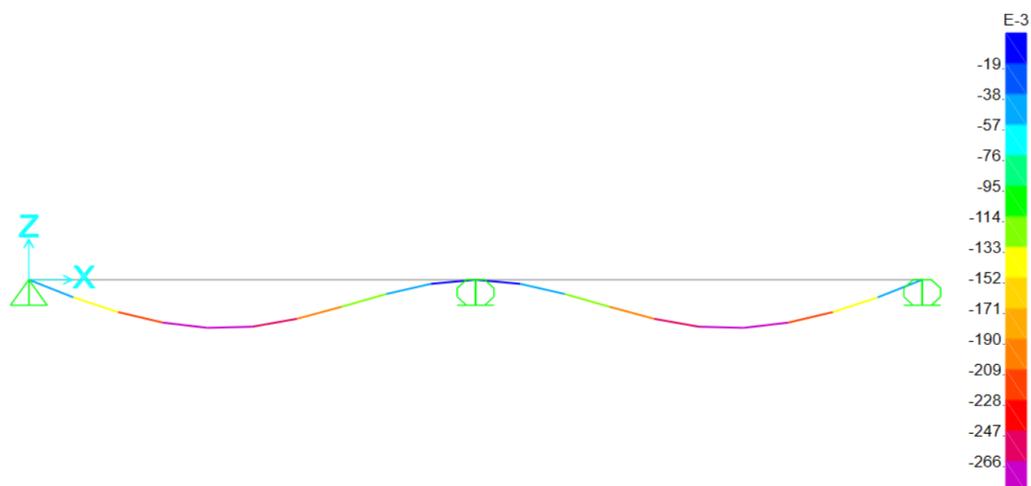
**Figura 66**

*Deflexiones producidas en las tablas de entepiso para 1.8D+L (cm).*



**Figura 67**

*Deflexiones producidas en las tablas de entepiso para L (cm).*



**Tabla 23**

*Deflexiones en las tablas de entepiso.*

Carga Actuante	Deflexiones producidas (cm)	Deflexiones admisibles (cm)
Cargas permanentes + carga viva	0.34	0.40
Carga viva	0.27	0.29

Las deflexiones son menores que las permitidas,  $L/250$  y  $L/350$  respectivamente. Siendo las tablas adecuadas para soportar las cargas permanentes y una carga viva de  $200 \text{ kg/m}^2$ .

Asimismo, al verificar el cortante actuante en la sección se tiene que:

$$V_h = V - wh = 25.36 \text{ kg}$$
$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh} = \frac{1.5 \times 25.36}{19 \times 2} = 1.00 \text{ kg/cm}^2$$
$$\tau = 1.00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Siendo mucho menor el esfuerzo cortante actuante al esfuerzo permitido, se evidencia que la sección es capaz de resistir adecuadamente el cortante actuante.

Como se observa tanto para el momento flector y fuerza cortante se tiene amplio margen, incluso si las tablas tuvieran un solo tramo, situación en la que los momentos flectores serían hasta 25% mayores.

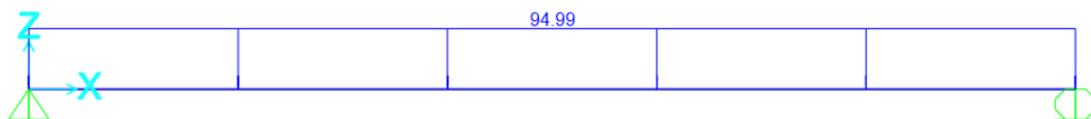
#### 4.2.7 Verificación de las vigas del primer nivel

Las vigas del primer nivel soportan las viguetas que conforman el piso del nivel superior. Estos elementos presentan una sección de 3"x5", son de la especie maderable Sinlín y están apoyadas sobre columnas de 5"x5". Dichos elementos presentan luces en el rango de 3 a 4 metros y están soportando las cargas vivas y muertas que transmiten las viguetas espaciadas cada metro.

Seleccionando las vigas con luces más críticas de 4 m, presentarían las siguientes cargas aplicadas:

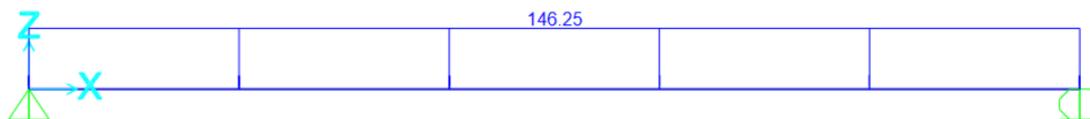
#### Figura 68

*Carga muerta aplicada en la viga del primer nivel.*



**Figura 69**

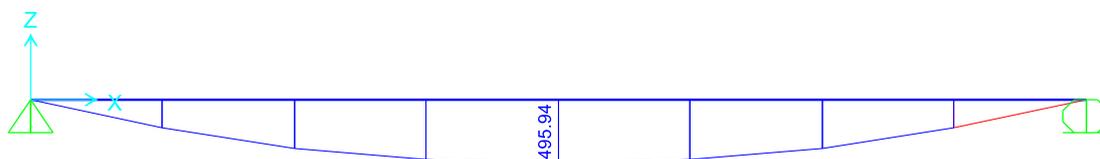
Carga viva aplicada en la viga del primer nivel.



Debido a la acción de estas cargas, se producen los siguientes momentos flectores y fuerza cortante para la combinación D+L:

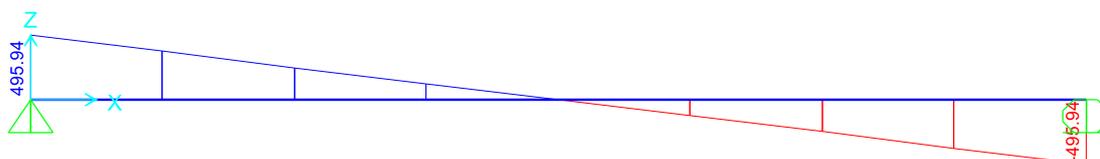
**Figura 70**

Momentos flectores producidos en las vigas del primer nivel (kg.m) para combinación D+L



**Figura 71**

Fuerza cortante producida en las vigas del primer nivel (kg) para la combinación D+L



Siendo las solicitaciones máximas las siguientes:

$$M_{\max} = 495.94 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 495.94 \text{ kg}$$

Para realizar el análisis por esfuerzos admisibles se tiene en cuenta las dimensiones de la sección siguiente:

Base	3"	6.5 cm
Altura	5"	11.5 cm
I=	823.81	cm <sup>4</sup>

Considerando que la madera pertenece al grupo estructural C, se tienen las siguientes propiedades:

$$E = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Mediante el método de esfuerzos admisibles, se obtiene que el módulo de sección requerido es:

$$Z_{req} = \frac{495.94 * 100}{100} = 495.94 \text{ cm}^3$$

Comparando con el módulo de la sección colocada:

$$Z = 143.27 \text{ cm}^3 < Z_{req} = 495.94 \text{ cm}^3$$

Se observa que el módulo de sección requerido para soportar las acciones de carga viva y muerta del segundo piso es mucho mayor que el módulo de la sección colocada (3"x5"). Por lo tanto, se verifica que el diseño de estas vigas es deficiente según las normas vigentes.

Para efectos de verificar si las vigas son capaces de soportar como mínimo las acciones del peso propio del entablado, se analiza la sección de las vigas teniendo en cuenta solo la carga muerta. Considerando la carga muerta se obtienen los siguientes momentos flectores y fuerzas cortantes:

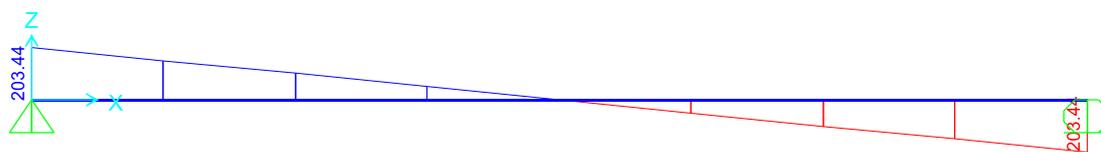
**Figura 72**

*Momentos flectores producidos en las vigas del primer nivel (kg.m) para D.*



**Figura 73**

*Fuerza cortante producida en las vigas del primer nivel (kg) para D.*



Siendo las solicitaciones máximas:

$$M_{\max} = 203.44 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 203.44 \text{ kg}$$

Verificando el módulo de sección requerido sería:

$$Z_{req} = \frac{203.44 * 100}{110} = 203.44 \text{ cm}^3$$

Respecto al módulo de la sección colocada, se evidencia que es menor que lo que se requiere:

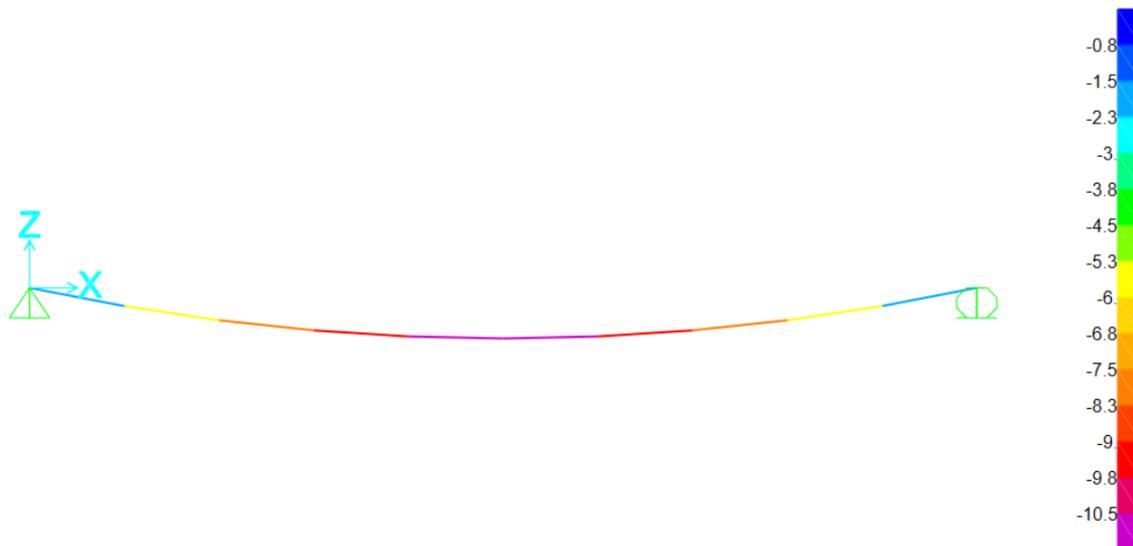
$$Z = 143.27 \text{ cm}^3 < Z_{req} = 203.44 \text{ cm}^3$$

Aun así, el módulo requerido es 42% mayor que el módulo de sección colocado. Lo cual indicaría que esta viga tendría problemas en soportar la carga que le transfieren las viguetas de entrepiso. Sin embargo, no se han observado fallas en las vigas de las viviendas de madera estudiadas. Esto podría deberse a la acción en conjunto que tienen las vigas y las tablas del entrepiso, que se encuentran clavadas a las vigas. Esto resulta en una inercia efectiva mayor y ayuda a resistir las acciones de las cargas actuantes. Por otro lado, la resistencia típica de la madera Sinlín es aproximadamente 40% mayor que la de la más débil de las maderas del grupo C, en la que se basan los esfuerzos admisibles especificados en la norma E.010. Asimismo, por la propia naturaleza de las cargas vivas que resisten las viviendas que son mucho menores a los 200 kg/m<sup>2</sup> que establece la norma E. 0.20.

Por otra parte, verificando las deflexiones producidas por la carga muerta de manera permanente, se obtiene que las vigas se deflecan 10.5 centímetros (L/38). Estas deflexiones son excesivas y mucho mayores a las admisibles (L/250). Evidenciando el deficiente diseño de estos elementos. Por ello, las vigas de primer nivel deben estudiarse para mejorar su comportamiento estructural, como se verá en el siguiente capítulo.

**Figura 74**

*Deflexiones producidas vigas del primer nivel por 1.8D (cm).*



#### 4.2.8 Verificación de las columnas del primer nivel

Las columnas de este nivel son de la misma escuadría que en el segundo piso. Suelen ser elementos de madera Sinlín de 5"x5". Las cargas que soportan las columnas están dadas por las vigas que soportan el entrepiso y las transferidas desde el segundo nivel. Esto elementos por lo general tienen 2.5 metros para el primer entrepiso y soportan acciones de la carga muerta y viva.

Analizando las columnas más cargadas, siendo estas las intermedias, se tiene que las vigas aportan sobre ellas, reacciones de:

**Figura 75**

*Reacciones en los apoyos de la viga del primer nivel (kg).*



Siendo la columna intermedia que soporta la acción de 2 vigas, tanto para su lado derecho e izquierdo. Asimismo, se suma la carga que transfiere la columna del segundo piso. Siendo la carga aplicada a la columna:

## Efectos máximos

$$P_a = 1702.74 \quad \text{kg}$$

Considerando la sección de las columnas es de 5"x5", esta presenta las siguientes propiedades:

$$b = 11.5 \quad \text{cm}$$

$$h = 11.5 \quad \text{cm}$$

$$A = 132.25 \quad \text{cm}^2$$

$$I = 1457.51 \quad \text{cm}^4$$

$$Z = 253.48 \quad \text{cm}^3$$

La esbeltez ( $\lambda$ ) de estos elementos se calcula considerando que no tienen ningún arriostre en el plano fuera del panel al que pertenece la columna y tienen un arriostre a la mitad de la altura para el plano del panel. Asimismo, puede suponerse conservadoramente que las columnas son biarticuladas ( $k = 1$ ). Con estos valores se puede identificar los elementos en cada dirección como columnas largas:

a) En el plano del panel (y):

$$k = 1$$

$$l = 125 \quad \text{cm}$$

$$b = 11.5 \quad \text{cm}$$

$$L_e = 125 \quad \text{cm}$$

$$\lambda_y = 10.87$$

Tipo de columna: **larga**

b) Fuera del plano del panel (x):

$$k = 1$$

$$l = 250 \quad \text{cm}$$

$$h = 11.5 \quad \text{cm}$$

$$L_e = 250 \quad \text{cm}$$

$$\lambda_x = 21.74$$

Tipo de columna: **larga**

Como los elementos representan columnas largas, la carga admisible en compresión pura debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{\lambda^2} = 5063 \text{ kg}$$

Al comparar con la fuerza axial actuante la columna, se evidencia que la fuerza axial admisible es mucho mayor que la aplicada.

$$N_{adm} = 5063 \text{ kg} > P_a = 1702 \text{ kg}$$

En conclusión, se verifica que el elemento columna de 5"x5" soportaría las cargas actuantes muertas y vivas que se transfieren desde el segundo nivel y el entrepiso.

#### 4.2.9 Verificación de los paneles frente a cargas sísmicas

En las viviendas de madera presentes en la zona de estudio las columnas son elementos que están apenas apoyados sobre a la cimentación, sobre bloques de piedra o concreto que los separan del suelo y evitan su deterioro (Ver la figura 76). No tienen un aporte significativo a la rigidez y a la resistencia lateral.

#### Figura 76

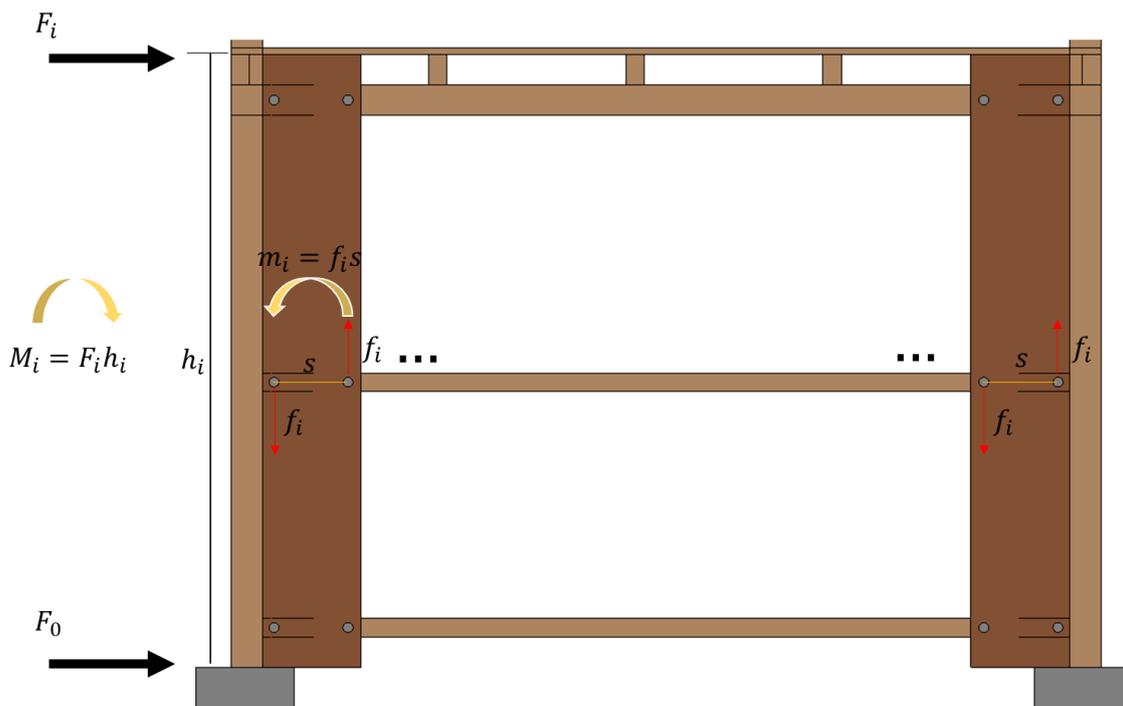
*Columna de madera apoyada en bloque de concreto.*



En esta situación, las fuerzas sísmicas serían resistidas por los paneles de muro, compuestos por soleras o amarras, vigas y tablas verticales que sirven de cerramiento a la vivienda. Estos muros presentan rigidez frente a cargas horizontales en su plano. La capacidad de dichos muros está dada por la resistencia de las uniones clavadas que presenta el entablado. Los momentos producidos por las fuerzas horizontales están siendo equilibrados por la sumatoria de muchos pequeños momentos que generan los pares de fuerzas resistentes de las uniones de las tablas. Como se observa en la siguiente figura ilustrativa:

**Figura 77**

*Resistencia frente a fuerzas horizontales de los paneles de madera.*



Nota. imagen ilustrativa (No está a escala).

Donde:

$M_i$ : Momento actuante en el panel

$F_i$ : Fuerza horizontal actuante en el panel

$h_i$ : Altura del panel

$f_i$ : Fuerza resistente unitaria de la unión clavada

$s$ : Separación entre clavijas

$m_i$ : Momento resistente unitario de la unión clavada

El momento producido por la fuerza horizontal es equilibrado por la sumatoria de los pequeños momentos generados en las uniones de los elementos de cerramiento:

$$M_R = \sum m_i$$

Donde:

$M_R$ : Momento resistente

Para identificar el momento actuante en cada muro de la edificación es necesario conocer la fuerza producida por un sismo actuante en la estructura. Si bien se conoce el cortante basal por cada metro cuadrado en planta,  $V = 23.75 \frac{kg}{m^2}$ , (estimado en el capítulo VI) también es necesario distribuir esta fuerza en altura, en los dos niveles de la edificación. Para ello, se utiliza de la siguiente expresión:

$$F_i = C_i V$$

Donde:

$F_i$ : Fuerza horizontal en el nivel  $i$

$V$ : Cortante basal

$C_{vi}$ : Coeficiente de distribución en altura, que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C_{vi} = \frac{P_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n (P_j h_j^k)}$$

$P_i$ : Peso del nivel  $i$

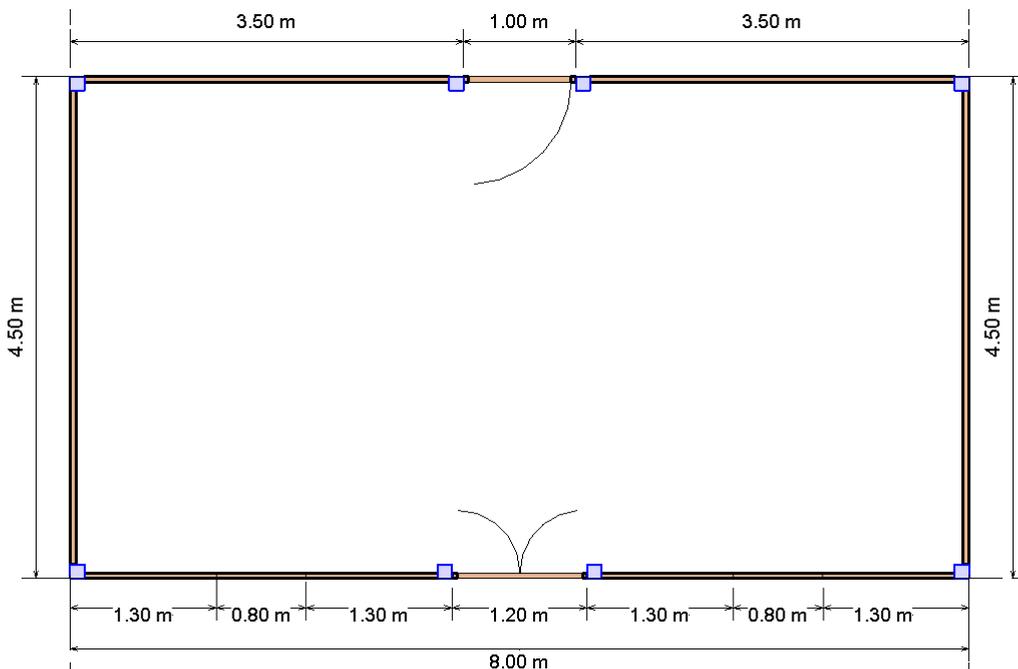
$h_i$ : Peso del nivel  $i$

$k = 1$  (para  $T \leq 0.5$  s)

Al estar trabajando con luces de 4 metros para las vigas y 4.5 metros para las viguetas, se puede considerar una vivienda con las dimensiones más desfavorables de 8 metros en dirección longitudinal (para formar paneles de 2 luces) y 4.5 metros de ancho.

**Figura 78**

*Plano en planta de una vivienda de madera típica.*



Considerando estas dimensiones del área en planta de la vivienda, el cortante en la base ( $V$ ) es igual a:

$$V = 23.75 * 8 * 4.5 = 855 \text{ kg}$$

La distribución de este cortante, según la expresión precedente sería:

**Tabla 24**

*Resultado de las fuerzas horizontales distribuidas en altura.*

Nivel de piso	$h$ (m)	$P$ (kg)	$P_i h_i^k$	$C_{vl}$	$F$ (kg)	$V$ (kg)
1	2.50	3533.91	8834.77	0.48	408.06	855.00
2	4.50	2150.32	9676.42	0.52	446.94	408.06
$\Sigma$			5684.22	18511.18		

Los valores de los cortantes sísmicos calculados en la tabla anterior son obtenidos siguiendo la norma E.030. Esta metodología incluye consideraciones que hacen que los resultados de las cargas sísmicas sean factorados. Sin embargo, los esfuerzos admisibles de los clavos que unen las tablas de cerramiento consideran situaciones de servicio. Por

ello, para equiparar los esfuerzos admisibles es necesario multiplicar la fuerza sísmica por un factor 0.8. Con esta reducción se tiene los siguientes cortantes:

**Tabla 25**

*Resultado de las fuerzas horizontales reducidas.*

Nivel de piso	$F$ (kg)	$V$ (kg)
1	326.45	684.00
2	357.55	326.45

Las tablas de cerramiento son elementos planos que tienen dimensiones de 8" de ancho y espesor de 1". Las alturas son variables y dependen de las construcciones. Asimismo, cada tabla está fijada en 3 partes: una superior, en la viga del panel que la contiene; intermedia, en elementos horizontales denominados amarras de 2"x3"; e inferior, en amarras. Las uniones se realizan mediante clavos de 2½" que fijan las tablas en 2 puntos por cada elemento en el que se fijan. Los espaciamientos entre estos clavos son generalmente de 6" (15 cm). Con estas consideraciones se puede estimar un pequeño momento de cada unión de las tablas como se planteó inicialmente.

Para conocer los momentos que se desarrollan en cada unión de las tablas es necesario conocer la fuerza admisible que presenta cada clavo. Según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (1984) el esfuerzo admisible para un clavo típico de 2½" sometido a simple cizallamiento y para madera de grupo C, como es el caso de las especies maderables usadas, es de 30 kg.

Tomando en cuenta estos datos, se obtienen los pequeños momentos resistente unitario ( $m_i$ ) que pueden desarrollar las uniones en cada tabla:

$$m_i = 30 \times 0.15 = 4.5 \text{ kg.m}$$

#### **4.2.9.1 Verificación de los paneles longitudinales**

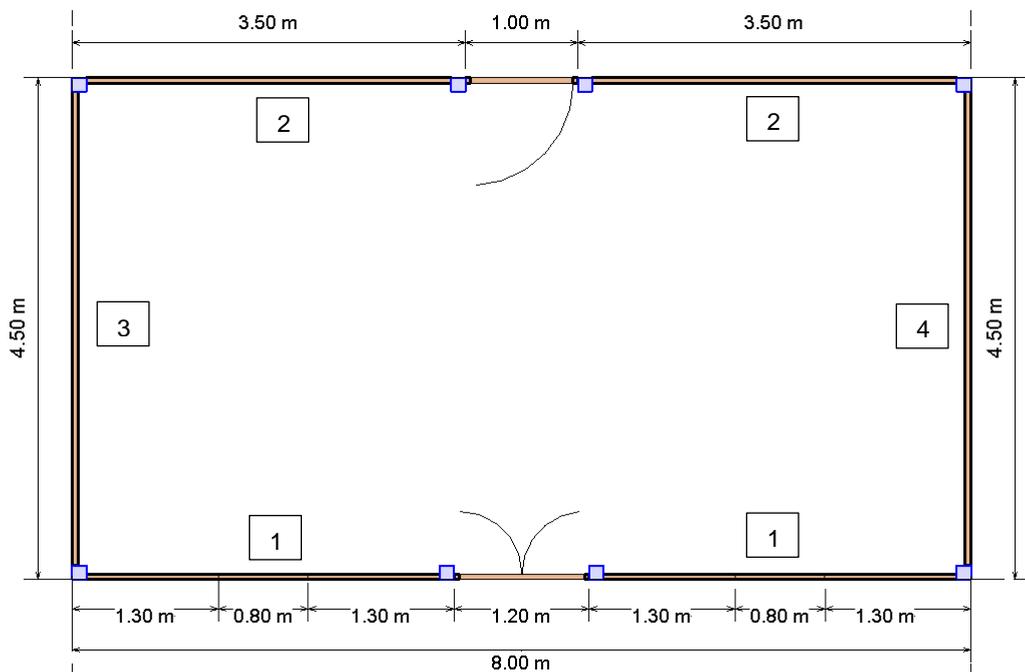
##### ***Verificación en el primer nivel***

Para calcular la sumatoria de estos pequeños momentos es necesario conocer el número de tablas que se tienen por cada panel. Esta estimación se realiza considerando

las dimensiones de la vivienda analizada, 4.5 de ancho y 8 metros de largo. Sin embargo, se debe considerar los vanos de ventanas y puertas que presenta cada panel. Las viviendas por lo general presentan dos ventanas en su parte frontal de un ancho entre 0.6 a 1.0 metros. Asimismo, se tienen puertas de dos hojas de un ancho de 1.20 metros (Ver figura 79).

**Figura 79**

*Numeración de paneles de una vivienda de madera típica.*



Realizando estos descuentos se tendría una longitud efectiva de muro de tablas

( $L_t$ ) de:

$$L_t = 8 - 1.2 - 2 * 0.8 = 5.2 \text{ m}$$

Considerando cada tabla de 8" de ancho, se estima un número de tablas ( $N_t$ ) para el panel frontal:

$$N_t = \frac{5.2}{0.20} = 26$$

Con ello se puede calcular el momento resistente del panel frontal ( $M_{R1}^1$ ) en el primer piso como:

$$M_{R1}^1 = \sum m_i = 26 * 4.5 * 3 = 351 \text{ kg.m}$$

Distinto es el caso del panel posterior de la fachada de la vivienda, en el cual los únicos vanos presentes comúnmente son puerta de una sola hoja de entre 0.90 a 1.0 metros de longitud. Con ello, se tiene una longitud entablada ( $L_t$ ) de 7 metros y por ende 35 elementos:

$$L_t = 8 - 1 = 7 \text{ m}$$

$$N_t = \frac{7}{0.20} = 35$$

El momento resistente del panel posterior ( $M_{R2}^1$ ) de la vivienda sería estimado como:

$$M_{R2}^1 = \sum m_i = 35 * 4.5 * 3 = 742.5 \text{ kg.m}$$

Ignorando los efectos de torsión, la suma total de momentos resistentes dados por los paneles longitudinales ( $M_{RL}^1$ ) que soportarían la acción de sismo en esa dirección es:

$$M_{RL}^1 = 823.5 \text{ kg.m}$$

Por otra parte, el momento actuante ( $M_1$ ) producido por el sismo es igual a:

$$M_1 = V_1 h_1 = 684 * 2.5 = 1710 \text{ kg.m}$$

Comparando los momentos actuantes para el primer piso con el momento resistente se tiene:

$$M_{RL}^1 = 823.5 \text{ kg.m} < M_1 = 1710 \text{ kg.m}$$

Finalmente, se verifica que los muros longitudinales no serían adecuados para resistir el momento actuante producido por el sismo en dirección longitudinal.

### **Verificación en el segundo nivel**

En el segundo nivel los vanos de los paneles frontales son similares a los del primer nivel. Presentan ventanas y espacios para balcones ubicados en el medio, suelen ser de entre 1.5 a 2.0 metros (Ver la figura 80). Con estas consideraciones, se tiene una longitud entablada efectiva de 4.4 m, un estimado de 22 tablas y se evalúa el momento resistente ( $M_{R1}^2$ ) de dicho panel como:

$$M_{R1}^2 = \sum m_i = 22 * 4.5 * 3 = 297.0 \text{ kg.m}$$

### Figura 80

Vista frontal de una vivienda de madera típica.



El panel posterior a la fachada presenta típicamente menos aberturas. Suponiendo una longitud entablada de 7 metros y por ende 35 elementos, el momento resistente del panel posterior en el segundo piso de la vivienda ( $M_{R1}^2$ ) sería estimado como:

$$M_{R1}^2 = \sum m_i = 35 * 4.5 * 3 = 472.5 \text{ kg.m}$$

La sumatoria total de momentos resistentes dados por los 2 paneles longitudinales del segundo nivel ( $M_{RL}^2$ ), que soportan la acción de sismo en esta dirección es:

$$M_{RL}^2 = 769.5 \text{ kg.m}$$

Por otra parte, el momento actuante producido por el sismo en el segundo nivel ( $M_2$ ) es igual a:

$$M_2 = V_2 h_2 = 326.45 * 2 = 652.90 \text{ kg.m}$$

Comparando los momentos actuantes para el segundo nivel con el momento resistente se tendría:

$$M_{RL}^2 = 769.5 \text{ kg.m} > M_2 = 652.90 \text{ kg.m}$$

Sin embargo, como se aprecia en la anterior fotografía, los paneles del segundo nivel no están necesariamente en el mismo plano que los del primer nivel. La cuantificación

hecha en los párrafos precedentes solo podría ser correcta si los elementos del entrespacio tuvieran una rigidez que realmente no tienen.

#### 4.2.9.2 Verificación de los paneles transversales

##### *Verificación en el primer nivel*

Los paneles transversales de las viviendas no presentan ninguna abertura, suelen estar completamente recubiertos de tablas (Ver la figura 81).

#### Figura 81

*Vista perfil de una vivienda de madera típica.*



Estos muros tienen una menor longitud entablada, siendo esta 4.5 metros, para el presente análisis. Estimando el número de tablas ( $N_t$ ) por cada muro se puede calcular como:

$$N_t = \frac{4.5}{0.20} = 23$$

El momento resistente en los paneles transversales en el primer nivel ( $M_{RT}^1$ ) de la vivienda sería estimado como:

$$M_{RT3}^1 = M_{RT4}^1 = \sum m_i = 23 * 4.5 * 3 = 310.5 \text{ kg.m}$$

El momento resistente está dado por los 2 paneles transversales ( $M_{RT1}$ ) que soportarían la acción de sismo en esta dirección.

$$M_{RT}^1 = 621.0 \text{ kg.m}$$

Por otra parte, el momento actuante producido por el sismo en la dirección transversal ( $M_1$ ) es igual a:

$$M_1 = V_1 h_1 = 1710.0 \text{ kg.m}$$

Comparando los momentos actuantes para el primer piso con el momento resistente se tiene:

$$M_{RT}^1 = 621.0 \text{ kg.m} < M_1 = 1710.0 \text{ kg.m}$$

Esta verificación evidencia que, si la fuerza sísmica actúa en la dirección transversal a las viviendas de madera, los muros laterales no serían suficientes para soportar las cargas actuantes.

### **Verificación en el segundo nivel**

Los paneles transversales de las viviendas en el segundo nivel suelen tener un voladizo en la fachada de alrededor de entre 0.8 a 1 metro (Ver la figura 81). Estos muros tienen una menor longitud, 5.5 metros. Estimando el número de tablas ( $N_t$ ) por cada muro se obtiene:

$$N_t = \frac{5.5}{0.20} = 28$$

El momento resistente en los paneles transversales del segundo nivel ( $M_{RT}^2$ ) sería:

$$M_{RT3}^2 = M_{RT4}^2 = \sum m_i = 28 * 4.5 * 3 = 378.0 \text{ kg.m}$$

El momento resistente dados por los 2 paneles transversales ( $M_{RT}^2$ ) que soportarían la acción de sismo en esta dirección es:

$$M_{RT}^2 = 756.0 \text{ kg.m}$$

Por otra parte, el momento actuante producido por el sismo en la dirección transversal ( $M_2$ ) es igual a:

$$M_2 = V_2 h_2 = 326.45 * 2 = 652.90 \text{ kg.m}$$

Comparando los momentos actuantes para el segundo nivel con el momento resistente se tiene:

$$M_{RT}^2 = 756.0 \text{ kg.m} > M_2 = 652.90 \text{ kg.m}$$

Esta verificación evidencia que los muros laterales del segundo nivel podrían ser suficientes para soportar las acciones de sismo.

#### 4.2.9.3 Planteamiento de una expresión para calcular la longitud entablada necesaria en los muros

El cortante basal se puede estimar como el área construida de la vivienda multiplicado por  $23.75 \text{ kg/m}^2$ , estimado en el capítulo 3. Asimismo, este valor del cortante debe multiplicarse por 0.8 para transformar el sismo de diseño a condiciones de servicio y poder equiparar a las fuerzas resistentes por las uniones clavadas. En este sentido, el cortante basal de cualquier vivienda puede calcularse mediante la siguiente expresión.

$$V = 23.75 * 0.8 A = 19A$$

Donde:

A: Área en planta de la vivienda

Conociendo la fuerza que va a transferirse hacia la estructura, se requiere una longitud de muros suficiente para soportar dicho cortante. Si se sabe que el momento resistente ( $m_i$ ) por cada par de clavos en una tabla es de  $m_i = s \cdot 30$ .

Donde  $s$  es el espaciamiento entre clavos y está dado por  $s = b - 2''$

Se puede igualar el momento resistente por un número de tablas dado, multiplicando por 3 puntos de fijación, teniendo.

$$19 * A h = N_t \cdot 30 \cdot 3 \cdot s$$

Donde:

A: Área en planta

h: Altura del entablado

$N_t$ : Número de tablas por panel

s: Espaciamiento entre clavijas

El número de tablas  $N_t$  puede estimarse como la longitud entablada ( $L_{ent}$ ) entre el ancho de cada tabla ( $b$ ). Reescribiendo la expresión como:

$$19 A h = 90(b - 0.05) \cdot \frac{L_{ent}}{b}$$

La expresión general estaría dada por:

$$L_{ent} = 0.21 A \cdot \frac{b}{b - 0.05} \cdot h$$

Donde:

$L_{ent}$  : Longitud entablada requerida para soportar el sismo.

$A$ : área en planta de la vivienda en  $m^2$ .

$b$ : ancho de cada tabla en m.

Asimismo, si se decide forrar las 2 caras de los muros con tablas, la capacidad de los muros se vería duplicada y la longitud necesaria para entablar por los muros puede estimarse como:

$$L_{ent\ dob} = 0.11 A \cdot \frac{b}{b - 0.05} \cdot h$$

De acuerdo con esta expresión se puede calcular las longitudes entabladas en muros para las dimensiones comunes de viviendas.

### Tabla 26

*Longitudes entabladas mínimas para soportar el cortante en el primer piso para muros de entablado simple.*

Dimensiones de la vivienda		b (m)	
Ancho (m)	Largo (m)	0.175	0.2
4.5	8	26.46	25.20
3.5	7	18.01	17.15
3	6	13.23	12.60

**Tabla 27**

*Longitudes entabladas mínimas para soportar el cortante en el primer piso para muros de entablado doble.*

Dimensiones de la vivienda		b (m)	
Ancho (m)	Largo (m)	0.175	0.2
4.5	8	13.44	12.80
3.5	7	9.15	8.71
3	6	6.72	6.40

#### 4.2.10 Cimentación de las viviendas de madera

Las viviendas de madera existentes en la zona en estudio no presentan cimentaciones propiamente dichas. Las columnas se asientan sobre bloques de piedra o concreto que transmiten las cargas al terreno y evitan el contacto directo de la madera con la humedad del suelo. Frente a cargas laterales las columnas pueden desplazarse y salirse de estos bloques. Esta situación representa un peligro para sus ocupantes debido al posible desplazamiento, volcadura y daño estructural de las viviendas frente a cargas laterales.

Asimismo, no existe una conexión entre los muros laterales y el terreno de cimentación. Los suelos de cimentación son blandos, en su mayoría, y representan una situación de riesgo para la transmisión de las ondas sísmicas. Esta situación representa una deficiencia que debe mejorarse en el diseño de este tipo de edificaciones, como se verá en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO V. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA ESTRUCTURACIÓN Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

### 5.1 Mejora de la unión de los muros a la cimentación

Un aspecto por mejorar dentro de la construcción de las viviendas de madera en la zona de estudio es la conexión que estas tienen con el suelo. Las estructuras de la zona no tienen una cimentación adecuada para transmitir las cargas sin riesgo de colapso. Las columnas se sobreponen en bloques de roca o concreto para evitar el contacto con el suelo y que estos elementos se deterioren por la humedad.

#### Figura 82

*Columnas asentadas sobre bloques de concreto*



Esta forma de integrar la vivienda al suelo podría ocasionar problemas ante la acción de sismos, ya que solo pueden desarrollarse fuerzas cortantes por fricción. Es evidente que las estructuras podrían desplazarse debido a la acción de sismo y hasta salirse de sus apoyos.

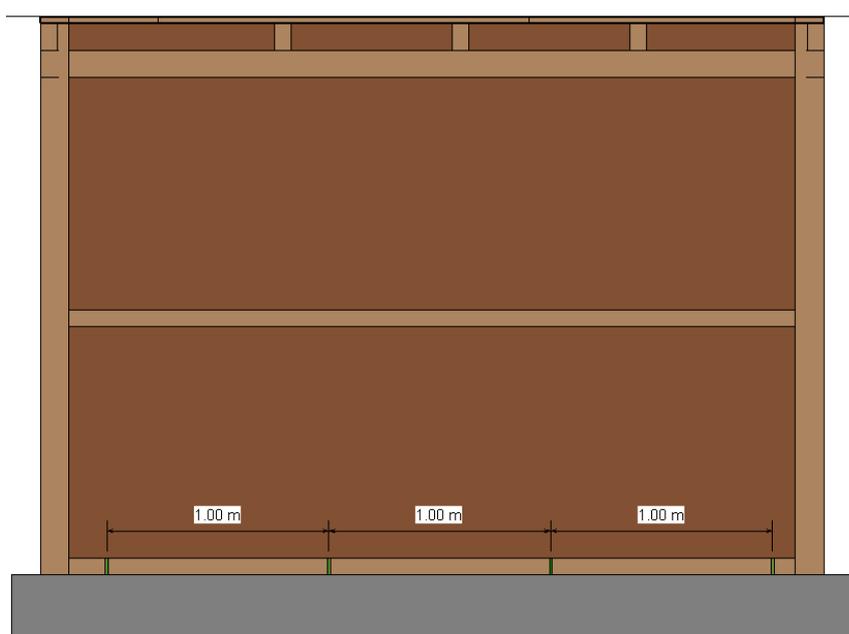
Por ello, se propone fijar las viviendas al suelo mediante pernos o por lo menos varillas de acero que se coloquen a modo de conectores en perforaciones de las soleras inferiores o amarras que sostienen las tablas. Estos conectores, de bajo costo, serían los responsables de resistir el cortante basal producto del sismo. En una estimación preliminar, los espaciamientos de los conectores de  $\frac{3}{8}$ " o  $\frac{1}{2}$ " pueden ser del orden de un metro.

Para que estos conectores funcionen de manera adecuada es necesario que se coloquen en perforaciones que les permitan ingresar de manera ajustada, sin mucha holgura.

Asimismo, existen viviendas que no presentan pisos de concreto y están asentadas sobre el propio suelo de la zona. En estos casos es necesario construir cimientos alrededor de los muros laterales, de esta manera se evitará el contacto de los elementos de madera con el suelo. Esta modificación mejorará la conservación de la madera y asimismo permitirá integrar la vivienda con el suelo mediante los conectores de acero, que serán insertados en las perforaciones y embebidos en los cimientos.

### Figura 83

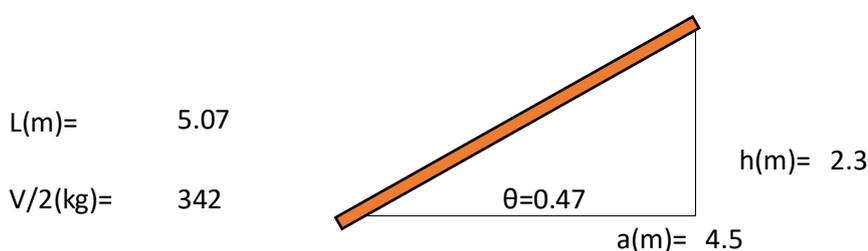
*Conectores de varillas corrugadas para fijar los muros a las cimentaciones.*





Los elementos riostras están diseñados por compresión y serán capaces de tomar las acciones sísmicas. Estas riostras son planteadas en forma de "X" en dirección transversal de las viviendas (Ver la figura 84). Es importante que las riostras estén constituidas por un solo elemento de piso a techo, sin traslapes.

Considerando las viviendas típicas en la zona de estudio, a continuación, se diseñan las riostras del primer nivel considerando que cubren un ancho de 4.5 metros y una altura de 2.30 metros. Estas dimensiones se toman considerando no interferir con los elementos estructurales que presentan de manera tradicional las viviendas. Con esta consideración se diseñan las riostras de la siguiente manera:



La fuerza actuante se considera igual a un cuarto del cortante del primer nivel ( $\frac{V_1}{2}$ ) debido a que se divide entre los 2 muros transversales. Considerando esto la carga aplicada es:

$$P_a = 304.53 \text{ kg}$$

La escuadría propuesta es de 3"x3" y presenta las siguientes propiedades:

$$b = 6.5 \text{ cm}$$

$$h = 6.5 \text{ cm}$$

$$A = 42.25 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 148.76 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 148.76 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = 45.77 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 45.77 \text{ cm}^3$$

Reemplazamos los valores para una sección de madera del grupo C (Sinlín) se obtiene:

$$C_k = 18.42$$

Con este valor se puede calcular la esbeltez ( $\lambda$ ) de estos elementos e identificarlos como elementos tipo columna larga:

$$l = 253 \text{ cm}$$

$$k = 1$$

$$L_e = 252.69 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = 38.87$$

$$\lambda_y = 38.87$$

$$\lambda = 38.87$$

Tipo de columna: **larga**

La carga admisible se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{adm} = 0.329 \frac{EA}{(\lambda)^2}$$

$$N_{adm} = 505.88 \text{ kg}$$

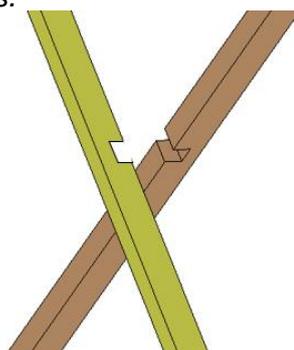
Comparando con la fuerza actuante en el elemento, se evidencia que la fuerza axial admisible es mayor que la fuerza actuante.

$$N_{adm} = 505.88 \text{ kg} > P_a = 304.53 \text{ kg}$$

Con esto se concluye que las riostras de 3"x3" serían adecuadas para resistir las acciones sísmicas en dirección transversal de las viviendas de madera. Asimismo, debe resaltarse la unión entre las dos riostras diagonales deben realizarse mediante destajes en ambos elementos, que permitan unirlos y arriostrarse a la mitad de su longitud.

### Figura 85

*Unión de las riostras transversales.*



### 5.2.2 Doble entablado de cerramiento

Otra alternativa para mejorar la rigidez y resistencia de los muros laterales es aumentar el número de tablas de cerramiento. Realizando este aumento se tendría un mayor número de pares de clavos uniendo las tablas y las amarras horizontales, con lo cual se desarrollaría un mayor momento resistente frente las cargas sísmicas.

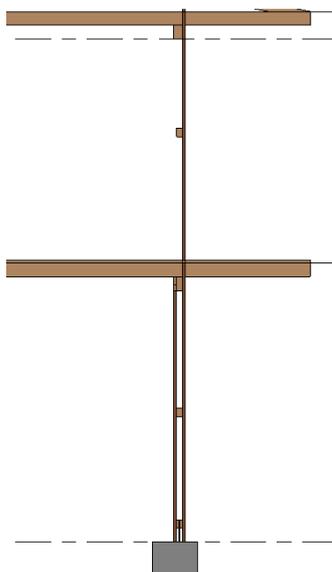
Para la dirección longitudinal de las viviendas de madera, como se vio en el capítulo anterior, se tiene un momento actuante de  $M_1 = 1710.0 \text{ kg.m}$ . Mientras que el momento resistente producto de las tablas de cerramiento es  $M_{RL}^1 = 823.5 \text{ kg.m}$ . Al forrar de tablas por el interior de la vivienda se tendría un momento resistente ( $M_{RL}^{1'}$ ) del orden del doble del valor actual. De esta manera, la comparación de momentos sería la siguiente:

$$M_{RL}^{1'} = \sum m_i = 1647.0 \text{ kg.m} < M_1 = 1710.0 \text{ kg.m}$$

Al convertir los muros de cerramiento del primer nivel a tener doble entablado se mejoraría el comportamiento para soportar las acciones sísmicas. Sin embargo, esto podría ser no suficiente y se requerirían riostras que rigidicen los muros. El diseño de estas riostras tendría que estudiarse para cada caso puntual, ya que las viviendas presentan distintas dimensiones de vanos (puertas y ventanas).

#### Figura 86

*Doble entablado de cerramiento en los muros longitudinales del primer nivel.*



## 5.3 Mejora del entrepiso

### 5.3.1 Secciones de las viguetas de entrepiso

Los entrepisos de las viviendas de madera están integrados por viguetas y tablas. Estos elementos se unen mediante conexiones clavadas. Tal como evidencia la verificación realizada en el capítulo anterior, los elementos tablas son capaces de soportar acciones de carga viva de  $200 \text{ kg/m}^2$  como establece la norma E.020. Sin embargo, las viguetas de 3"x5" no pueden llegar a soportar cargas vivas de esas magnitudes. Por ello, se propone mejorar estos elementos para optimizar el comportamiento de la estructura.

Uno de los aspectos que pueden modificarse es el espaciamiento, debido a que el espaciamiento de 1 metro entre viguetas es excesivo, cuando se lo compara con la práctica común en otras regiones donde la madera es el material predominante en las viviendas unifamiliares. Reducir el espaciamiento a distancias de 0.60 m, como en viviendas de Norteamérica. Sin embargo, reducir el espaciamiento incrementa en número de viguetas que se deberían colocar en el entrepiso. El volumen de madera sería mayor y por ende el costo de estas edificaciones se vería afectado.

Una alternativa más eficiente, más aun teniendo en cuenta que el entablado es adecuado para las luces de 1 m, es incrementar las secciones de los elementos vigueta. Por lo cual, se realiza el diseño del elemento para conocer el peralte que se requeriría para soportar una carga viva de  $200 \text{ kg/m}^2$ , establecida por la norma E.020.

La sección por analizar es de 3"x10", la cual presenta las siguientes propiedades:

Base	3"	6.5 cm
Altura	10"	24.0 cm
I=	7488	cm <sup>4</sup>

Metrado de cargas:

Peso propio:	14.04	kg/m <sup>2</sup>
Peso muerto entablado:	22.5	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva:	200	kg/m <sup>2</sup>

Manteniendo el espaciamiento de 1 metro, las cargas por vigueta son:

Carga muerta repartida por vigueta:	36.54	kg/m
Carga viva repartida por vigueta:	200	kg/m
Carga total repartida por vigueta:	<b>236.54</b>	kg/m

Con estos valores se obtiene las siguientes acciones máximas:

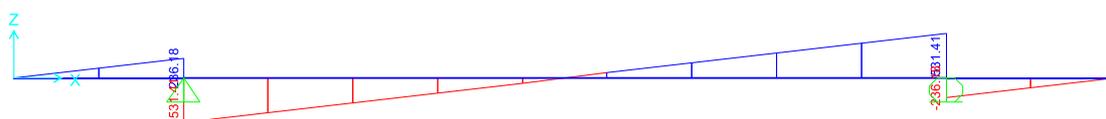
**Figura 87**

*Momentos flectores producidos en las viguetas 3"x10"*.



**Figura 88**

*Fuerza cortante producida en las viguetas 3"x10"*.



$$M_{\max} = 467.23 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 525.63 \text{ kg}$$

Las propiedades mecánicas de la madera Sinlín utilizada en el entrepiso son:

$$E = 90000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el módulo de sección se obtiene:

$$Z_{req} = \frac{467.23 * 100}{110} = 424.75 \text{ cm}^3$$

Comparando el módulo requerido versus el módulo de la sección, se observa que este último es mayor que lo que se solicita:

$$Z = 624 \text{ cm}^3 > Z_{req} = 427.75 \text{ cm}^3$$

Verificándose sería conveniente duplicar el peralte de las viguetas actuales para soportar la carga viva actuante de  $200 \text{ kg/m}^2$  para viviendas, según la Noma E.020.

Sin embargo, duplicar el peralte de las viguetas implica también duplicar el volumen por cada vigueta empleada. El costo de estos cambios sería un factor condicionante para la aplicabilidad de estas mejoras. Por ello, en lo que sigue se analizan las dimensiones que podrían ser adecuadas para soportar una carga viva de solo  $100 \text{ kg/m}^2$ , posiblemente más cercana a las condiciones de uso pero que no cumpliría lo especificado en la norma NTE E.020. En tal sentido, la carga viva concebida en la norma ( $200 \text{ kg/m}^2$ ) dista mucho de la situación real de las edificaciones de madera en la zona de estudio. Este constituye un aspecto que debe ser revisado a fin de establecer cargas vivas adecuadas, o reducirlas mediante un factor para el diseño en específico de este tipo de construcciones de madera que permitan obtener escuadrías de madera que sean adecuadas para soportar las cargas reales a las que estarán sometidas y tenga un margen de seguridad ante sobrecargas mayores. Este análisis excede los objetivos de la presente investigación.

Para soportar la carga viva de  $100 \text{ kg/m}^2$  se plantea aumentar el peralte de las secciones vigueta. Seleccionando la escuadría de 3"x7", la cual presenta las siguientes propiedades:

Base	3"	6.5 cm
Altura	7"	16.5 cm
I=	3715.29	$\text{cm}^4$
Z=	391.08	$\text{cm}^3$

Metrado de cargas:

Peso propio:	11.12	$\text{kg/m}^2$
Peso muerto entablado:	22.5	$\text{kg/m}^2$
Carga viva:	100	$\text{kg/m}^2$

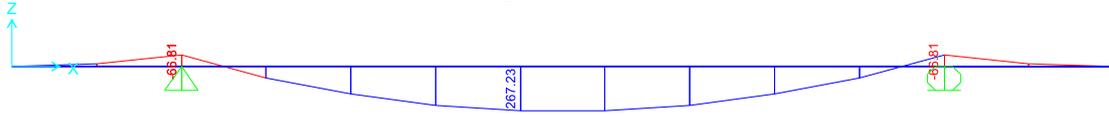
Manteniendo el espaciamiento de 1 metro, las cargas que soportan cada vigueta es:

Carga muerta repartida por vigueta:	33.62	$\text{kg/m}$
Carga viva repartida por vigueta:	100	$\text{kg/m}$
Carga total repartida por vigueta:	<b>133.62</b>	$\text{kg/m}$

Con estos valores de carga, se obtienen las siguientes momento flector y fuerza cortante máximos:

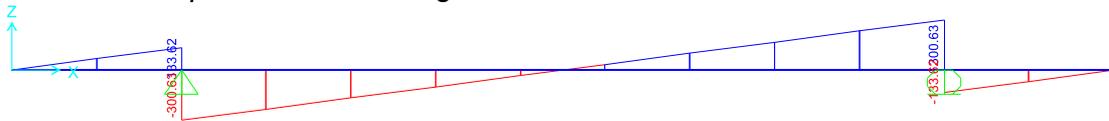
**Figura 89**

*Momentos flectores producidos en las viguetas 3"x7".*



**Figura 90**

*Fuerza cortante producida en las viguetas 3"x7".*



$$M_{\max} = 267.23 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 300.63 \text{ kg}$$

Calculando el módulo de sección se obtiene:

$$Z_{req} = \frac{267.23 * 100}{110} = 242.94 \text{ cm}^3$$

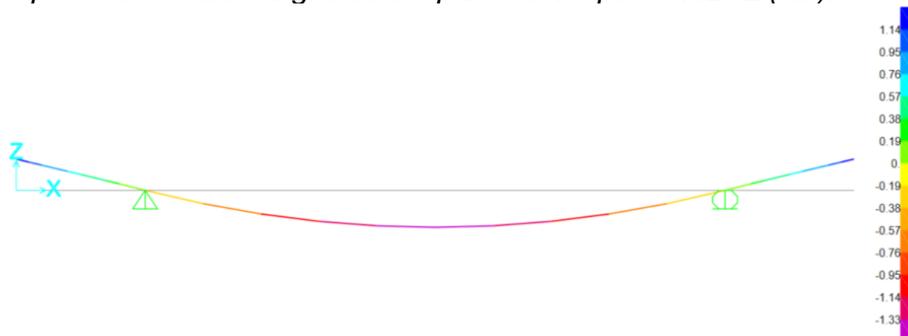
Comprobándose que el módulo de la sección planteada es mayor:

$$Z = 391.08 \text{ cm}^3 > Z_{req} = 242.94 \text{ cm}^3$$

Verificándose las dimensiones de las viguetas propuestas (3"x7"). Asimismo, se debe verificar las deflexiones que se producirían con las cargas antes mencionadas. Considerando como una viga simplemente apoyada de 4.5 m de luz y los dos voladizos de 1.0 m.

**Figura 91**

*Deflexiones producidas en las viguetas del primer nivel para 1.8D+L (cm).*



**Figura 92**

Deflexiones producidas en las viguetas de primer nivel para L (cm).



**Tabla 28**

Deflexiones en las viguetas 3"x7".

Carga Actuante	Deflexiones producidas (cm)	Deflexiones admisibles (cm)
Cargas permanentes + carga viva	1.90	1.8
Carga viva	1.18	1.3

Estas deflexiones son del orden de  $L/236$  y  $L/381$ . Deflexiones que son apenas mayores a las permitidas para el caso de las deflexiones permanentes ( $L/250$ ) y menores que las admisibles para carga viva ( $L/350$ ).

Asimismo, verificando el cortante que actúa en la sección se tiene que:

$$V_h = V - wh = 273.91 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh}$$

$$\tau = \frac{1.5 \times 273.91}{6.5 \times 19} = 3.33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 3.33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo cual, la sección es capaz de resistir adecuadamente el cortante actuante.

### 5.3.2 Secciones de las vigas del primer nivel

Las vigas que sostienen a las viguetas de entrepiso son definitivamente elementos que deben mejorarse. Las secciones actuales 3"x5" son insuficientes para soportar los esfuerzos que generan la carga muerta y viva. Por ello, se plantea un aumento en la

sección de estos elementos, considerando también que las viguetas tendrían una mayor dimensión.

Las vigas son elementos que están apoyados en las columnas y a su vez están conectadas a las tablas de cerramiento. Estas tablas verticales están clavadas a las vigas y ayudan a soportar las cargas que se transmiten. Sin embargo, dentro del proceso constructivo de las viviendas de madera los elementos de cerramiento se colocan al final. El estado más desfavorable lo constituye el de las vigas simplemente apoyadas en las columnas, antes que se claven las tablas de cerramiento. En esta etapa la carga viva que reciben estas vigas se considera menor, debido que solo la constituyen el peso de los constructores que se desplazan por el entrepiso. Por ello, se considera una carga viva de  $50 \text{ kg/m}^2$ , con la cual se va a analizar la sección adecuada para resistir estas acciones. Las secciones consideradas en este caso son de 4"x8".

Base	4"	9.0 cm
Altura	8"	19.0 cm
I=	10368.00	$\text{cm}^4$
Z=	864.0	$\text{cm}^3$

Metrado de cargas:

Peso propio:	11.12	$\text{kg/m}^2$
Peso muerto entablado:	22.5	$\text{kg/m}^2$
Carga viva:	50	$\text{kg/m}^2$

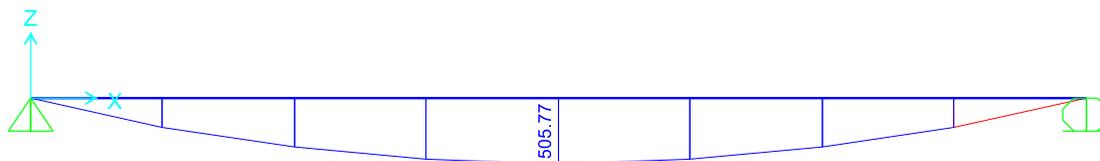
Manteniendo el espaciamiento de 1 metro, las cargas que soportan cada viga es:

Carga muerta repartida por viga:	124.89	$\text{kg/m}$
Carga viva repartida por viga:	112.50	$\text{kg/m}$
Carga total repartida por vigueta:	231.90	$\text{kg/m}$

Con estos valores de carga, se obtiene los siguientes momento flector y fuerza cortante máximos:

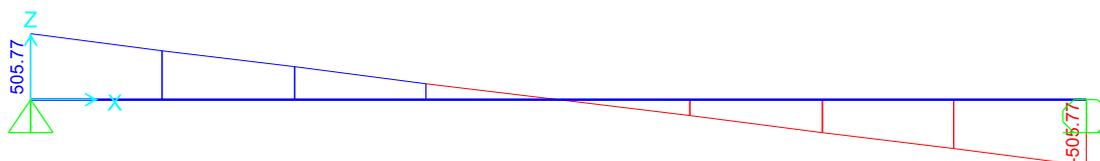
### Figura 93

Momentos flectores producidos en la viga del primer nivel 4"x8".



### Figura 94

Fuerza cortante producida en la viga de entrepiso 4"x8".



$$M_{\max} = 505.77 \text{ kg.m}$$

$$V_{\max} = 505.77 \text{ kg}$$

Las propiedades mecánicas de la madera Sinlín utilizadas son:

$$E = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 15 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el módulo de sección se obtiene:

$$Z_{req} = \frac{505.77 * 100}{100} = 505.77 \text{ cm}^3$$

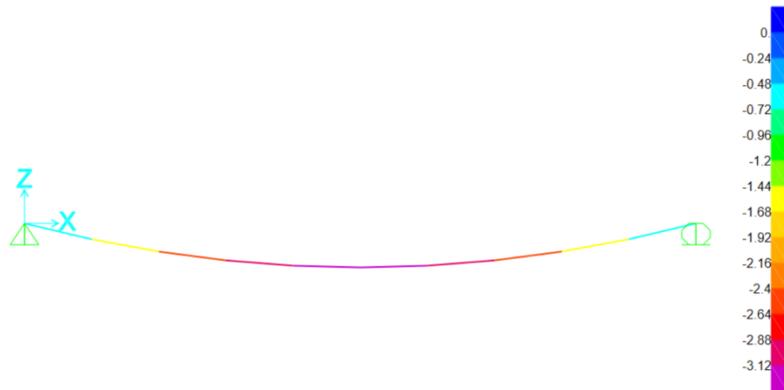
La comparación de módulos muestra que el módulo de la sección propuesta (4"x8") sería suficiente según la norma E.010.

$$Z = 541.50 \text{ cm}^3 > Z_{req} = 505.77 \text{ cm}^3$$

Asimismo, se debe verificar las deflexiones que estas sufren las vigas frente a la acción de las cargas antes mencionadas.

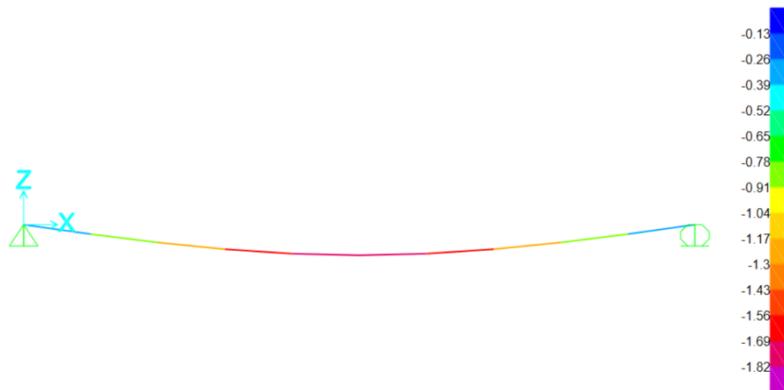
**Figura 95**

*Deflexiones producidas en la viga del primer nivel para 1.8D+L (cm).*



**Figura 96**

*Deflexiones producidas en las vigas del primer nivel para L (cm).*



**Tabla 29**

*Deflexiones en las vigas 4"x8".*

Carga Actuante	Deflexiones producidas (cm)	Deflexiones admisibles (cm)
Cargas permanentes + sobrecarga	3.12	1.60
Carga viva	1.82	1.14

Estas deflexiones son del orden de  $L/128$  y  $L/220$ . Deflexiones que son mucho mayores a las permitidas para el caso de las deflexiones permanentes ( $L/250$ ) y para la carga viva ( $L/350$ ). Sin embargo, se debe considerar que las vigas en el estado final de la construcción están apoyadas por las tablas de cerramiento. Estos elementos evitan que las vigas se deflecten. Por lo cual, se podrían emplear elementos de estas dimensiones.

Asimismo, verificando el cortante que actúa en la sección se tiene que:

$$V_h = V - wh = 459.83 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{1.5 \times V_h}{bh} = 4.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 4.03 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < f_v = 8.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Comprobándose que la sección 4"x8" es capaz de resistir los esfuerzos de corte.

## 5.4 Mejora del techo

### 5.4.1 Arriostramiento de los pseudo-tijerales

El techo de las viviendas de madera está compuesto por pseudo-tijerales espaciados y por correas donde se fijan las calaminas metálicas de cobertura. Sin embargo, esta estructura no es lo suficientemente rígida para soportar las acciones de las cargas laterales de viento o sismo. Por ello, se plantea arriostar los pseudo-tijerales para que la estructura pueda desarrollar su capacidad diseñada e impedir una falla conjunta por inestabilidad de los elementos.

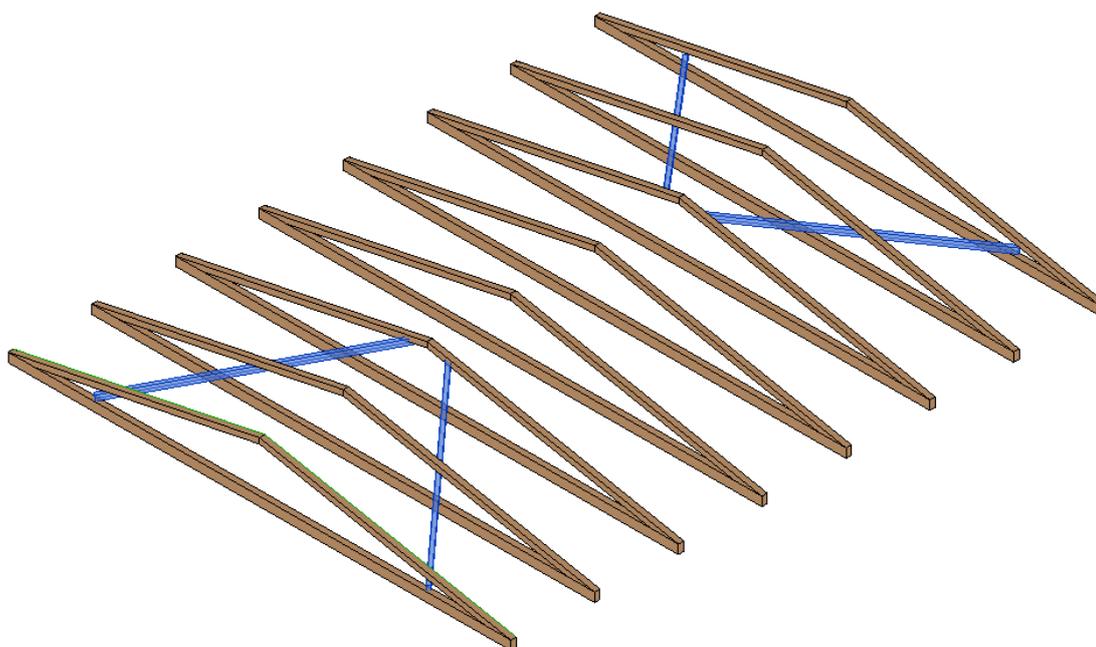
Las eventuales cargas laterales pueden ocasionar el desplazamiento de los pseudo-tijerales en la dirección longitudinal. Por ello, es necesario rigidizar la estructura del techo para soportar estas acciones. Asimismo, esto beneficiaría la capacidad del techo para así transferir las cargas laterales de forma paralela a los muros longitudinales. Si no se forma esta rigidez en el techo, se generan efectos que podrían transmitir cargas perpendiculares al plano de los muros laterales, siendo estos poco rígidos y resistentes a las cargas en esa dirección.

Los arriostres propuestos serían elementos diagonales que impidan el colapso de las armaduras en conjunto. Si bien existe la presencia de las correas en dirección longitudinal, transversal a los pseudo-tijerales, estas restringen el movimiento de un tijeral con respecto al otro, pero por si solas no restringen el movimiento del conjunto. Estos arriostres conectarían la línea de cumbrera con la cuerda inferior del tijeral de su extremo próximo (Ver la figura 97). Estos arriostres diagonales deben colocarse por lo menos en ambos extremos de las viviendas. Los elementos de madera deben de 2" de ancho mínimo,

como recomienda el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT, 1984) y una altura de 3", asemejándose a un elemento amarra para no configurar otra sección de madera que la gente no utilice en la zona.

### Figura 97

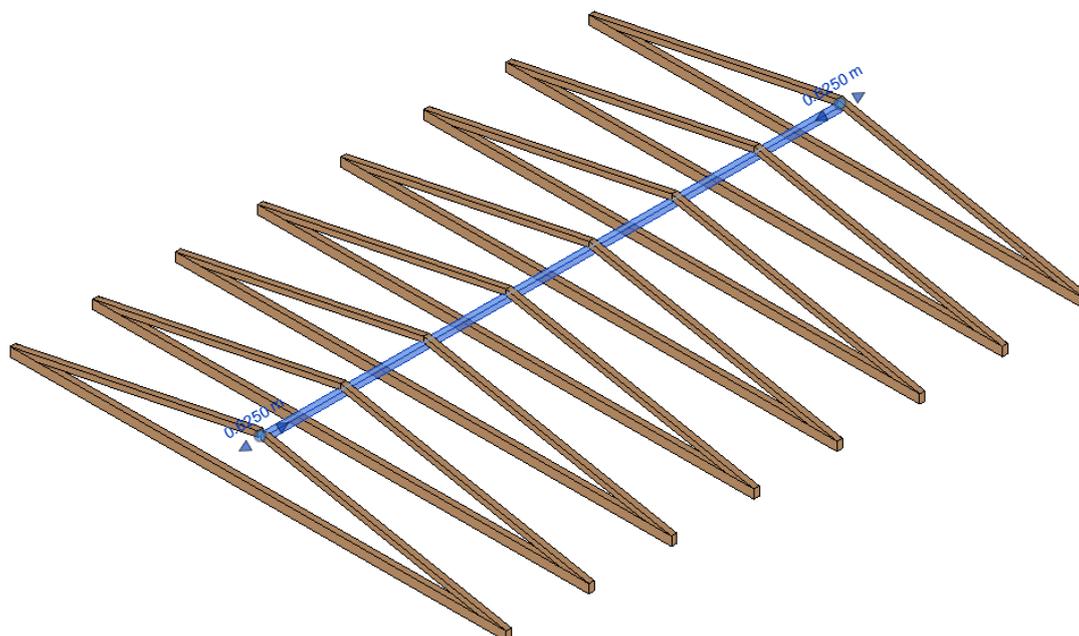
*Arriostres diagonales para los pseudo-tijerales de techo.*



En la línea de cumbrera también es necesario un elemento que permita mantener el espaciamiento entre los pseudo-tijerales. Este puede presentar una sección de 3"x3", similar al elemento vertical sobre el cual estaría soportado (Ver la figura 98). El elemento horizontal en la cumbrera permitiría que los pseudo-tijerales se mantengan alineados, evitando las deformaciones de la línea de cumbrera.

**Figura 98**

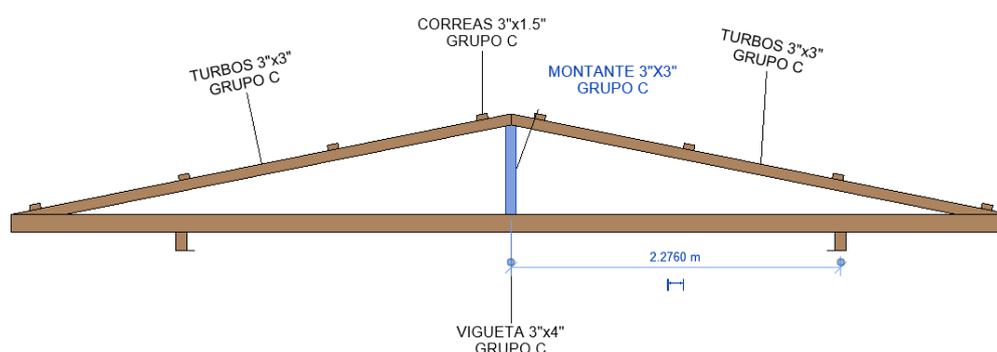
Arriostres horizontal en la línea de cumbre.



Asimismo, los pseudo-tijerales pueden comportarse mejor si se les agrega elementos dentro de su plano, uniendo la cumbre con la cuerda inferior. Este elemento de 3"x3" serviría para mantener la altura de los pseudo-tijerales y evitar que estos se deformen al soportar fuerzas en su plano.

**Figura 99**

*Elemento adicional para los pseudo-tijerales de techo.*



## 5.5 Protección de la madera

Uno de los puntos de mejora es el estado de conservación de las viviendas. La humedad genera el deterioro en los elementos de madera, que son susceptibles a sufrir ataques de hongos principalmente, como se observa en las siguientes imágenes.

### Figura 100

*Ataque de hongos en los elementos de madera.*



Ante esta situación, es recomendable usar cimientos corridos con sobrecimientos alrededor de todos los muros laterales de la vivienda. Esto ayudaría a la fijación de la vivienda mediante los conectores planteados en la sección 5.1. Asimismo, serviría para evitar el contacto directo de los elementos de madera al terreno, evitando su humedecimiento y el ataque por hongos.

Por otro parte, teniendo en cuenta las constantes lluvias en la época de invierno en esta parte del Perú, se busca evitar el humedecimiento de las tablas de cerramiento y prevenir su deterioro por la acción de los rayos ultravioleta. Si bien se podrían aplicar

métodos preservantes, el costo de las materias y la poca disponibilidad de estas sustancias en la zona harían poco aplicable esa propuesta. Por ello, es recomendable utilizar tintes para la madera. Estos tintes ayudarán a evitar el deterioro de la madera por su exposición a la intemperie, ya que factores ambientales como los rayos ultravioletas deterioran la lignina de la madera y la tornan de color grisáceo.

Asimismo, es adecuado recomendar que se realicen volados adecuados en las coberturas con el fin de proteger a los elementos de madera de las lluvias. También se puede mejorar la protección de las viviendas empleando canaletas que recojan el agua de lluvia alrededor de las viviendas para evacuar el agua y evitar que esta entre en contacto con la madera. En especial durante la temporada de lluvias las viviendas de madera deben contar con sistemas de evacuación del agua en condiciones adecuadas para evitar el encharcamiento del agua y la afectación de la madera.

## CONCLUSIONES

Las viviendas de madera de la zona son capaces de soportar las exigencias de peso propio y las cargas vivas producto de su ocupación, gracias a la acción conjunta de sus distintos elementos. Todos los elementos de madera cumplen una función estructural en la resistencia de cargas, incluso las tablas de cerramiento. Con pocas excepciones, las escuadrías más frecuentes en cada tipo de elemento son el resultado de un proceso de optimización, propia de la experiencia de los constructores locales, para resistir apenas las solicitaciones producto de su peso propio y carga viva.

Sin embargo, en términos generales las estructuras estudiadas no cumplen los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones. Refiriéndose a las cargas de gravedad, la mayor parte de los elementos están dimensionados para resistir solo cargas vivas de pequeña magnitud, pero no las indicadas en la norma E.020. Cabe anotar que la aplicabilidad de las cargas señaladas en esa norma resulta un tanto ajena al contexto situacional en el que se construyen este tipo de viviendas.

Las típicas estructuras de vivienda de madera en la provincia de Bongará, región Amazona, son inadecuadas para soportar las acciones sísmicas de acuerdo con la norma E.030. Muchas de las viviendas están simplemente apoyadas en cubos de concreto o piedra. Esta situación representa un peligro frente a las acciones sísmicas, que pueden provocar el deslizamiento de las columnas y paneles de muros fuera de sus apoyos.

Por otro lado, las longitudes de muros de cerramiento, cuya rigidez y resistencia depende del entablado vertical en una sola cara, son en algunos casos insuficientes para soportar las fuerzas de sismo consideradas en la norma E.030, particularmente en las viviendas de dos pisos. Asimismo, se requiere resolver la irregularidad estructural por falta de coincidencia de los muros de fachada en el segundo nivel con los del primer nivel para mejorar el comportamiento estructural.

Los techos de las viviendas tienen poca estabilidad frente a las cargas laterales, de sismo o viento. Estos están expuestos al posible colapso de todos los pseudo-tijerales en

conjunto. Asimismo, no garantizan la transferencia de las fuerzas inerciales a los muros en la dirección de las fuerzas aplicadas sin generar efectos perpendiculares a su plano.

Además, no siendo algo común a todas las edificaciones de madera en la provincia, se ha observado que en muchos casos se requieren modificaciones en el diseño que eviten un contacto permanente de la madera con la humedad y tratamientos superficiales que mejoren su durabilidad de las estructuras.

## RECOMENDACIONES

Las cargas vivas mínimas indicadas en la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones no son realistas para viviendas de madera en pueblos pequeños o en el ámbito rural, cuya situación real dista de las condiciones para las que han sido concebidas esta norma. Por ello, se recomienda corregir estas cargas con un factor de reducción o desarrollar cargas estandarizadas para el diseño de este tipo de viviendas. Sin embargo, este aspecto requiere mayor investigación (escapando de los objetivos de la presente tesis) y evaluar las modificaciones en las próximas revisiones del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para este fin sería necesario realizar inspecciones y mediciones en un mayor número viviendas de madera para establecer valores de cargas contextualizados a la realidad local.

La difusión de la información recolectada y de las propuestas sugeridas para las viviendas de la zona es importante para contribuir a la mejora de las construcciones. Por ello, se recomienda realizar talleres con los constructores de la zona para concientizarlos acerca de las modificaciones que se consideran indispensables para la seguridad de las edificaciones, como son: la unión de las estructuras a las cimentaciones, uso de doble entablado o riostras en los muros de cerramiento, cambio de las escuadrías de las vigas y viguetas del primer nivel, mejora en la configuración de los pseudo-tijerales de techo; así como discutir detalles de diseño para mejorar su durabilidad y comportamiento en condiciones de servicio.

Debido a la inexistente cimentación de las viviendas de madera se recomienda el empleo de cimientos corridos y sobrecimientos en los muros perimetrales, con conectores como pernos o varillas de acero.

Los muros laterales son insuficientes para resistir las fuerzas producidas por eventos sísmicos. Por ello, se ha propuesto mejorarlos mediante el uso de arriostres y el uso de un doble entablado (exterior e interior) que sirva para mejorar la resistencia y por ende su comportamiento.

Para garantizar la estabilidad de las estructuras frente a las cargas laterales, de sismo o viento, es también necesario agregar elementos de arriostre en las estructuras de techo. Los arriostres evitarían el posible colapso de todos los pseudo-tijerales en conjunto y permitirían la transferencia de las fuerzas inerciales o de viento a los muros en la dirección de las fuerzas aplicadas.

Si bien existen tablas que muestran las rigideces de los muros de madera en el Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino. El sistema constructivo propio de la provincia de Bongará no se vincula con ningún tipo de muro presentando, como lo son los muros: recubiertos con caña de bambú y recubrimiento de cemento-yeso, recubiertos de estera y revoques de barro, recubiertos de madera contrachapada y aglomerada entre otros. Por ello, el estudio de la rigidez de este tipo de muros con cerramiento de tablas verticales ayudaría al mejorar el entendimiento de cómo se comportan este tipo de edificaciones frente a cargas laterales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aisalla, E. (2012). Elaboración de manual de detalles constructivos en viviendas de madera. [Tesis de título profesional, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4488>
- Argüelles, R. y Arriaga, F. (2003). Estructuras de madera. Diseño y cálculo. Gráficas Palermo S.L.
- American Society for Testing and Materials. (2015). Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials (ASTM D4442).
- Bacalla, H. y Díaz, M. (2017). Características estructurales de las especies maderables Cedrelinga cateniformis e Inga sp. para armaduras en el departamento de Amazonas-2016. [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional de la UNTRM. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1209>
- Bodig, J. y Goodman, J. (1973). Prediction of Elastic Parameters for Wood. Wood Science.
- Camelo, V., Beck, J. y Hall, J. (2022). Dynamic Characteristics of Woodframe Structures. California Institute of Technology.
- Canada Mortgage and Housing Corporation. (2013). Canadian Wood-Frame House Construction (Tercera ed.). Canada Mortgage and Housing Corporation.
- Canadian Wood Council. (2003). Wood-Frame Construction - Meeting the Challenges of Earthquakes. Canadian Wood Council.
- CAPECO. (2018). Construyendo formalidad. Construcción y Vivienda Comunicadores.
- Cárdenas, J. y Contreras, Y. (2019). Análisis estructural comparativo entre el sistema de paneles sandwich y el sistema de entramados de madera usados como módulo temporal de vivienda en la costa norte del Perú. [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional de tesis y trabajos de Titulación de la UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/11219>
- Chirico, L. (2012). La construcción de vivienda en madera: ¿Una alternativa eficiente? . [Tesina, Universidad de la República Uruguay]. Repositorio Institucional FADU. <https://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2013/11/TESINA-LUCIA-CHIRICO-1.pdf>
- Confederación Peruana de la Madera. (2008). Compendio de información técnica de 32 especies forestales (Segunda ed., Vol. I). Centro de Innovación Tecnológica de la Madera-CITEmadera/Ministerio de la Producción.
- Domínguez, M. (2015). Estudio de uniones de estructuras de madera con uso de elementos clavija. [Tesis de título profesional, Universidad de Salamanca]. Repositorio Documental Credos. <http://hdl.handle.net/10366/128848>
- Dourojeanni, M. (1990). Amazonía ¿Qué hacer? Centro de Estudios Téncologicos de la Amazonía.

- Eldredge, G. (2018). Vivienda Multifamiliar de Madera en Arequipa Ventajas y Desempeño. [Tesis de título profesional, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional - Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8379>
- Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico. (2011). Manual de diseño construcción, montaje y aplicación de envolvertes para la vivienda de madera. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología.
- FORESDA. (2018). Advantages of building with wood. Interreg Europe.
- Forest Products Laboratory. (2010). Wood handbook—Wood as an engineering material. Centennial Edition.
- Hormias, E. (2011). Sistema de Plataforma con Entramado Ligero de Madera. [Tesis de título profesional, Universidad Politécnica de Cataluña]. UPCommons. <http://hdl.handle.net/2099.1/13621>
- INACAL. (2004). Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013).
- INACAL. (2004). Método para determinar la compresión axial o paralelo al grano (NTP 251.014)
- INACAL. (2004). Método para determinar la compresión perpendicular al grano (NTP 251.016).
- INACAL. (2004). Método para determinar la flexión estática (NTP 251.017).
- INACAL. (2011). Madera aserrada para uso estructural. Método de ensayo de flexión para vigas a escala natural (NTP 251.107).
- INACAL. (2014). Métodos para Determinar el Contenido de Humedad (NTP 251.010).
- Instituto Geofísico del Perú. (2014). Evaluación del Peligro Sísmico en Perú. IGP.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). Perú: Mapa de Déficit Habitacional a Nivel Distrital, 2007. INEI.
- Madera 21 de CORMA. (26 de Agosto de 2016). Madera 21. Obtenido de Los Cinco Sistemas Constructivos en Madera Más Utilizados: <https://www.madera21.cl/blog/2016/08/26/los-cinco-sistemas-constructivos-en-madera-mas-utilizados/>
- Mahjoub, N. (2007). Seismic design of a current wood frame structure and study of innovative products and damping systems in wood construction. [Tesis de maestría, Massachusetts Institute of Technology]. MIT Libraries. <http://hdl.handle.net/1721.1/39268>
- Mariana, R. y Javier, S. (2014). Módulos de elasticidad y de ruptura de tres maderas angiospermas mexicanas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). Evolución del Sector Forestal. Ministerio de Agricultura y Riego.
- Olvera, G. Diseño de prototipos de viviendas de madera de interés social en México. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo. <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/440>

- Ordoñez, P. y Lugo, Y. (2016). Estructuras de Madera Aplicadas al Sector de la Construcción en el Perú [Tesis de título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6834>
- PADT-REFORT. (1984). Manual de Diseño Para Maderas del Grupo Andino. Junta del Acuerdo de Cartagena.
- Padt-Refort/Junac. (1982). Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies de Bolivia, 24 de Colombia, 20 de Ecuador, Perú y Venezuela. Proyectos Andinos de Recursos Forestales Tropicales, Junta del Acuerdo de Cartagena.
- Páramo, K. y Villegas, L. (2021). Estudio del desempeño sísmico y mejoramiento estructural de las viviendas de emergencia techo en las localidades ciudad Bolívar y Usme de Bogotá D.C. [Tesis de título profesional, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/26264>
- Perez, V. y Alarcon, C. (1979). Sistemas Constructivos en Madera. Litografía Santa Lucía.
- Romero, C. (2016). Diseño de una vivienda de madera de dos niveles con el sistema de poste y viga [Tesis de título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7609>
- Rood, P. y Leijten, A. (2003). High-performance dowel-type joints for timber structures. Wiley Online Library, 5(2). <https://doi.org/10.1002/pse.144>
- Rouger, F. y Fewell, A. (1994). Size effects in timber: Novelty never ends.
- Sánchez, F. (2000). Estudio de las propiedades físico mecánicas de la madera huamanchilca [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sanz, D. y Gasca, M. (2021). Sistemas de Entramado de Madera: Construcción con CLT. [Proyecto Fin de Carrera/Grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/67728/>
- Scaletti, H. (1983). Influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas de cinco especies de la subregión Andina (Marupá, Catahua Amarilla, Tornillo, Manchinga, Estoraque).
- Vizcarra, S. (1998). Guía para el secado de la madera aserrada. BOLFOR. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnacg820.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacg820.pdf)

## ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Dimensiones de elementos estructurales de viviendas de un nivel .....	156
Anexo 2: Dimensiones de elementos estructurales de viviendas de dos niveles .....	157
Anexo 3: Formatos de evaluación estructural de viviendas de un nivel .....	158
Anexo 4: Formatos de evaluación estructural de viviendas de dos niveles .....	172

## ANEXO 1: DIMENSIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS DE UN NIVEL

N°	Largo x ancho (m)	Columnas	Amarras horizontales	Tablas de cerramiento	Vigas techo	Viguetas techo	Elementos pseudo-tijeral	Correas
1	7x5.3	5"x5"	2"x3"	8"x1"	3"x4"	3"x5"	3"x3"	1.5"x3"
2	4x6	5"x5"	2"x3"	7"x1"	3"x4"	3"x5"	3"x3"	1.5"x3"
3	4.5x7	4.5"x4.5"	2"x2.5"	8"x1"	3"x5"	3"x5"	3"x3"	2"x3"
4	6x7	5"x5"	2"x3"	8.5"x1"	3"x5"	3"x5"	3"x3"	1.5"x3"
5	6x4	5.5"x5.5"	2"x3"	10"x1"	3"x4"	3"x5"	3"x3"	1.5"x3"
6	4.7x8	5"x5"	2"x3"	8"x1"	3"x5"	3"x5"	3"x3"	1.5"x3"
7	4x7	5"x5"	2"x3"	8"x1"	3"x5"	3"x5"	3"x3"	2"x3"

## ANEXO 2: DIMENSIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE VIVIENDAS DE DOS NIVELES

N°	Largo x ancho (m)	Columnas	Amarras horizontales	Tablas de cerramiento	Vigas entepiso	Viguetas entepiso	Entablado entepiso	Vigas techo	Elementos pseudo-tijeral	Correas
1	9x4	5" x 5"	2" x 3"	8" x 1"	4" x 5"	3" x 5"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 3"	3" x 2"
2	8.3x7	5" x 5.5"	2" x 3"	9" x 1"	3" x 6"	3" x 5"	9" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.5"
3	8.4x4.7	6" x 6"	2" x 3"	9" x 1"	5" x 5"	3" x 5"	9" x 1"	3" x 4.5"	3" x 3"	3" x 1.5"
4	8x4.5	6" x 6"	2.5" x 3"	10" x 1"	3" x 5"	3" x 5"	9" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 2"
5	7.5x4	5" x 5"	2" x 3"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 4"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 3"	3" x 1.5"
6	7.8x4.4	5" x 5"	2" x 3"	9" x 1"	4" x 4"	3" x 4"	9" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.5"
7	7x4.5	4.5" x 5"	2" x 3"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 5"	9" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 2"
8	7x3.8	5" x 5"	2" x 3"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 5"	8" x 1.5"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.75"
9	10x5	6" x 6"	2" x 3"	8.5" x 1"	5" x 6"	3" x 5"	9" x 1.5"	3" x 5"	3" x 3"	3" x 1.5"
10	8x4.5	5.5" x 5.5"	2" x 3"	8" x 1"	4" x 4"	3" x 5"	8" x 1"	3" x 4.5"	3" x 3"	3" x 1.5"
11	8x4	5" x 5"	2" x 3"	9" x 1"	3" x 5"	3" x 5"	8" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 2"
12	6.3x5	5.5" x 5.5"	2" x 3"	8" x 1"	3" x 4.5"	3.5" x 4.5"	8" x 1"	3" x 4.5"	3" x 3"	3" x 1.5"
13	15x6	5" x 6"	2" x 2.5"	8" x 1"	4" x 4"	3" x 5"	9" x 1.5"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 2"
14	7x5	6" x 6"	2" x 3"	10" x 1"	3" x 4"	3" x 5"	9" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.5"
15	8x4.2	5" x 5"	2" x 3"	8" x 1"	3" x 5"	3" x 5"	8" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.5"
16	7x4	5" x 5"	2" x 3"	9" x 1"	3" x 4.5"	3" x 5"	8" x 1"	3" x 4"	3" x 3"	3" x 1.5"

## ANEXO 3: FORMATOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS DE UN NIVEL

### Evaluación estructural de viviendas de madera

**1.0. Datos generales**

Propietario:	Marleny Garcia		
Antigüedad:	13 años		

Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/> Uno nivel	<input type="checkbox"/> 2 niveles
---	------------------------------------

**2.0. Dimensiones de la vivienda**

**3.0. Dimensiones de elementos estructurales**

Columnas	5" x 5"
Amarra horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	-
Viguetas entrepiso	-
Entablado entrepiso	-
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	1.5" x 3"

**4.1. Estado de conservación**

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

**4.2. Tipo de ataque biológico**

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Nelly Segura
Antigüedad:	10 años

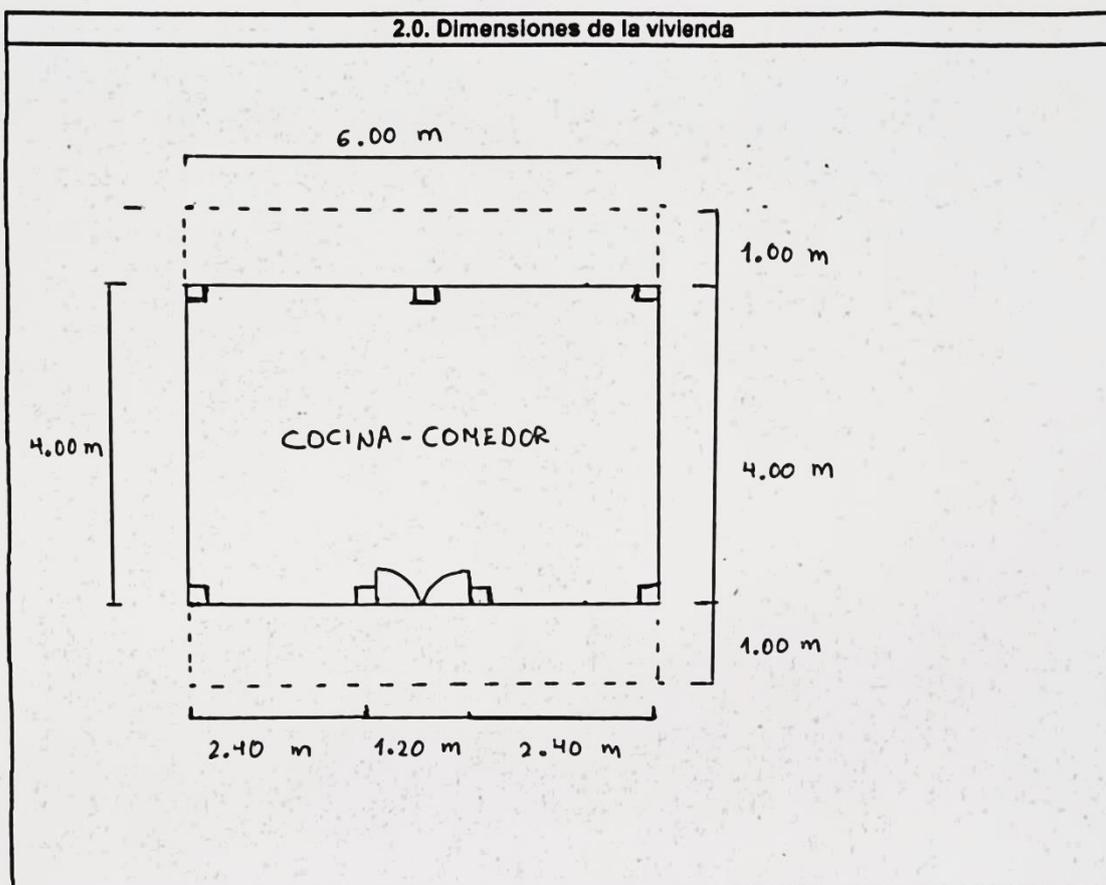
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/>	Uno nivel	<input type="checkbox"/>	2 niveles
-------------------------------------	-----------	--------------------------	-----------

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarra horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	7" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	1.5" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Lola Sanchez
Antigüedad:	25 años

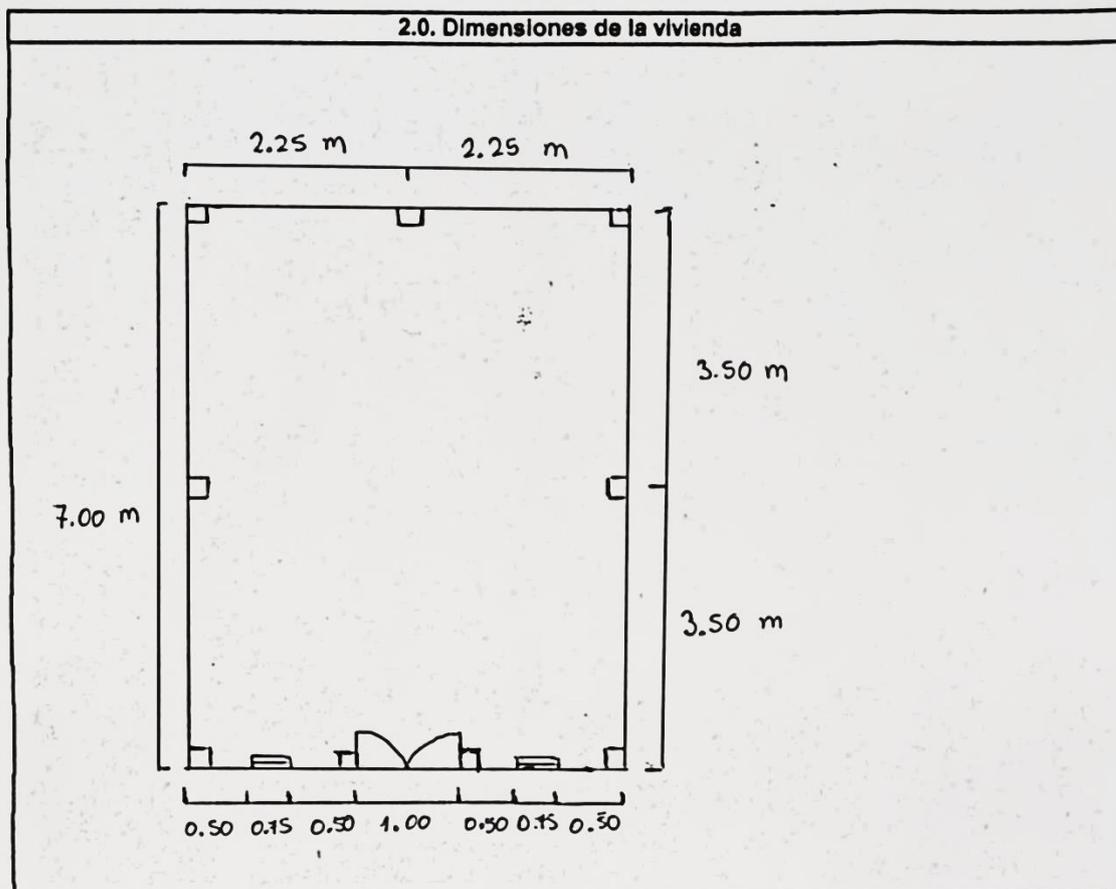
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/> Uno nivel	<input type="checkbox"/> 2 niveles
---	------------------------------------

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	4.5" x 4.5"
Amarras horizontales	2" x 2.5"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	2" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input checked="" type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

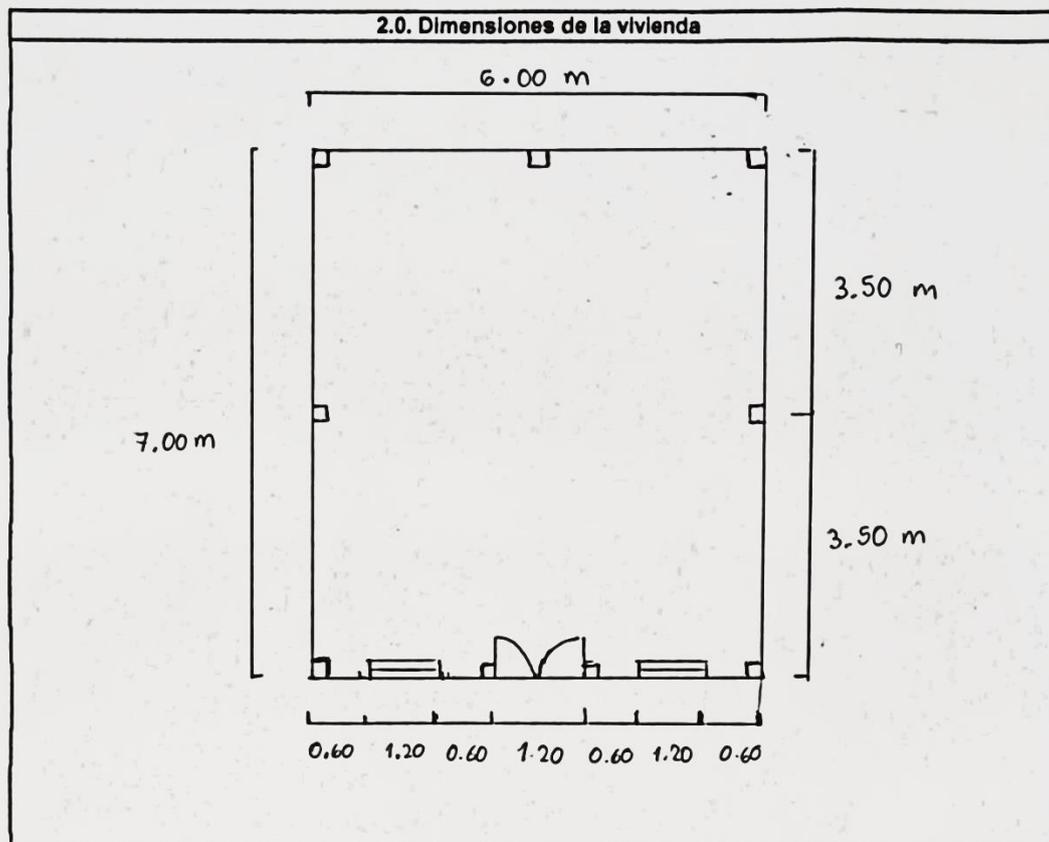
Propietario:	Ronald Polo
Antigüedad:	12 años

#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/>	Uno nivel	<input type="checkbox"/>	2 niveles
-------------------------------------	-----------	--------------------------	-----------



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8.5" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	1.5" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Bernandina Suárez
Antigüedad:	25 años

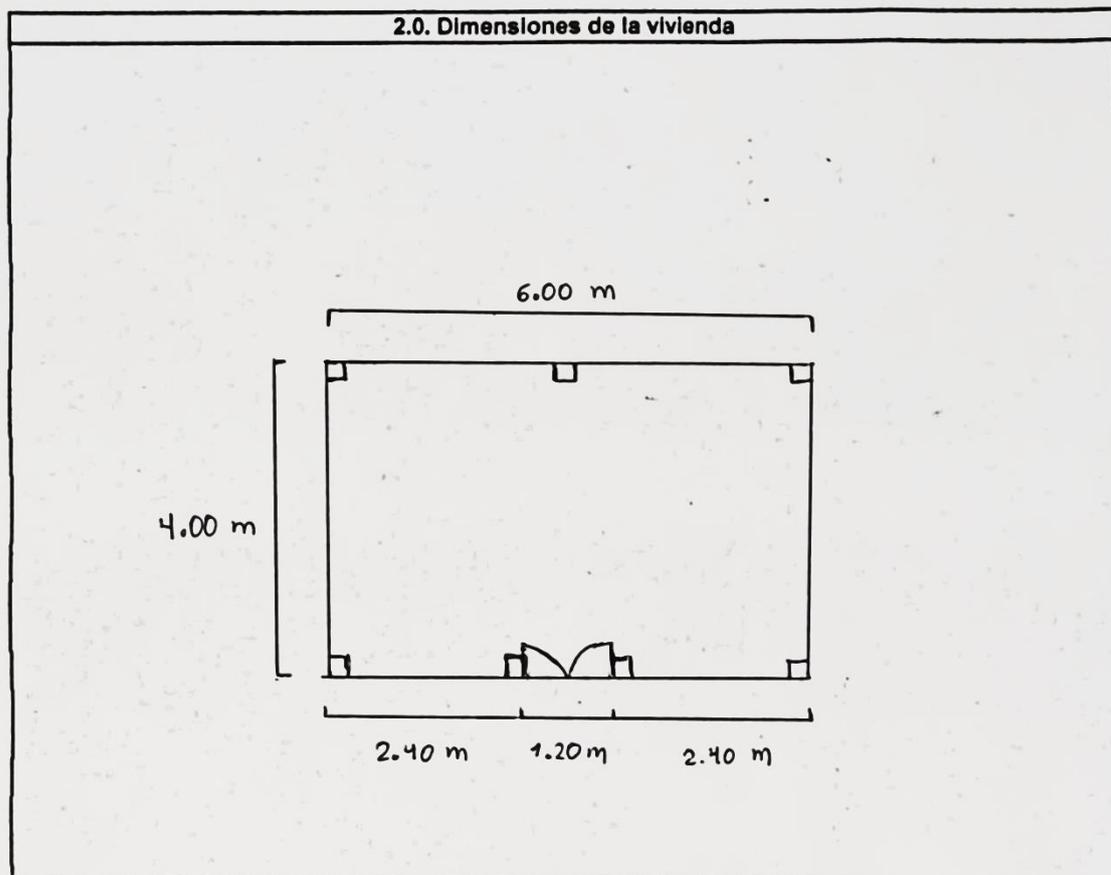
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/>	Uno nivel	<input type="checkbox"/>	2 niveles
-------------------------------------	-----------	--------------------------	-----------

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5.5" x 5.5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	10" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	1.5" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input checked="" type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Bernardina Suarez
Antigüedad:	25 años

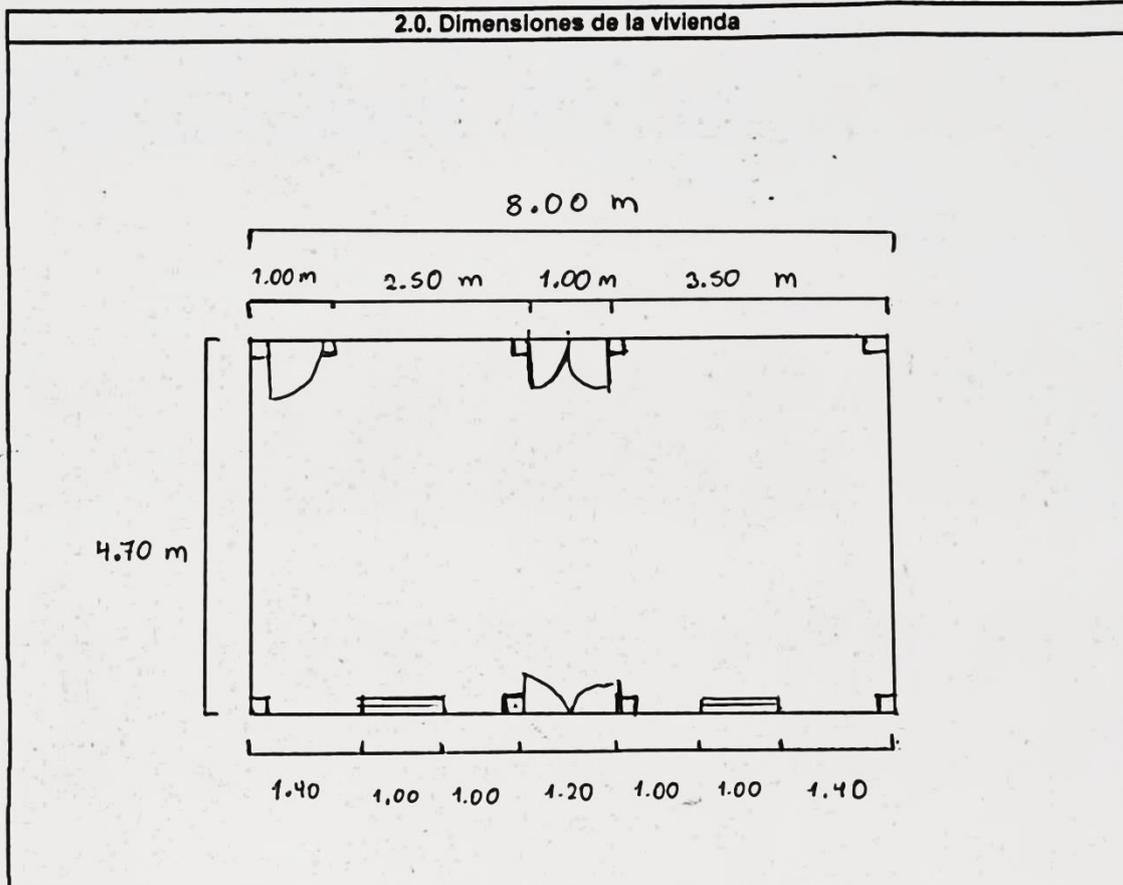
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/> Uno nivel	<input type="checkbox"/> 2 niveles
---	------------------------------------

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	1.5" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Jorge Delgado
Antigüedad:	8 años

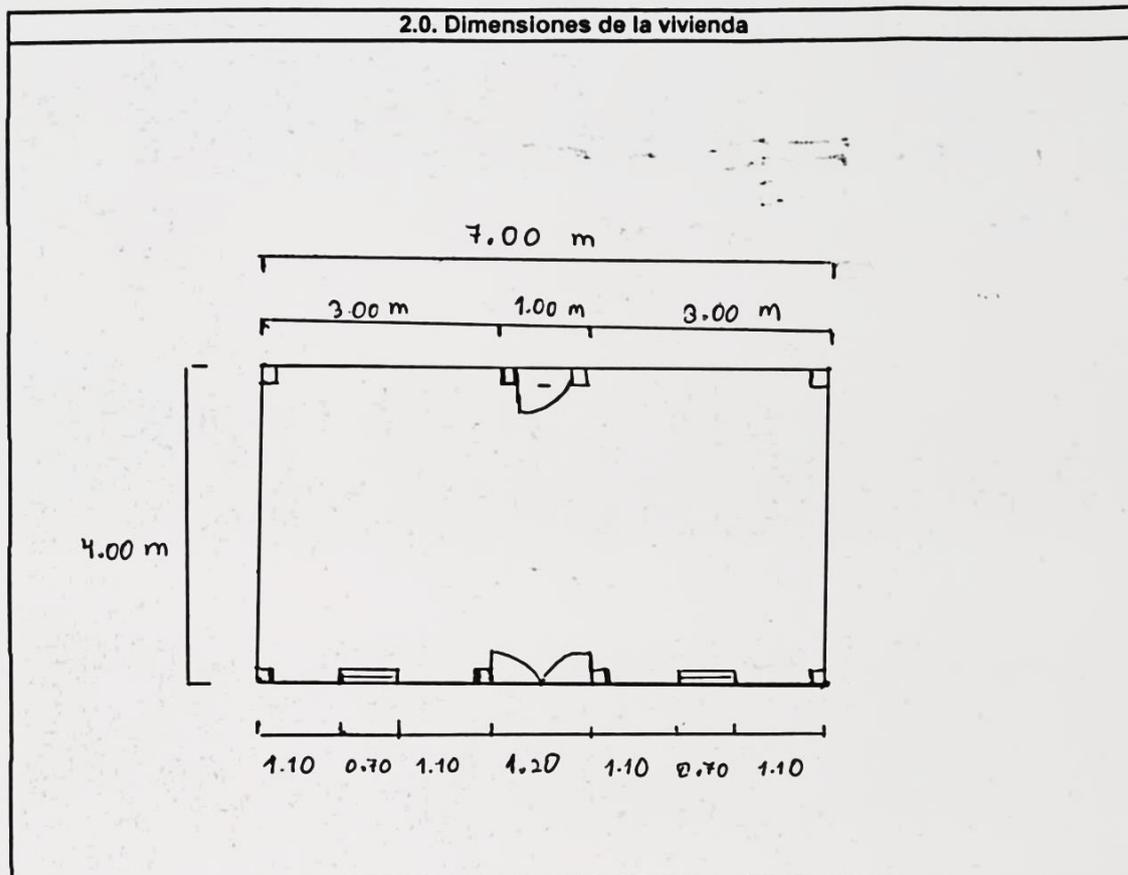
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input checked="" type="checkbox"/> Uno nivel	<input type="checkbox"/> 2 niveles
---	------------------------------------

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	—
Viguetas entrepiso	—
Entablado entrepiso	—
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	2" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## ANEXO 4: FORMATOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS DE DOS NIVELES

**Evaluación estructural de viviendas de madera**

**1.0. Datos generales**

Propietario:	Merardo Becerra		
Antigüedad:	27 años		

Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

N° de niveles:

<u>Un nivel</u>	<input checked="" type="checkbox"/> <u>Dos niveles</u>
-----------------	--

**2.0. Dimensiones de la vivienda**

9.00 m

4.00 m

1.20 2.00 1.20 0.8 1.20 1.40 1.20

**3.0. Dimensiones de elementos estructurales**

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	4" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijera	3" x 2"
Correas	3" x 2"

**4.1. Estado de conservación**

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

**4.2. Tipo de ataque biológico**

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Indolecio Tamillo
Antigüedad:	10 años

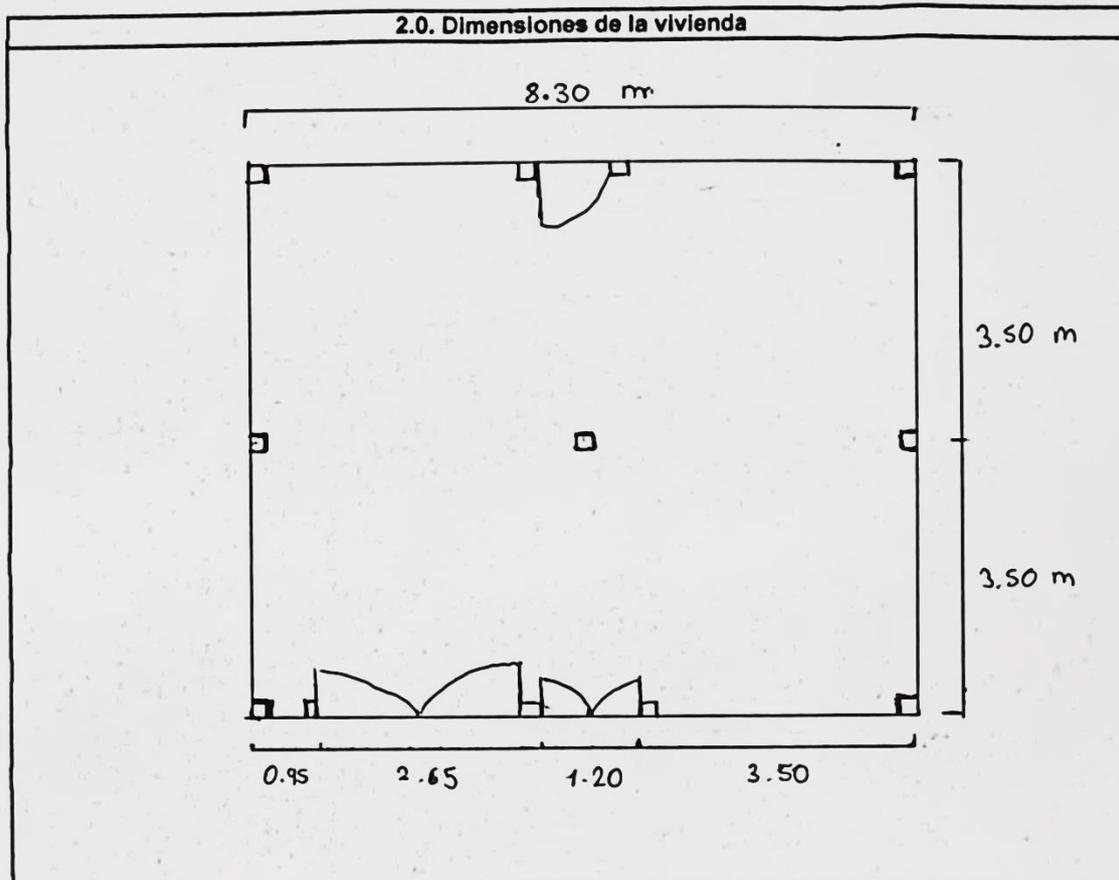
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5.5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	9" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 6"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	2" x 3"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Esther Leon
Antigüedad:	21 años

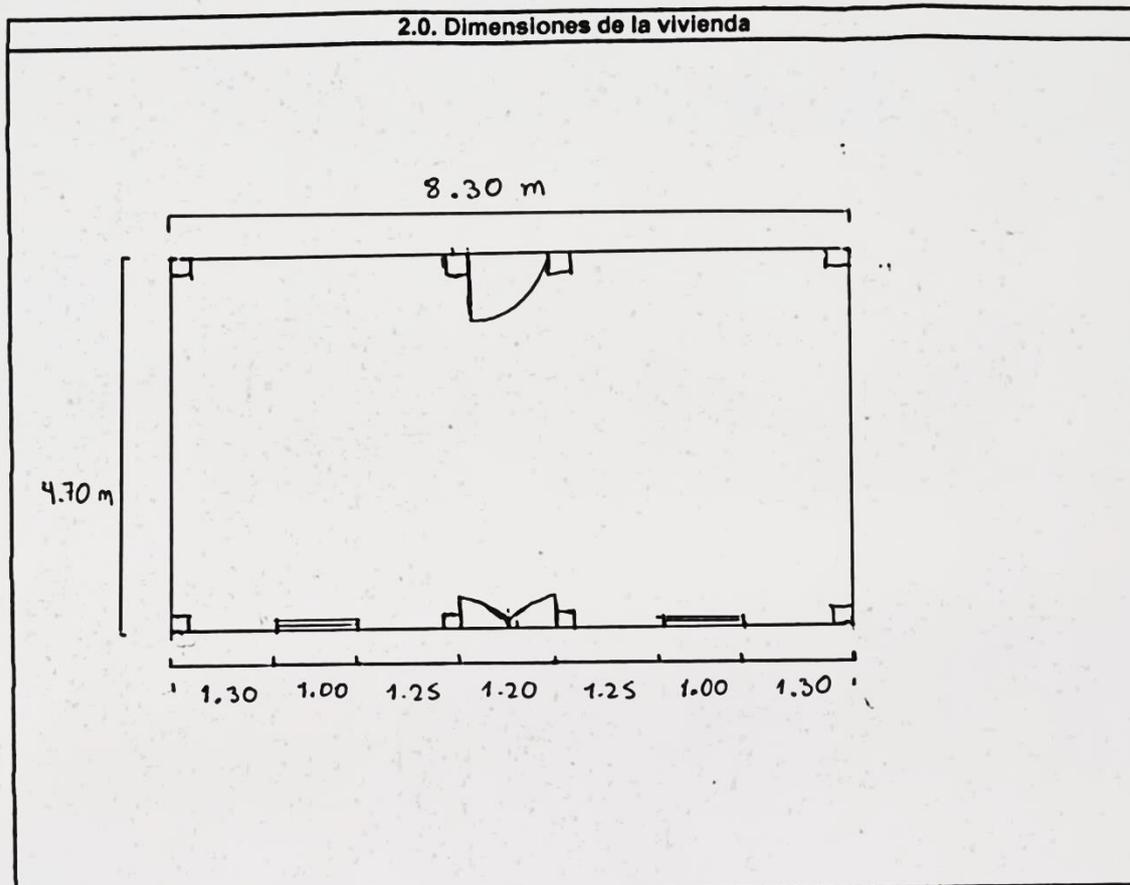
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	6" x 6"
Amarra horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	9" x 1"
Vigas entrepiso	5" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4,5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1,5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Mercedes Vasquez
Antigüedad:	18 años

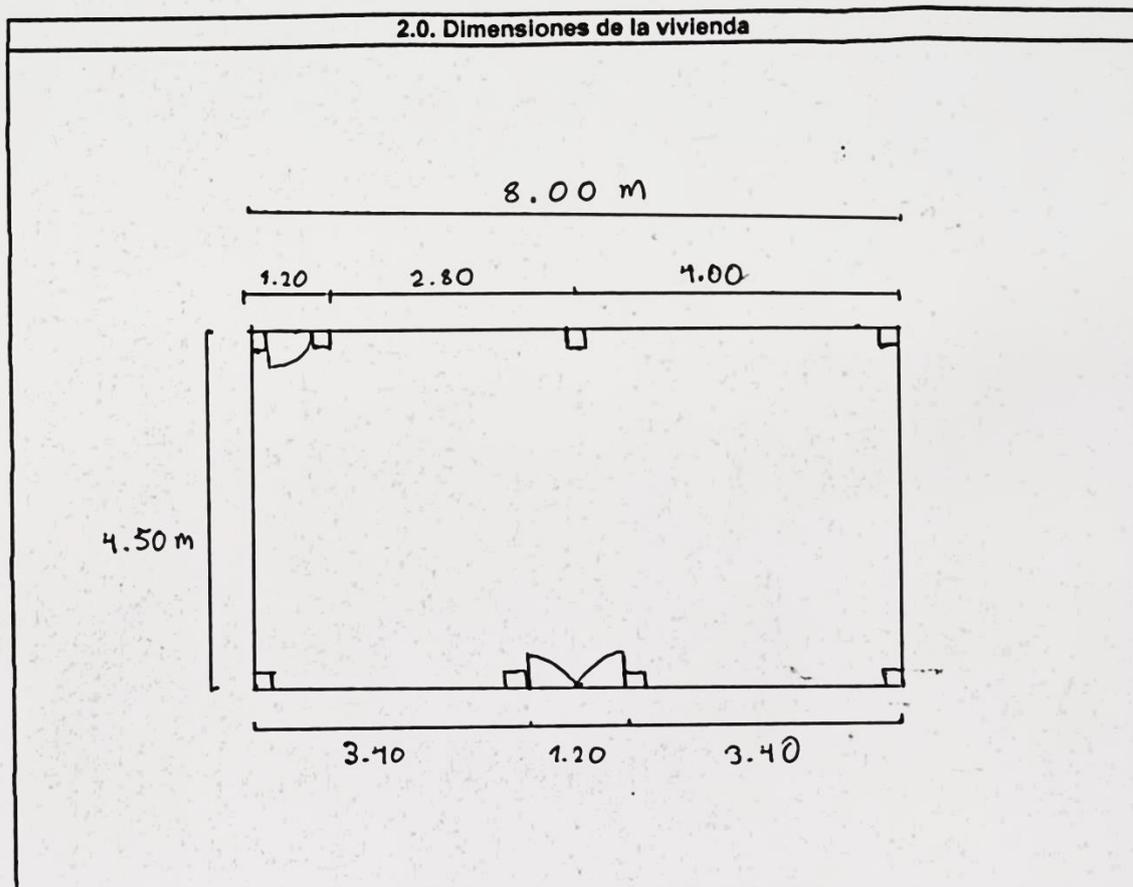
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	6" x 6"
Amarra horizontales	2.5" x 3"
Tablas de cerramiento	10" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 2"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input checked="" type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda

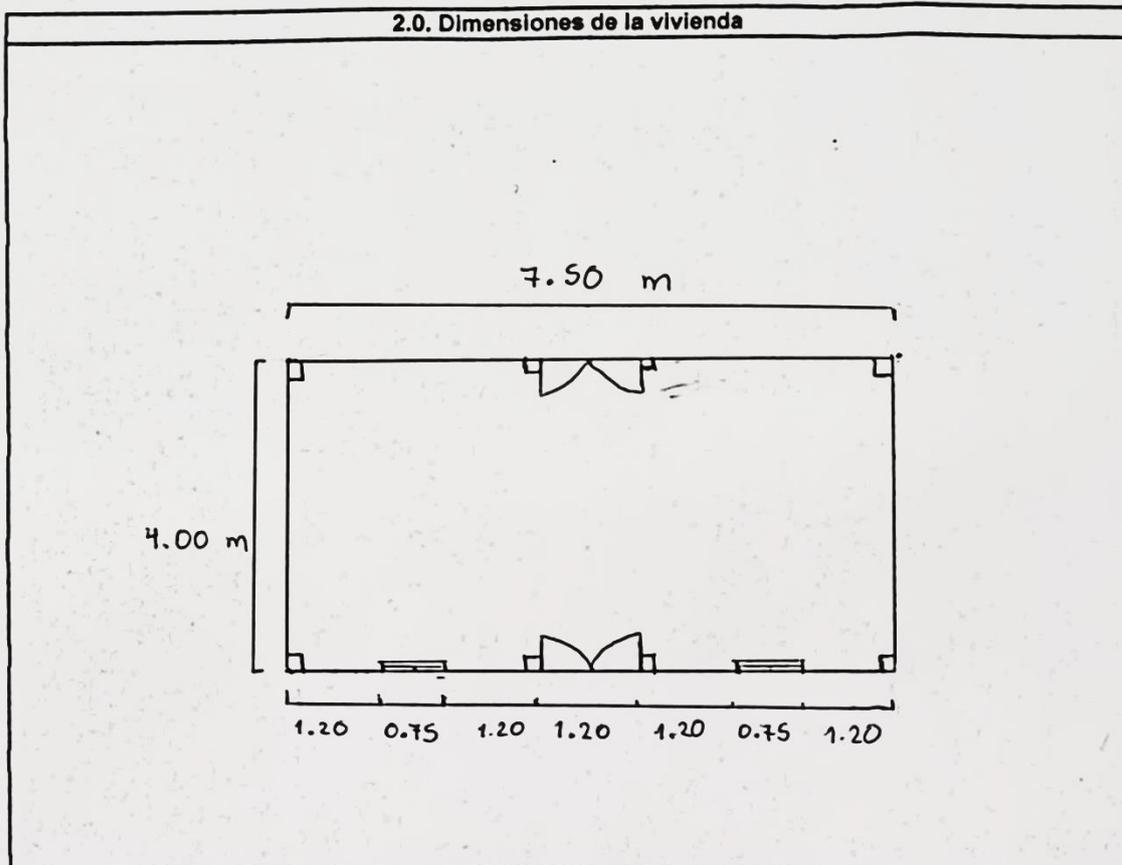


## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Jorge Requielme						
Antigüedad:							
Condiciones de sitio:							
Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
N° de niveles:							
<input type="checkbox"/> Un nivel			<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles				

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 4"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Eduard Voldivio
Antigüedad:	19 años

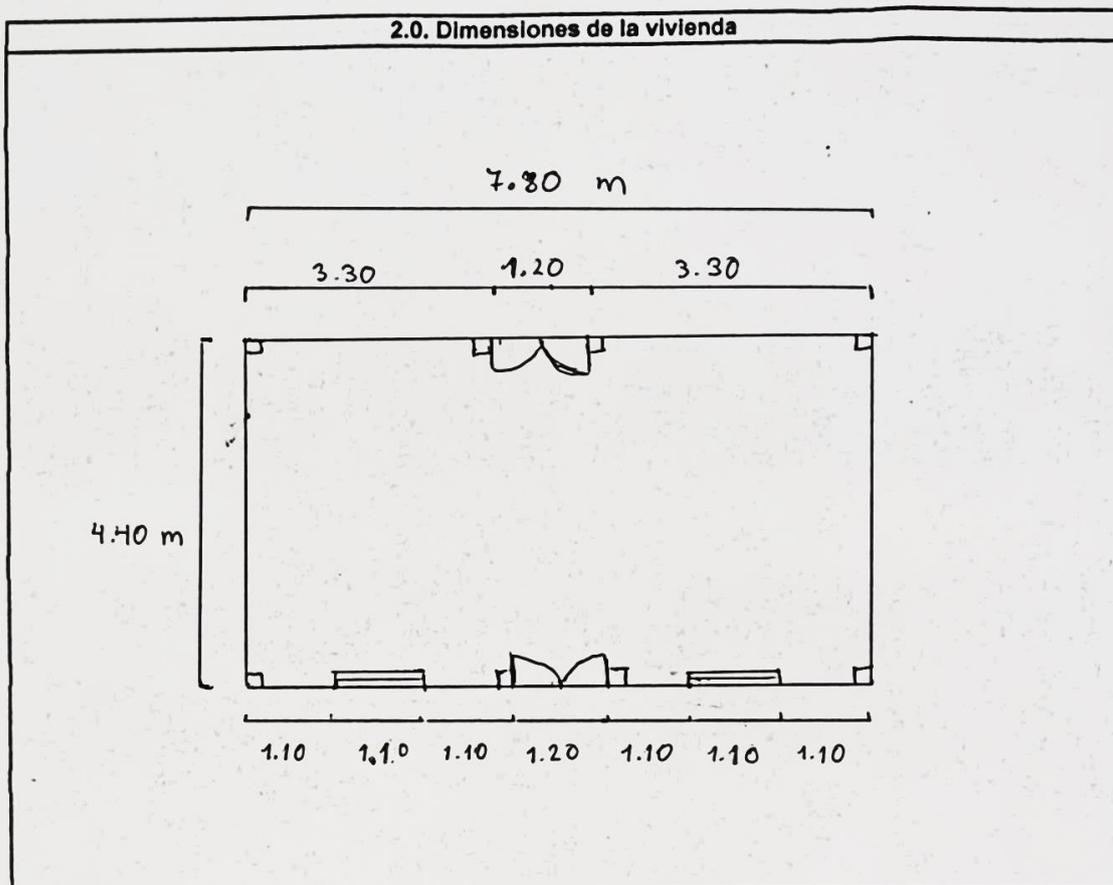
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	9" x 1"
Vigas entrepiso	4" x 4"
Viguetas entrepiso	3" x 4"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



### Evaluación estructural de viviendas de madera

#### 1.0. Datos generales

Propietario:	Eriza Delgado
Antigüedad:	8 años

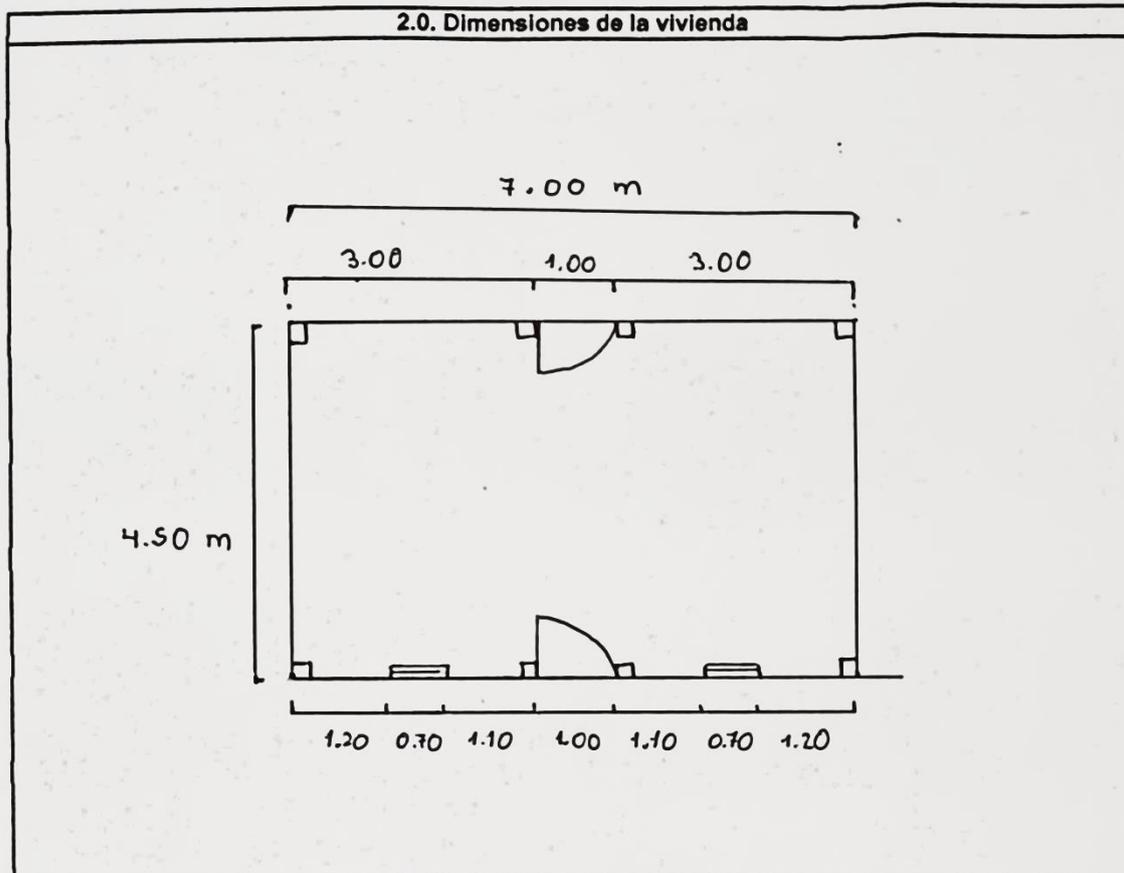
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

#### 2.0. Dimensiones de la vivienda



#### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	4.5" x 5"
Amarra horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 2"

#### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

#### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Agustin Perez
Antigüedad:	12 años

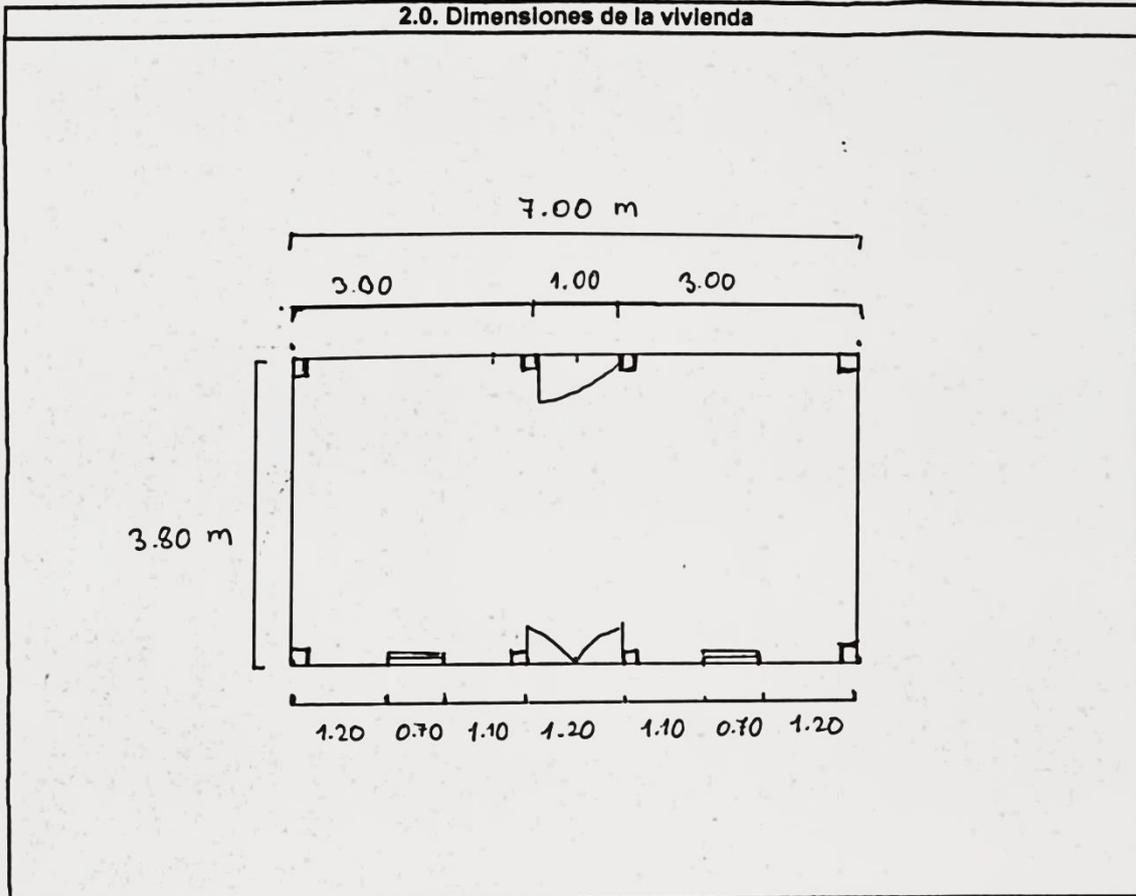
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1.5"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 1.75"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Miniam Hernandez
Antigüedad:	10 años

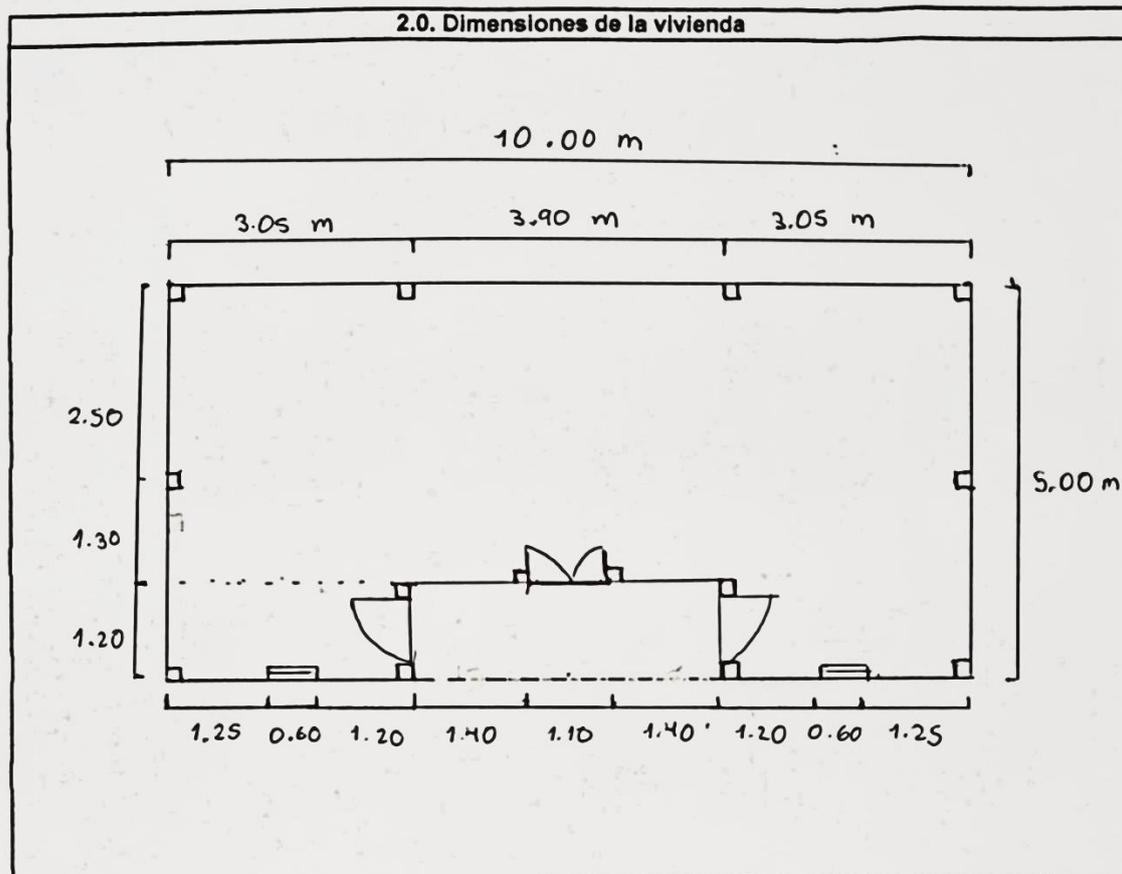
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	6" x 6"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8.5" x 1"
Vigas entrepiso	5" x 6"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1.5"
Vigas techo	3" x 5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Leyla Condorachai
Antigüedad:	

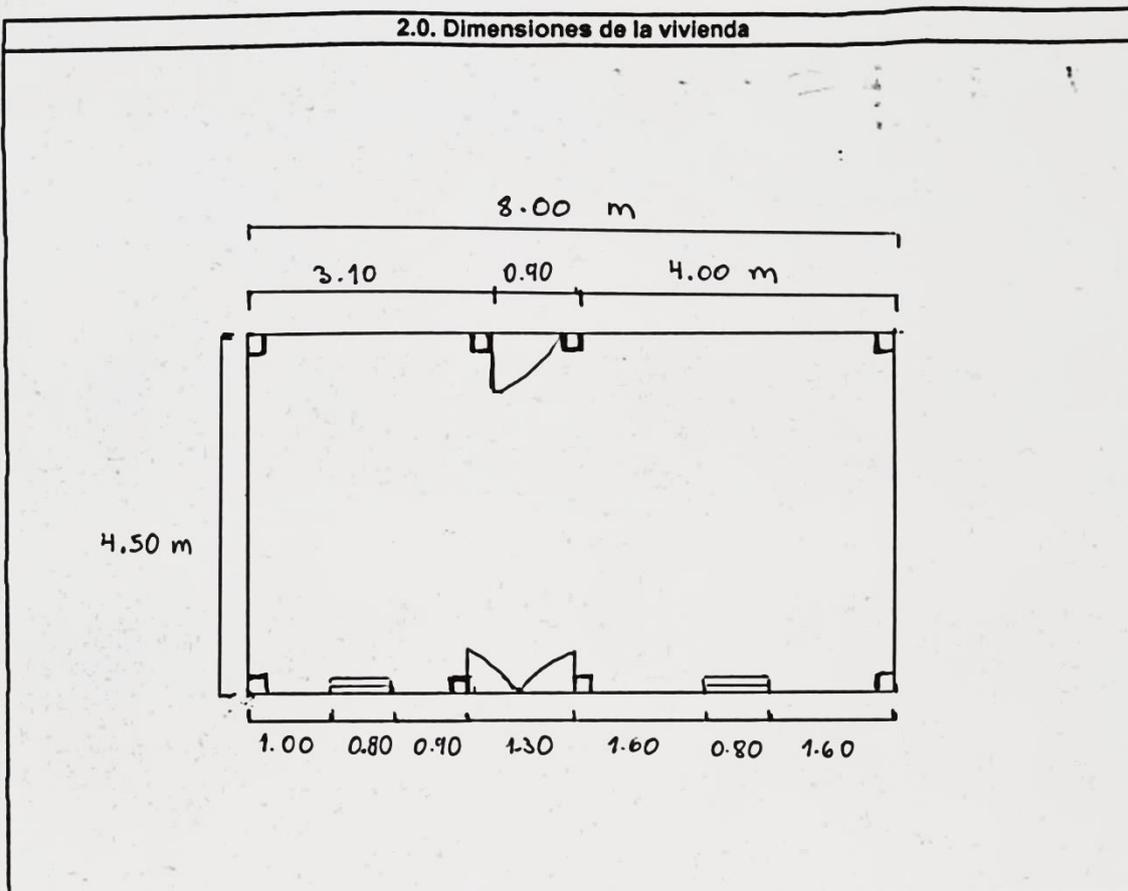
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5.5" x 5.5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	4" x 4"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 4.5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Monio Bacalla
Antigüedad:	11 años

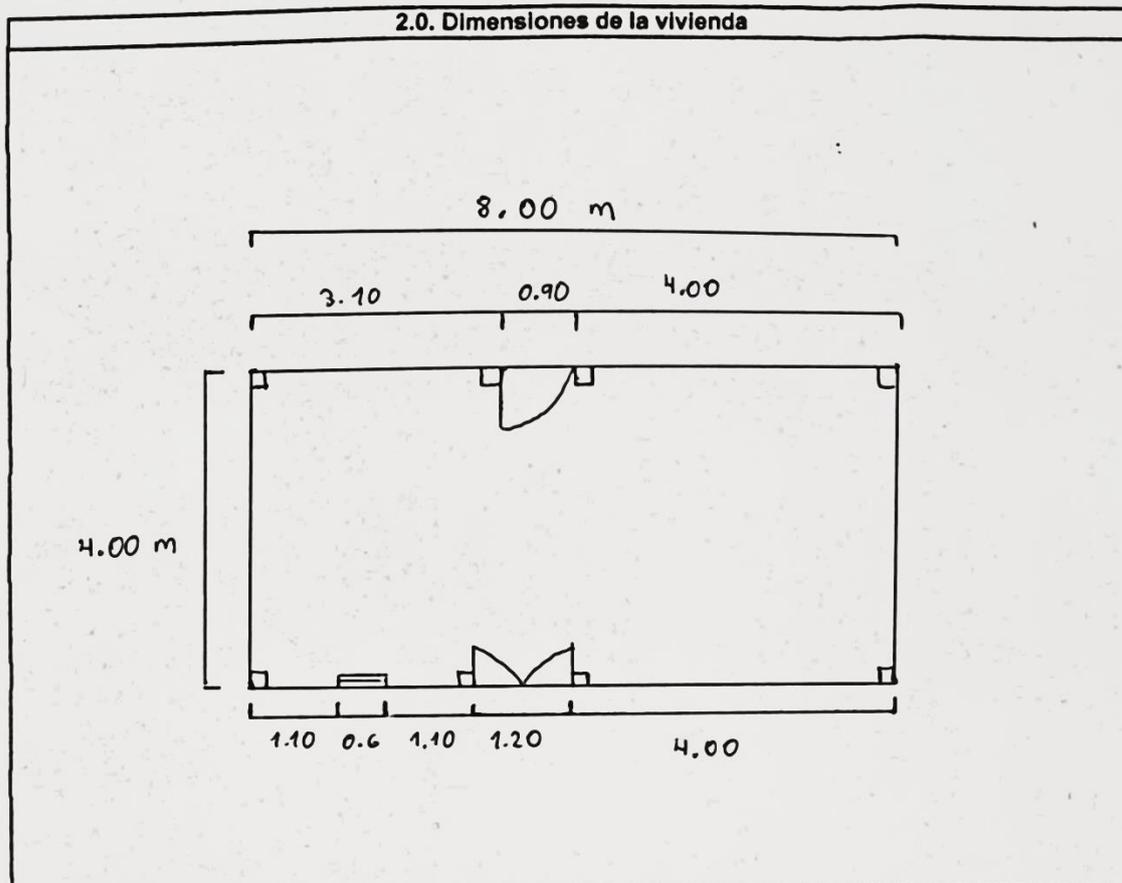
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	9" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 2"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input checked="" type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Junya Fustomonte
Antigüedad:	12 años

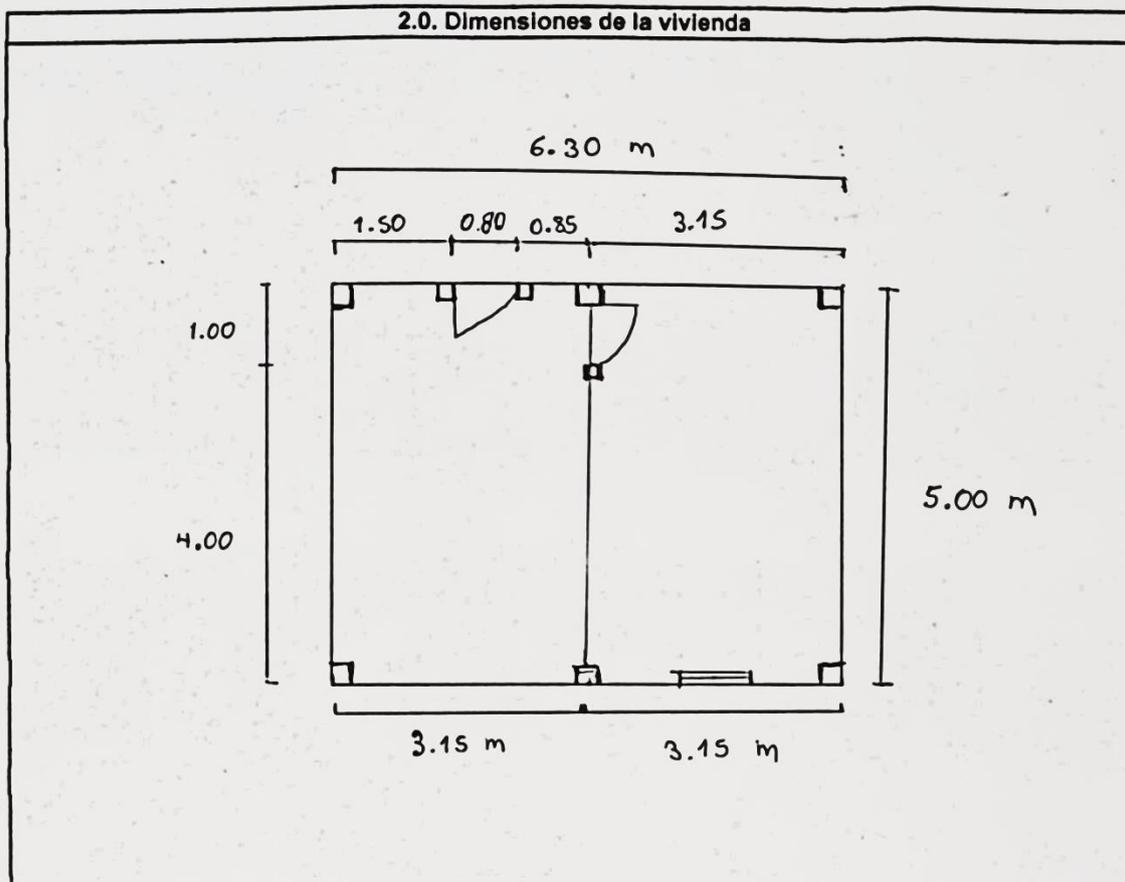
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5.5" x 5.5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 4.5"
Viguetas entrepiso	3.5" x 4.5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 4.5"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda

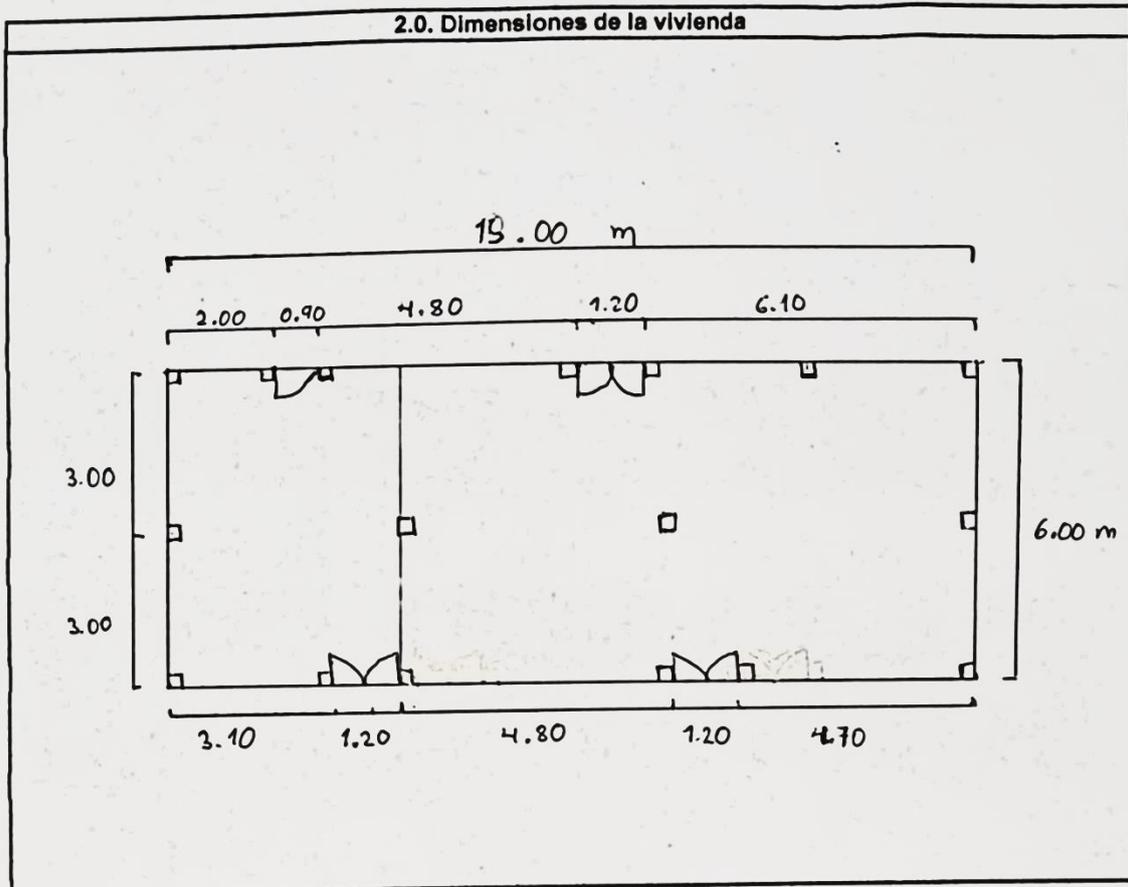


## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Catalino Sdono				
Antigüedad:	22 años				
Condiciones de sitio:					
Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>
Planicie: <input type="checkbox"/>					
N° de niveles:					
Un nivel			X Dos niveles		

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 6"
Amarras horizontales	2" x 2.5"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	4" x 4"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1.5"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 2"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
X	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

X	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda

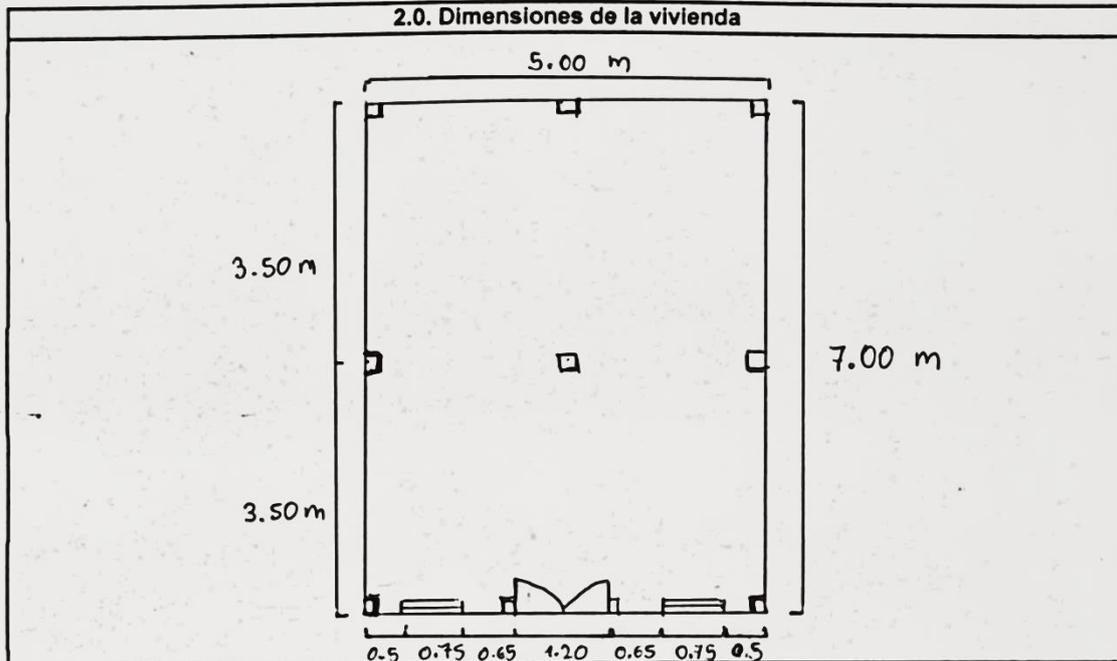


## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Miguel Sanchez		
Antigüedad:	10 años		
Condiciones de sitio:			
Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>
		Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>
		Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
N° de niveles:			
	<input type="checkbox"/>	Uno nivel	
		<input checked="" type="checkbox"/>	2 niveles

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	6" x 6"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	10" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 4"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	9" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijeral	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

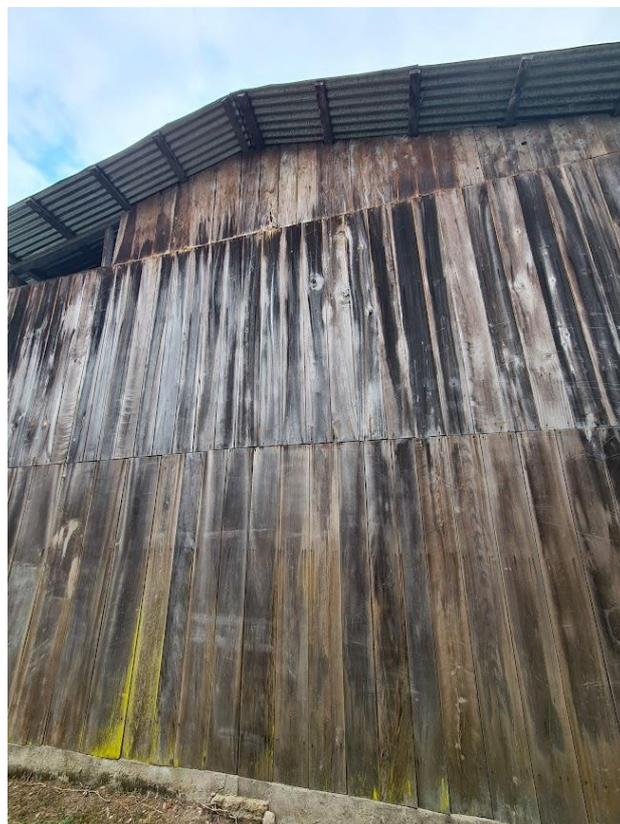
### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

## Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	Manuel Sanchez
Antigüedad:	22 años

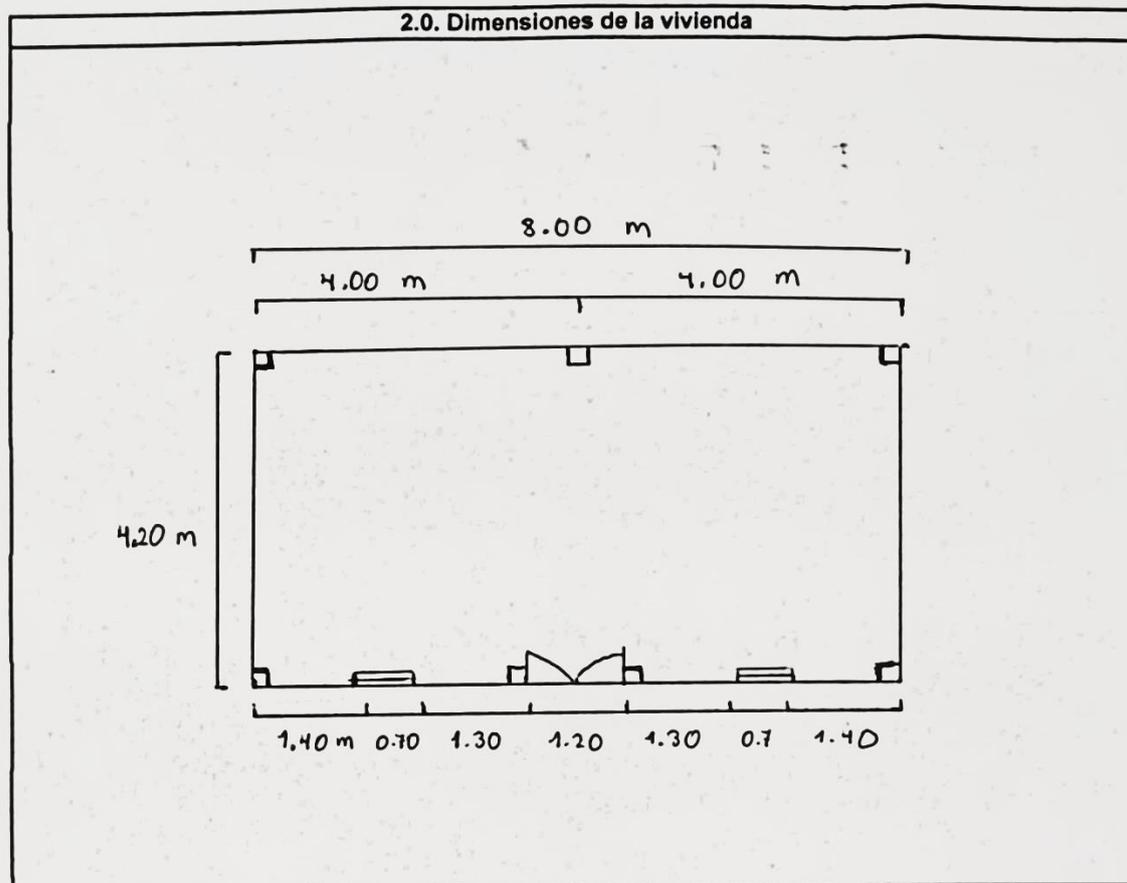
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarras horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	8" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input type="checkbox"/>	Bueno
<input checked="" type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input checked="" type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda



## Evaluación estructural de viviendas de madera

### 1.0. Datos generales

Propietario:	José Delgado
Antigüedad:	12 años

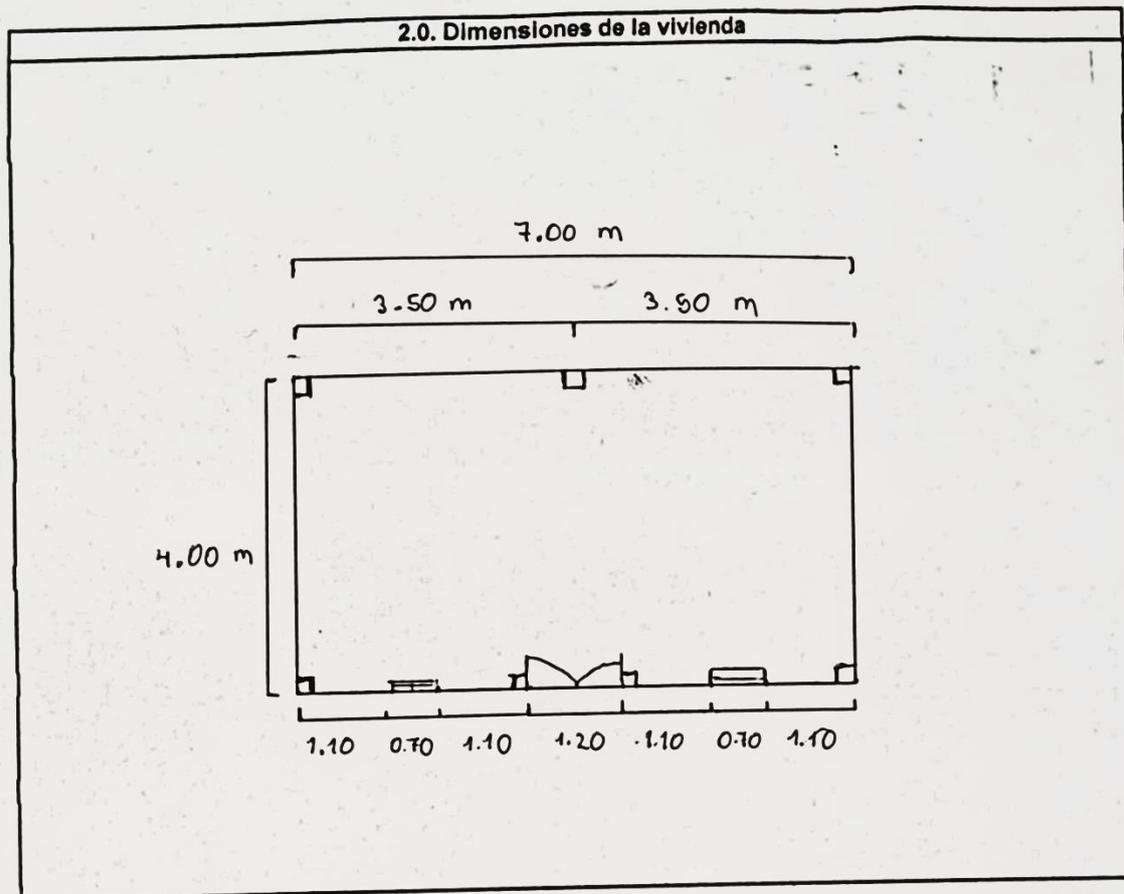
#### Condiciones de sitio:

Ladera:	<input type="checkbox"/>	Zona de inundación:	<input type="checkbox"/>	Zona de derrumbes:	<input type="checkbox"/>	Planicie:	<input checked="" type="checkbox"/>
---------	--------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------	--------------------------	-----------	-------------------------------------

#### N° de niveles:

<input type="checkbox"/> Un nivel	<input checked="" type="checkbox"/> Dos niveles
-----------------------------------	---

### 2.0. Dimensiones de la vivienda



### 3.0. Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	5" x 5"
Amarra horizontales	2" x 3"
Tablas de cerramiento	9" x 1"
Vigas entrepiso	3" x 4.5"
Viguetas entrepiso	3" x 5"
Entablado entrepiso	8" x 1"
Vigas techo	3" x 4"
Elementos pseudo-tijera	3" x 3"
Correas	3" x 1.5"

### 4.1. Estado de conservación

<input checked="" type="checkbox"/>	Bueno
<input type="checkbox"/>	Regular
<input type="checkbox"/>	Malo

### 4.2. Tipo de ataque biológico

<input type="checkbox"/>	Ataque de hongos:
<input type="checkbox"/>	Ataque de insectos:

### Fotografías de la vivienda

