



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**



**INFORME N° 29-2024-UNACH/UI/MAST**

**A** : **Dr. Ing. ELMER NATIVIDAD CHAVEZ VASQUEZ.**  
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

**ASUNTO** : Constancia de Originalidad de Turnitin de ELVER MEJÍA LEIVA.

**FECHA** : Colpa Matara, 23 de agosto del 2024.

**REFERENCIA:** i) Envío de tesis en digital en su versión final  
ii) CARTA N° 13 - 2024 - EPIC - UNACH/ENCHV / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.  
iii) CARTA N° 20-2024-UNACH/MAST / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.  
iv) Carta N° 041-2024- CSLV-EPIC/UNACH / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “MYRCIANTHES RHOPALOIDES (KHUNT)” DEL CENTRO POBLADO YAQUIL -CONCHÁN, PARA SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COBERTURA DE LA LOSA DEPORTIVA DE LA I.E. AGROPECUARIO, 2022”**, elaborado por el bachiller en ingeniería civil **ELVER MEJÍA LEIVA**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
R.A.P. 18732

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 23 de agosto del 2024.

C.O. N° 29-2024-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “MYRCIANTHES RHOPALOIDES (KHUNT)” DEL CENTRO POBLADO YAQUIL -CONCHÁN, PARA SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COBERTURA DE LA LOSA DEPORTIVA DE LA I.E. AGROPECUARIO, 2022”**, elaborado por el bachiller en ingeniería civil: **ELVER MEJÍA LEIVA**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo citas, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

# Elver Mejía Leiva

## EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “MYRCIANTHES RHOPALOIDES (KHUNT)” DEL CEN...

 INFORME FINAL DE TESIS ESTUDIANTES

 UNIDAD DE INVESTIGACION FIC

 Universidad Nacional Autónoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:2988823593

Fecha de entrega

23 ago 2024, 8:52 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

23 ago 2024, 8:57 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_Elver\_Mejía\_08.08.24\_opt.pdf

Tamaño de archivo

16.8 MB

178 Páginas

37,412 Palabras

189,889 Caracteres




# 10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

|    |                         |  |    |
|----|-------------------------|--|----|
| 1  | Internet                | repositorio.unach.edu.pe               | 2% |
| 2  | Internet                | hdl.handle.net                         | 1% |
| 3  | Internet                | www.repositorio.unach.edu.pe           | 1% |
| 4  | Internet                | www.unach.edu.pe                       | 0% |
| 5  | Internet                | www.repositorio.usac.edu.gt            | 0% |
| 6  | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional Autonoma de Chota | 0% |
| 7  | Internet                | repositorio.unu.edu.pe                 | 0% |
| 8  | Trabajos del estudiante | Universidad Cesar Vallejo              | 0% |
| 9  | Internet                | dspace.ucuenca.edu.ec                  | 0% |
| 10 | Internet                | repositorio.ucv.edu.pe                 | 0% |
| 11 | Internet                | repositorio.udh.edu.pe                 | 0% |

|    |                         |                                     |    |
|----|-------------------------|-------------------------------------|----|
| 12 | Internet                | dspace.ups.edu.ec                   | 0% |
| 13 | Internet                | renati.sunedu.gob.pe                | 0% |
| 14 | Internet                | repositorio.ucss.edu.pe             | 0% |
| 15 | Trabajos del estudiante | Universidad Andina del Cusco        | 0% |
| 16 | Internet                | repositorio.lamolina.edu.pe         | 0% |
| 17 | Internet                | es.wikipedia.org                    | 0% |
| 18 | Internet                | repositorio.unal.edu.co             | 0% |
| 19 | Internet                | tesis.pucp.edu.pe                   | 0% |
| 20 | Trabajos del estudiante | Universidad Católica de Santa María | 0% |
| 21 | Internet                | repositorio.utea.edu.pe             | 0% |
| 22 | Trabajos del estudiante | Universidad Ricardo Palma           | 0% |
| 23 | Internet                | www.slideshare.net                  | 0% |
| 24 | Internet                | dokumen.pub                         | 0% |
| 25 | Internet                | pt.scribd.com                       | 0% |

|    |                         |   |    |
|----|-------------------------|---|----|
| 26 | Internet                | repositorio.unheval.edu.pe                  | 0% |
| 27 | Internet                | www.coursehero.com                          | 0% |
| 28 | Internet                | repositorio.upeu.edu.pe                     | 0% |
| 29 | Internet                | repositorio.upn.edu.pe                      | 0% |
| 30 | Internet                | revistas.tec.ac.cr                          | 0% |
| 31 | Trabajos del estudiante | Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez | 0% |
| 32 | Internet                | repositorio.uandina.edu.pe                  | 0% |
| 33 | Trabajos del estudiante | Universidad del Bio-Bio                     | 0% |
| 34 | Internet                | repositorio.unsaac.edu.pe                   | 0% |
| 35 | Internet                | repositorio.upla.edu.pe                     | 0% |
| 36 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional Hermilio Valdizan      | 0% |
| 37 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional del Chimborazo         | 0% |
| 38 | Internet                | www.wwf.org.pe                              | 0% |
| 39 | Internet                | repositorio.unap.edu.pe                     | 0% |

|    |                         |  |    |
|----|-------------------------|--|----|
| 40 | Internet                | www.dominiodelasciencias.com           | 0% |
| 41 | Trabajos del estudiante | Universidad Politécnica de Madrid      | 0% |
| 42 | Internet                | manualzz.com                           | 0% |
| 43 | Internet                | 1library.net                           | 0% |
| 44 | Trabajos del estudiante | Universidad Peruana Union              | 0% |
| 45 | Internet                | documentos.uru.edu                     | 0% |
| 46 | Internet                | documents.tips                         | 0% |
| 47 | Internet                | elcomercio.pe                          | 0% |
| 48 | Internet                | repositorio.upeu.edu.pe:8080           | 0% |
| 49 | Internet                | repositorio.urp.edu.pe                 | 0% |
| 50 | Internet                | repositorio.uti.edu.ec                 | 0% |
| 51 | Internet                | revistas.usantotomas.edu.co            | 0% |
| 52 | Trabajos del estudiante | Universidad Tecnológica de Bolívar,UTB | 0% |
| 53 | Internet                | cybertesis.unmsm.edu.pe                | 0% |

|    |             |   |    |
|----|-------------|---|----|
| 54 | Internet    | repositorio.esпам.edu.ec  | 0% |
| 55 | Internet    | www.eposters.net  | 0% |
| 56 | Internet    | dbpedia.org   | 0% |
| 57 | Internet    | es.unionpedia.org   | 0% |
| 58 | Internet    | oa.upm.es   | 0% |
| 59 | Internet    | oldri.ues.edu.sv  | 0% |
| 60 | Internet    | repositorio.undac.edu.pe  | 0% |
| 61 | Internet    | upc.aws.openrepository.com  | 0% |
| 62 | Internet    | vsip.info   | 0% |
| 63 | Internet    | www.criptonoticias.com  | 0% |
| 64 | Publicación | ...udorP tseroF fo koobraeY OAF   ██████████   ██████████ ██████████ ██████████ ██████████" | 0% |
| 65 | Internet    | bdigital.unal.edu.co  | 0% |
| 66 | Internet    | cybertesis.uni.edu.pe   | 0% |
| 67 | Internet    | docplayer.es  | 0% |

|    |          |                                 |    |
|----|----------|---------------------------------|----|
| 68 | Internet | es.scribd.com                   | 0% |
| 69 | Internet | infogram.com                    | 0% |
| 70 | Internet | moam.info                       | 0% |
| 71 | Internet | repositorio.uchile.cl           | 0% |
| 72 | Internet | repositorio.unprg.edu.pe        | 0% |
| 73 | Internet | repositorio.uns.edu.pe          | 0% |
| 74 | Internet | repositorioacademico.upc.edu.pe | 0% |
| 75 | Internet | www.fitecma.umich.mx            | 0% |
| 76 | Internet | www.grafiati.com                | 0% |
| 77 | Internet | www.researchgate.net            | 0% |
| 78 | Internet | www.solucionesferreteras.com    | 0% |
| 79 | Internet | www.tesafumigaciones.com.ar     | 0% |

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E.

Agropecuario, 2022

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por: ELVER MEJÍA LEIVA**

**Asesor: Mg. Ing. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO**

**Chota – Perú**

**2024**



## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Mejía Leiva Elver

Código del alumno: **2015052022**

Correo electrónico: 2015052022@unach.edu.pe

Teléfono: 996062291

DNI: 77162749

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Mg. Ing. Silva Tarrillo José Luis

Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979 006 832

D.N.I.: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Elver Mejía Leiva

DNI: 77162749

**Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera**  
**“*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil**  
**- Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de**  
**la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022**

**POR:**

**ELVER MEJÍA LEIVA**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la**  
**Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**  
**de**  
**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

-----  
**Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez**

**PRESIDENTE**

-----  
**Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo**

**SECRETARIO**

-----  
**Mg. Ing. Cristhian Saúl López Villanueva**

**VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del Campus Universitario- Colpamatará, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por el Bachiller: **Elver Mejía Leiva**, denominado: **EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “MYRCIANTHES RHOPALOIDES ( KHUNT)” DEL CENTRO POBLADO YAQUILCONCHÁN, PARA SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COBERTURA DE LA LOSA DEPORTIVA DE LA I.E.AGROPECUARIO, 2022**; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

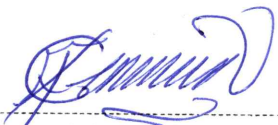
Aprobada

CON EL CALIFICATIVO (\*)

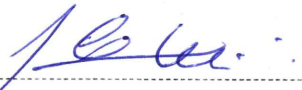
15 (Quince)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutorio, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 04 de setiembre del 2024

  
-----  
Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
PRESIDENTE

  
-----  
Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
SECRETARIO

  
-----  
Mg. Cristhian Saúl López Villanueva  
VOCAL

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “ MYRCIANTHES RHOPALOIDES ( KHUNT)” DEL CENTRO POBLADO YAQUIL- CONCHÁN, PARA SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COBERTURA DE LA LOSA DEPORTIVA DE LA I.E.AGROPECUARIO, 2022**: presentado por el Bachiller : **Elver Mejía Leiva**, sustentada el día 04 de setiembre del 2024, por Resolución de Coordinación N°245-2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 10 de setiembre del 2024

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
PRESIDENTE

Mg. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
SECRETARIO

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo ante todo a Dios, por iluminar cada paso de mi camino con sabiduría y fortaleza, permitiéndome alcanzar mis metas con fe y perseverancia.

A mis queridos padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser el pilar fundamental en mi formación tanto personal como profesional. Su sacrificio y dedicación son la razón de mis logros y este éxito es tan suyo como mío.

También dedico este esfuerzo a mis amigos, por estar siempre presentes, por su compañía en los momentos de desafío y por celebrar cada pequeño triunfo conmigo. Gracias por ser parte esencial de mi vida y por motivarme a seguir adelante con alegría y entusiasmo.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento y amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la fortaleza, paciencia y perseverancia necesarias para completar este proyecto y por guiarme a lo largo de este camino con su luz y amor.

Un especial reconocimiento al Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo, mi asesor, cuya dirección experta y valiosos consejos fueron fundamentales para la realización de este estudio. Su dedicación no solo en el ámbito académico, sino también en el personal, ha sido una inspiración constante.

Agradezco sinceramente a la comunidad de Yaquil - Conchán por su hospitalidad y colaboración. Su disposición para participar y contribuir en esta investigación ha sido esencial para el éxito de este trabajo. Su acogida y apoyo constantes han sido un regalo invaluable durante mi estancia y trabajo de campo.

A todos, les estoy profundamente agradecido. Gracias por creer en este proyecto y en mí.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |             |
|--|-------------|
| <b>RESUMEN</b> .....   | <b>xvi</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>xvii</b> |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>18</b>   |
| <b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....   | <b>18</b>   |
| <b>1.2. Formulación del problema</b> .....   | <b>20</b>   |
| <b>1.3. Justificación</b> .....  | <b>21</b>   |
| <b>1.4. Delimitación de la investigación</b> .....   | <b>22</b>   |
| <b>1.5. Objetivos</b> .....  | <b>23</b>   |
| 1.5.1. Objetivo general.....   | 23          |
| 1.5.2. Objetivos específicos .....   | 23          |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....  | <b>24</b>   |
| <b>2.1. Antecedentes</b> .....   | <b>24</b>   |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales.....   | 24          |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales .....   | 31          |
| 2.1.3. Antecedentes regionales .....   | 35          |
| <b>2.2. Bases teórico – científicas</b> .....  | <b>39</b>   |
| 2.2.1. Comportamiento elástico de la madera.....   | 39          |
| 2.2.2. Ley de Hooke generalizada para materiales ortotrópicos: Módulo de elasticidad de la madera..... | 40          |
| 2.2.3. Conexiones de madera para la formación de estructuras.....                                      | 42          |
| <b>2.3. Marco conceptual</b> .....   | <b>43</b>   |
| 2.3.1. Myrcianthes rhopaloides.....  | 43          |
| 2.3.2. Madera .....  | 45          |
| 2.3.3. Propiedades físicas de la madera .....  | 48          |
| 2.3.4. Propiedades mecánicas de la madera.....   | 49          |
| 2.3.5. Esfuerzos admisibles de la madera .....   | 53          |
| 2.3.6. Clasificación estructural de la madera según la norma E.010 .....                               | 54          |
| 2.3.7. Usos y aplicaciones de la madera en construcción .....  | 55          |

|  |            |
|--|------------|
| 2.3.8. Coliseo deportivo.....  | 56         |
| 2.3.9. Coberturas de techo .....   | 62         |
| 2.3.10. Métodos de diseño en madera.....   | 66         |
| 2.3.11. Diseño estructural de techo.....   | 67         |
| <b>2.4. Hipótesis.....</b>   | <b>79</b>  |
| <b>2.5. Operacionalización de variables.....</b>   | <b>79</b>  |
| 2.5.1. Variable independiente: Esfuerzos admisibles de la madera.....  | 79         |
| 2.5.2. Variable dependiente: Utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva<br>.....                                     | 80         |
| <b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>  | <b>82</b>  |
| <b>3.1. Tipo y nivel de investigación .....</b>  | <b>82</b>  |
| <b>3.2. Diseño de investigación.....</b>   | <b>83</b>  |
| <b>3.3. Métodos de investigación.....</b>  | <b>84</b>  |
| <b>3.4. Población, muestra y muestreo .....</b>  | <b>86</b>  |
| 3.4.1. Población .....   | 86         |
| 3.4.2. Muestra .....   | 87         |
| <b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>  | <b>88</b>  |
| 3.5.1. Técnicas .....  | 88         |
| 3.5.2. Instrumentos .....  | 89         |
| <b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....</b>  | <b>91</b>  |
| 3.6.1. Proceso de obtención de los datos .....   | 91         |
| 3.6.2. Procesamiento de datos.....   | 125        |
| 3.6.3. Análisis de datos .....   | 126        |
| <b>3.7. Aspectos éticos .....</b>  | <b>127</b> |
| <b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>129</b> |
| <b>4.1. Descripción de resultados.....</b>   | <b>129</b> |
| 4.1.1. Densidad básica de la madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....  | 129        |
| 4.1.2. Propiedades mecánicas de la madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”<br>(módulos de resistencia y módulos de elasticidad) ..... | 130        |
| 4.1.3. Esfuerzos admisibles de la madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....   | 146        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.1.4. Cobertura de losa deportiva con madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”. | 151        |
| <b>4.2. Contrastación de hipótesis.....</b>                                      | <b>173</b> |
| <b>4.3. Discusión de resultados.....</b>   | <b>177</b> |
| <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                          | <b>186</b> |
| <b>5.1. Conclusiones .....</b>   | <b>186</b> |
| <b>5.2. Recomendaciones y/o sugerencias .....</b>                                | <b>187</b> |
| <b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>  | <b>189</b> |
| <b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>  | <b>201</b> |
| Anexo A. Matriz de consistencia.....   | 201        |
| Anexo B. Panel fotográfico .....   | 202        |
| Anexo C. Características visuales de los árboles del bosque .....                | 221        |
| Anexo D. Resultados de los ensayos de laboratorio a la madera .....              | 222        |
| Anexo E. Diseño estructural de la cobertura de madera.....                       | 223        |
| Anexo F. Planos de la cobertura de madera .....                                  | 224        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| <b>Tabla 1</b>  | Coeficientes de Modificación para Determinar Esfuerzos Admisibles.....   | 53  |
| <b>Tabla 2</b>  | Densidad Básica .....  | 54  |
| <b>Tabla 3</b>  | Módulo de Elasticidad (E).....   | 54  |
| <b>Tabla 4</b>  | Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) .....   | 54  |
| <b>Tabla 5</b>  | Combinaciones de Carga.....  | 70  |
| <b>Tabla 6</b>  | Factor de Amplificación del Suelo.....   | 71  |
| <b>Tabla 7</b>  | Periodo del Factor C.....  | 72  |
| <b>Tabla 8</b>  | Matriz de Operacionalización de Variables .....  | 81  |
| <b>Tabla 9</b>  | Tipo de Investigación .....  | 83  |
| <b>Tabla 10</b> | Bosque de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....  | 86  |
| <b>Tabla 11</b> | Numero de Muestra de Estudio.....  | 87  |
| <b>Tabla 12</b> | Número Total, de Probetas para Ensayos.....  | 87  |
| <b>Tabla 13</b> | Técnicas e Instrumentos para Recolectar Datos.....   | 90  |
| <b>Tabla 14</b> | Descripción del Bosque “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” – Yaquil .....  | 91  |
| <b>Tabla 15</b> | Árboles de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” del bosque montano de Yaquil .....                                  | 93  |
| <b>Tabla 16</b> | Trozos de los Árboles Myrcianthes rhopaloides (Khunt).....   | 96  |
| <b>Tabla 17</b> | Dimensiones de las Probetas y Codificación de Acuerdo al Ensayo .....  | 98  |
| <b>Tabla 18</b> | Resultados de Humedad en Muestras de Aserrín.....  | 101 |
| <b>Tabla 19</b> | Metrado de Cargas Muertas .....  | 112 |
| <b>Tabla 20</b> | Cargas Básica de Granizo Sobre el Suelo .....  | 113 |
| <b>Tabla 21</b> | Cargas de Granizo sobre el Techo.....  | 113 |
| <b>Tabla 22</b> | Datos de la Velocidad del Viento.....  | 114 |
| <b>Tabla 23</b> | Carga por Viento en la Dirección “X” .....   | 115 |
| <b>Tabla 24</b> | Carga por Viento en la Dirección “-X” .....  | 116 |
| <b>Tabla 25</b> | Carga por Viento en la Dirección “Y” .....   | 116 |
| <b>Tabla 26</b> | Datos del Espectro de Pseudo – Aceleración .....   | 119 |
| <b>Tabla 27</b> | Densidad Básica de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”.....  | 129 |
| <b>Tabla 28</b> | Resistencias Máximas de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.<br>.....                          | 130 |
| <b>Tabla 29</b> | Humedad Posterior a los Ensayos de Resistencia de la Madera “Myrcianthes<br>rhopaloides (Khunt)” de Yaquil. .... | 131 |
| <b>Tabla 30</b> | Módulo de Elasticidad de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.<br>.....                         | 133 |
| <b>Tabla 31</b> | Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.                                    | 134 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 32</b> Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.<br>.....                                    | 136 |
| <b>Tabla 33</b> Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil. ....  | 138 |
| <b>Tabla 34</b> Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....  | 140 |
| <b>Tabla 35</b> Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil. ....  | 142 |
| <b>Tabla 36</b> Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.<br>.....                                       | 144 |
| <b>Tabla 37</b> Esfuerzo Admisible de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....  | 147 |
| <b>Tabla 38</b> Dimensiones del Coliseo Deportivo y Cobertura de Madera .....  | 151 |
| <b>Tabla 39</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en X e Y por Carga Sísmica .....   | 154 |
| <b>Tabla 40</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en X e Y por Carga de Viento .....   | 155 |
| <b>Tabla 41</b> Verificación del Desplazamiento Máximo Vertical .....  | 157 |
| <b>Tabla 42</b> Fuerza Cortante en la Base para el Análisis Estático (Ve) .....  | 159 |
| <b>Tabla 43</b> Fuerza Cortante en la Base para el Análisis Dinámico Modal Espectral .....   | 159 |
| <b>Tabla 44</b> Esfuerzo Admisible de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” para Diseño<br>Estructural .....                             | 160 |
| <b>Tabla 45</b> Elementos de Madera Tipo A “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....   | 160 |
| <b>Tabla 46</b> Deflexiones Máximas Admisibles .....   | 164 |
| <b>Tabla 47</b> Verificación de los Esfuerzos Admisibles en Correas .....  | 164 |
| <b>Tabla 48</b> Verificación de los Esfuerzos Admisibles en la Armadura .....  | 165 |
| <b>Tabla 49</b> Tipos de Uniones para la Conexión de la Madera .....   | 168 |
| <b>Tabla 50</b> Prueba de Hipótesis (t-student) de la Densidad Básica de la madera “Myrcianthes<br>rhopaloides (Khunt)” .....                  | 175 |
| <b>Tabla 51</b> Prueba de Hipótesis (t-student) de los Módulos de Elasticidad Mínimo de la madera<br>“Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....   | 175 |
| <b>Tabla 52</b> Prueba de Hipótesis (t-student) de los Módulos de Elasticidad Promedio de la madera<br>“Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” ..... | 175 |
| <b>Tabla 53</b> Prueba de Hipótesis (t-student) de los Esfuerzos Admisibles de la madera “Myrcianthes<br>rhopaloides (Khunt)” .....            | 176 |
| <b>Tabla 54</b> Mediciones de los Árboles “Myrcianthes rhopaloides kunth” de Yaquil .....  | 221 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 1</b> Esquema Ensayo Dinámico “d” Diagrama de la Probeta. ....                                      | 39  |
| <b>Figura 2</b> Direcciones Principales de la Madera.....   | 41  |
| <b>Figura 3</b> Tipos de Conexiones.....  | 42  |
| <b>Figura 4</b> Myrcianthes Rhopaloides de Cajamarca.....   | 44  |
| <b>Figura 5</b> Madera y su Uso Estructural.....  | 45  |
| <b>Figura 6</b> Corte Transversal del Tronco del Árbol para ver su Estructura .....                           | 46  |
| <b>Figura 7</b> Tipos de Esfuerzos a los que Puede ser Sometida la Madera .....                               | 50  |
| <b>Figura 8</b> Usos y aplicaciones de la madera en construcción .....  | 55  |
| <b>Figura 9</b> Coliseo Deportivo.....  | 56  |
| <b>Figura 10</b> Clasificación de los Coliseos Deportivos .....   | 57  |
| <b>Figura 11</b> Componentes de un Coliseo Deportivo .....  | 58  |
| <b>Figura 12</b> Dimensiones de una Cancha Múltiple .....   | 59  |
| <b>Figura 13</b> Dimensiones de graderías .....   | 60  |
| <b>Figura 14</b> Coliseo Deportivo Techado .....  | 61  |
| <b>Figura 15</b> Formas de la Cobertura de Techo .....  | 63  |
| <b>Figura 16</b> Forma y Componentes de la Armadura Tipo Pratt .....  | 65  |
| <b>Figura 17</b> Etapas del Proceso de Diseño Estructural.....  | 67  |
| <b>Figura 18</b> Forma de Peralte de la Armadura Tipo Pratt .....   | 68  |
| <b>Figura 19</b> Estabilidad lateral de elementos en Flexión .....  | 75  |
| <b>Figura 20</b> Uniones empernadas con pletinas metálicas.....   | 76  |
| <b>Figura 21</b> Diagrama de las Dimensiones de la Placa Base.....  | 78  |
| <b>Figura 22</b> Diseño de Investigación Descriptivo Simple.....  | 85  |
| <b>Figura 23</b> Ubicación y Acceso al Bosque de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” en Yaquil ..               | 86  |
| <b>Figura 24</b> Vista Satelital del Bosque Montano de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil<br>.....   | 92  |
| <b>Figura 25</b> Bosque Montano de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....                           | 92  |
| <b>Figura 26</b> Muestreo de Árboles en la Zona de Estudio .....  | 94  |
| <b>Figura 27</b> Selección Aleatoria de la Dirección de Muestreo.....   | 94  |
| <b>Figura 28</b> Selección Aleatoria del Árbol Myrcianthes rhopaloides (Khunt).....                           | 95  |
| <b>Figura 29</b> Equipo Encargado de Talar los Árboles de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de<br>Yaquil..... | 95  |
| <b>Figura 30</b> Dimensionamiento y Numeración de las Trozas del Árbol .....                                  | 97  |
| <b>Figura 31</b> Corte de las Viguetas Obtenidas a Partir de la Troza .....                                   | 97  |
| <b>Figura 32</b> Corte de las Probetas de Acuerdo a las Dimensiones de Ensayo .....                           | 100 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 33</b> Probetas de la Madera <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt) para los Ensayos Mecánicos .....                                 | 100 |
| <b>Figura 34</b> Muestras de Aserrín para Determinar la Humedad de la Madera.....  | 102 |
| <b>Figura 35</b> Probetas Luego de los Ensayos Mecánicos en el Horno para Determinar el Contenido de Humedad de la Probeta.....                | 102 |
| <b>Figura 36</b> Determinación de la Densidad Básica de la Madera .....  | 103 |
| <b>Figura 37</b> Determinación de la Compresión Paralela de la Madera.....   | 104 |
| <b>Figura 38</b> Determinación de la Compresión Perpendicular .....  | 105 |
| <b>Figura 39</b> Determinación del Cizallamiento de la Madera .....  | 106 |
| <b>Figura 40</b> Determinación de la Flexión Estática de la Madera .....   | 107 |
| <b>Figura 41</b> Determinación de la Tensión Paralela de la Madera .....   | 108 |
| <b>Figura 42</b> Determinación de la Tensión Perpendicular de la Madera .....  | 109 |
| <b>Figura 43</b> Ubicación del Coliseo para el Colegio Agropecuario.....   | 111 |
| <b>Figura 44</b> Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección “X” .....                          | 114 |
| <b>Figura 45</b> Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección “-X” .....                         | 115 |
| <b>Figura 46</b> Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección “Y” .....                          | 116 |
| <b>Figura 47</b> Definición de las Propiedades de los Materiales.....  | 117 |
| <b>Figura 48</b> Espectro de Pseudo Aceleración en X e Y .....   | 120 |
| <b>Figura 49</b> Patrones de Carga .....   | 121 |
| <b>Figura 50</b> Combinaciones de Carga .....  | 122 |
| <b>Figura 51</b> Asignación de Cargas .....  | 122 |
| <b>Figura 52</b> Densidad Básica de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” .....  | 129 |
| <b>Figura 53</b> Resistencias Máximas de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” .....   | 131 |
| <b>Figura 54</b> Módulo de Elasticidad de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil. ....                                  | 133 |
| <b>Figura 55</b> Compresión Paralela de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil. ....                                    | 135 |
| <b>Figura 56</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Compresión Paralela de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil. ....      | 135 |
| <b>Figura 57</b> Compresión Perpendicular de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil.....                                | 137 |
| <b>Figura 58</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Compresión Perpendicular de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil. .... | 137 |
| <b>Figura 59</b> Flexión Estática de la Madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” de Yaquil. ....                                       | 139 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 60</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....       | 139 |
| <b>Figura 61</b> Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....                               | 141 |
| <b>Figura 62</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil..... | 141 |
| <b>Figura 63</b> Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil. ....                                    | 143 |
| <b>Figura 64</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....       | 143 |
| <b>Figura 65</b> Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....                                | 145 |
| <b>Figura 66</b> Curvas Esfuerzo Deformación a Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....  | 145 |
| <b>Figura 67</b> Esfuerzo Admisible de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.                                       | 148 |
| <b>Figura 68</b> Esfuerzo Admisible a Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....             | 148 |
| <b>Figura 69</b> Esfuerzo Admisible a Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....        | 149 |
| <b>Figura 70</b> Esfuerzo Admisible Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....                  | 149 |
| <b>Figura 71</b> Esfuerzo Admisible a Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....          | 150 |
| <b>Figura 72</b> Esfuerzo Admisible a Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.....                | 150 |
| <b>Figura 73</b> Modelo 3D del Coliseo Deportivo del Colegio Agropecuario .....   | 151 |
| <b>Figura 74</b> Vista del Plano en Planta del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario .....                                      | 152 |
| <b>Figura 75</b> Vista del Alzado Oeste de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario.....                | 153 |
| <b>Figura 76</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en X por Carga Sísmica .....   | 154 |
| <b>Figura 77</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en Y por Carga Sísmica .....   | 155 |
| <b>Figura 78</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en X por Carga de Viento .....   | 156 |
| <b>Figura 79</b> Desplazamientos Elásticos Máximos en Y por Carga de Viento .....   | 157 |
| <b>Figura 80</b> Desplazamiento Máximo Vertical .....   | 158 |
| <b>Figura 81</b> Cobertura de Madera, Vista en Elevación .....  | 160 |
| <b>Figura 82</b> Cobertura de Madera, Detalle Arquitectónico .....  | 161 |
| <b>Figura 83</b> Cobertura de Madera, Detalle de Dimensiones de la Armadura.....  | 162 |
| <b>Figura 84</b> Vista 3D de la Estructura de Madera.....   | 163 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 85</b> Carga Axial Máxima a Tracción en Brida Superior, Eje 5-5.....   | 165 |
| <b>Figura 86</b> Carga Axial Máxima a Compresión en Brida Superior, Eje 2-2 .....  | 166 |
| <b>Figura 87</b> Carga Axial Máxima a Tracción en Brida Inferior, Eje 5-5 .....  | 166 |
| <b>Figura 88</b> Carga Axial Máxima a Compresión en Brida Inferior, Eje 5-5.....   | 166 |
| <b>Figura 89</b> Carga Axial Máxima a Tracción en Diagonales, Eje 8-8 .....  | 167 |
| <b>Figura 90</b> Carga Axial Máxima a Tracción en Montantes, Eje 1-1 .....   | 167 |
| <b>Figura 91</b> Carga Axial Máxima a Compresión en Montantes, Eje 7-7 .....   | 167 |
| <b>Figura 92</b> Distribución de Uniones .....   | 169 |
| <b>Figura 93</b> Vista en Planta de la Estructura de Madera de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario .....        | 170 |
| <b>Figura 94</b> Vista del Alzado Oeste de la Estructura de Madera de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario ..... | 171 |
| <b>Figura 95</b> Detalle de las Uniones de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario.....                             | 172 |
| <b>Figura 96</b> Gráfico de Cajas de los Esfuerzos Admisibles de la madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” .....                               | 176 |

## Glosario

**Aserrado.** Método utilizado para dividir longitudinalmente troncos de madera en piezas más manejables, típicamente con perfiles transversales rectangulares conocidos como bloques o tablones (MVCS, 2014).

**Cobertura de losa deportiva.** Estructura diseñada para proteger una losa de concreto utilizada en deportes, cubriéndola para resguardarla de elementos climáticos y mejorar su funcionalidad y seguridad (Vedoya D. et al., 2015).

**Densidad básica.** Es el resultado de la masa de un objeto entre su volumen. En el caso de la madera, tanto la masa como el volumen pueden cambiar considerablemente dependiendo del contenido de humedad presente (Ordoñez & Lugo, 2016).

**Esfuerzos admisibles.** Representan los niveles de resistencia mecánica que se alcanzan en los materiales tras ser sometidos a pruebas experimentales. Se determinan multiplicando los esfuerzos de referencia empleados en el diseño, por los coeficientes pertinentes (Silva, 2022).

**Factor de corrección.** Los factores de corrección son utilizados para obtener las tensiones de diseño de las piezas de madera a partir de las tensiones admisibles, que corresponden a la resistencia de los elementos bajo ciertas condiciones específicas, ya sea geométricas o ambientales. En primer lugar, se presentan los factores de corrección generales, dentro de los cuales se encuentra la corrección por humedad, duración de la carga y trabajo conjunto a flexión, y posteriormente los específicos que se deben aplicar según sea el caso a analizar (Pino, 2017)

**Madera.** Sustancia fibrosa y sólida con una notable resistencia a los daños biológicos. Representa la masa principal de los troncos de los árboles, excluyendo la corteza (Campos, 2007).

**Madera húmeda.** Se refiere a la madera aserrada que presenta un contenido de humedad superior al 18% (Del Real, 2012). Este alto nivel de humedad puede afectar las propiedades mecánicas y el comportamiento de la madera, influenciando aspectos como su resistencia, durabilidad, y susceptibilidad a deformaciones.

**Madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”.** Especie de árbol cuya madera, estudiada por sus propiedades físicas y mecánicas, es considerada para aplicaciones estructurales en construcción, debido a su potencial resistencia y durabilidad (Campos, 2007).

**Propiedades mecánicas de la madera.** Características relacionadas con la capacidad de resistir fuerzas y deformaciones. Incluyen atributos como elasticidad, resistencia, dureza y tenacidad, que pueden variar según la especie (Ordoñez & Lugo, 2016).

**Uso estructural.** Aplicación de materiales en componentes críticos de construcciones, seleccionados por su capacidad para soportar cargas y asegurar la integridad y seguridad estructural del edificio (Ordoñez & Lugo, 2016).

## RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo evaluar los esfuerzos admisibles de la madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” del centro poblado Yaquil - Conchán, con el fin de determinar su viabilidad para uso estructural de la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau”, ubicada en la ciudad de Chota. La muestra consistió en cinco árboles de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” extraídos del bosque montano del centro poblado Yaquil. Con un enfoque cuantitativo, se realizaron diversos ensayos mecánicos en la madera, tras lo cual se estimaron los esfuerzos admisibles mediante la aplicación de factores de corrección según la norma E.010. Los resultados mostraron que la densidad básica promedio de la madera es de  $1,000 \text{ kg/m}^3$ , lo que la sitúa en la categoría de densidad alta/media (grupo A). Las propiedades mecánicas revelaron una resistencia a la compresión paralela al grano de  $372.30 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a la flexión estática de  $675.93 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a la tracción paralela de  $755.42 \text{ kg/cm}^2$  y módulos de elasticidad que varían entre  $130,938.5$  y  $151,685.8 \text{ kg/cm}^2$ . Los esfuerzos admisibles obtenidos fueron: compresión paralela de  $186.15 \text{ kg/cm}^2$ , flexión de  $211.60 \text{ kg/cm}^2$ , cizallamiento paralelo al grano de  $20.57 \text{ kg/cm}^2$  y tracción paralela de  $188.85 \text{ kg/cm}^2$ , todos clasificados en el grupo A según la norma E.010. Basándose en estos datos, se diseñó la cobertura de madera de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, con correas de  $4'' \times 8''$ , brida superior e inferior de  $3'' \times 6''$  y  $3'' \times 8''$ , diagonal 1 y 2 de  $3'' \times 4''$  y  $3'' \times 6''$ , y montante de  $3'' \times 4''$ , con uniones y una placa base, asegurando su estabilidad estructural.

**Palabras clave:** densidad básica, resistencia mecánica, madera, módulo de elasticidad, esfuerzos admisibles.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the admissible stresses of "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" wood from the Yaquil - Conchán town center, in order to determine its viability for structural use in the covering of the sports slab of the I.E. Agropecuario "Almirante Miguel Grau", located in the city of Chota. The sample consisted of five trees of "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" extracted from the montane forest of the Yaquil town center. Using a quantitative approach, various mechanical tests were carried out on the wood, after which the allowable stresses were estimated by applying correction factors according to the E.010 standard. The results showed that the average basic density of the wood is 1,000 kg/m<sup>3</sup>, which places it in the high/medium density category (group A). Mechanical properties revealed a compressive strength parallel to the grain of 372.30 kg/cm<sup>2</sup>, static bending strength of 675.93 kg/cm<sup>2</sup>, parallel tensile strength of 755.42 kg/cm<sup>2</sup> and modulus of elasticity ranging from 130,938.5 to 151,685.8 kg/cm<sup>2</sup>. The allowable stresses obtained were: parallel compression of 186.15 kg/cm<sup>2</sup>, bending of 211.60 kg/cm<sup>2</sup>, shear parallel to the grain of 20.57 kg/cm<sup>2</sup> and parallel tension of 188.85 kg/cm<sup>2</sup>, all classified in group A according to standard E.010. Based on this data, the wood covering of the sports slab of the I.E. Agropecuario was designed with 4 "x8" purlins, upper and lower flange of 3 "x6" and 3 "x8", diagonal 1 and 2 of 3 "x4" and 3 "x6", and upright of 3 "x4", with joints and a base plate, ensuring its structural stability.

Key words: basic density, mechanical strength, wood, modulus of elasticity, allowable stresses.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La madera estructural sigue siendo un recurso fundamental en las construcciones tradicionales de muchos países en desarrollo (Lusambo, 2020). A lo largo del tiempo, en lugar de detener su evolución, ha habido un cambio en los sistemas constructivos (Molina, 2016). En la última década, se ha observado un aumento en el uso de la madera como material sostenible para cubiertas a grandes luces (Crocetti, 2016). Sin embargo, como argumenta Hussein et al. (2019), antes de su implementación, es crucial verificar las propiedades mecánicas de la madera y estimar sus esfuerzos admisibles de diseño en estado húmedo, ya que la humedad puede disminuir su resistencia mecánica (Wang et al., 2021).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), China encabezó la lista de principales consumidores de madera aserrada en 2019 con un 27%, seguido por los Estados Unidos de América con un 21%, Alemania con un 4%, Canadá y Japón con un 3% cada uno.

En el contexto peruano, las exportaciones de madera durante los primeros diez meses de 2021 alcanzaron la suma de 97 millones 681,000 dólares, reflejando un crecimiento del 32.2% en comparación con el mismo período en 2020 (El Peruano, 2021). Durante el año 2020, la madera aserrada, principal producto maderable de exportación del Perú, generó ingresos por valor de 25 millones de dólares. Sus principales mercados incluyeron a China (31.1%), Francia (17%), los EE.UU. (11.8%), México, República Dominicana, Dinamarca, Bélgica, Vietnam, Nueva Zelanda y Ecuador (WWF, 2021).

En el ámbito rural peruano, las construcciones son tradicionales, utilizan materiales propios del lugar, como: madera aserrada, tierra y piedra; pero, no se estudian las características, físico, mecánicas y elásticas de las maderas locales, por tanto, se desconoce, si estas especies forestales pueden formar parte de algún grupo (A, B, C) de clasificación estructural de la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2014). En 649 de los 1874 distritos del país, más del 90.0% (714,802) de las viviendas particulares tienen predominancia de adobe o tapia en sus paredes exteriores, siendo, uno de los distritos con mayor cantidad de estas viviendas, Conchán, ubicado en la provincia de Chota, Cajamarca (INEI, 2018).

En el centro poblado Yaquil, distrito de Conchán, construyen viviendas predominantemente con adobe o tapial con entrepisos, vigas, tijerales y techos de madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” (The Plant List, 2013), planta nativa endémica, que se encuentra en los bosques montanos del lugar, de fácil propagación, que puede llegar a medir 20 m de altura, con diámetro de tronco de 50 a 80 cm, según Fernández-Alonso & Hernández-Schmidt (2007), son árboles que se encuentra en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, en altitudes de 2800 a 3100 msnm, originaria de la sierra norte del Perú, Cajamarca.

Esta especie forestal no forma parte de las 25 especies madereras descritas en la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2014), por tanto, se realizó este estudio específico que permitió determinar sus propiedades físicas, mecánicas, elásticas y estimar sus esfuerzos admisibles para poder clasificarlo estructuralmente, así mismo, debido a que esta madera alcanza una altura considerable de crecimiento podría ser utilizada para la fabricación de vigas macizas o entramados de armaduras para su aplicación a coberturas, siendo una propuesta técnica para coliseos cerrados, locales comunales, u otras estructuras.

Por tanto, la investigación surgió ante la necesidad de explorar alternativas sostenibles y locales para materiales de construcción, particularmente en áreas rurales como Yaquil - Conchán, donde la disponibilidad de recursos convencionales puede ser limitada. A pesar de su abundancia en la región, la madera de *Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*) no ha sido ampliamente estudiada en términos de sus propiedades mecánicas y su idoneidad para aplicaciones estructurales. Por lo tanto, es crucial determinar si esta especie de madera cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para soportar las cargas y condiciones específicas de una estructura, como para la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario.

Siendo así se propuso la investigación, con el objetivo de evaluar los esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*)” de Yaquil para su utilización en coberturas, tal como, la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son los esfuerzos admisibles de la madera *Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*) del centro poblado Yaquil - Conchán, y en qué medida cumple con los requisitos de resistencia de la norma E.010 (MVCS, 2014) para su utilización estructural de la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario?

### 1.3. Justificación

La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” (The Plant List, 2013) es una especie forestal originaria de Cajamarca, cuyas propiedades físicas, mecánicas y elásticas se desconocían debido a que no se encuentra agrupada dentro de la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2014), sin embargo, por su altura de hasta 20 m, su diámetro de tronco de 50 a 80 cm, puede ser aserrada y utilizada como elemento estructural en coberturas de coliseos, casas comunales, viviendas, entre otros, siempre y cuando su uso estructural sea verificado previamente mediante el modelamiento digital.

Así mismo, la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” es utilizada actualmente por los pobladores del centro poblado Yaquil, para entrepisos, vigas, tijerales y techos de sus viviendas ya sean de adobe, tapial o albañilería confinada, por lo que era imprescindible tener información acerca de dicha madera.

Otro aporte importante, fue dar a conocer una madera nativa de la región de Cajamarca, que tiene diversos usos en la industria de la ingeniería civil, pero con limitadas investigaciones sobre su caracterización física, mecánica, y elástica.

Respecto al impacto al medio ambiente del uso de la madera, esta especie forestal tiene fácil propagación, por lo que su uso representa un efecto mitigable en el entorno ambiental, además de que se pueden plantear planes de reforestación de la especie forestal.

Por lo tanto, el estudio de esta madera no solo busca mejorar la seguridad y eficiencia en el uso estructural de la cobertura de la losa deportiva del colegio Agropecuario, sino también promover prácticas sostenibles en el uso de recursos forestales en la región de Cajamarca.

#### 1.4. Delimitación de la investigación

**Delimitación espacial:** Se desarrolló en el centro poblado Yaquil - Conchán, ubicado en Chota, región Cajamarca, Perú. El área de estudio se circunscribe específicamente al bosque montano de Yaquil, donde se encuentran los árboles de *Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*).

**Delimitación temporal:** La recolección de la madera y la realización de los ensayos se llevaron a cabo durante el año 2022-2023.

**Delimitación de la profundidad temática:** La investigación se centró en la evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera *Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*) para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Agropecuario. Además, abarca la clasificación de la madera en grupos según parámetros como densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles, así como su aplicación en el diseño de armaduras.

**Metodología:** La metodología cuantitativa empleada consistió en la tala controlada de cinco árboles de *Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*) con diámetros de tronco entre 15” a 30”, siguiendo los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 251.008. A partir de estos árboles se obtuvieron probetas en estado verde (húmedo), que fueron sometidas a ensayos de densidad básica, compresión paralela - perpendicular, tracción paralela – perpendicular, flexión estática y cizallamiento. Los parámetros mecánicos obtenidos se multiplicaron por los coeficientes especificados en la norma E.010 “Madera”, para determinar los esfuerzos admisibles. Posteriormente, se clasificó la madera en los grupos A, B o C según los resultados de los ensayos. Finalmente, se utilizó el programa SAP 2000 V21 para el modelamiento de la edificación y la cobertura de la losa deportiva.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar los esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau”, de la ciudad de Chota.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar la densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil.
- Determinar las propiedades mecánicas (compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, cizallamiento paralelo al grano, tensión paralela a las fibras, tensión perpendicular a las fibras) de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil.
- Determinar los esfuerzos admisibles (compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, cizallamiento, tensión paralela) de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil.
- Plantear el diseño de la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota, utilizando la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil - Conchán.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la revista Pollack Periodica, Kherais et al. (2024) en su investigación “El efecto del contenido de humedad sobre las propiedades mecánicas de la estructura de la madera” estudiaron las propiedades mecánicas de tres grupos de madera: A (natural), B (húmeda), C (húmeda pero cubierta con tratamiento) con densidades de 335-512, 263-399 y 303-500 kg.m<sup>-3</sup>, y humedades de 9-14, 34-65 y 14-30%, respectivamente. Estos grupos A, B, C alcanzaron módulos de rotura (MOR) de 52.29, 33.86 y 46.73 MPa, correspondientemente, además de módulos de elasticidad a flexión (MOE) de 11.21, 7.20 y 9.59 GPa, respectivamente. Por lo que, concluyeron que, la humedad de la madera tiene una influencia degradante significativa sobre sus propiedades mecánicas; sin embargo, el tratamiento superficial del material puede disminuir significativamente los efectos de deterioro de la humedad.

En la revista Engineering Structures, Zhao et al. (2023) en su investigación traducido del inglés como “Análisis experimental y de elementos finitos del comportamiento a flexión de vigas compuestas de acero y madera conectadas mediante tornillos con anclaje híbrido” llevaron a cabo una investigación sobre el comportamiento a la flexión de vigas compuestas de acero y madera conectadas mediante tornillos con anclaje híbrido. Se encontró que al utilizar resina epoxi y mortero como material de relleno en las vigas compuestas de acero y madera, los valores de rigidez al deslizamiento aumentaron significativamente en comparación con las vigas conectadas mediante tornillos ordinarios.

Específicamente, se observó un aumento del 18.79% y un 48.40% en la rigidez al deslizamiento, respectivamente, indicando una mayor efectividad del mortero. Estos resultados sugieren la importancia de considerar el tipo de material de relleno en la conexión de elementos de madera en aplicaciones estructurales, como armaduras de madera (con resistencia superior a 30 MPa).

En la revista *Construction and Building Materials*, Wen & Xiao (2023) llevaron a cabo una investigación sobre el comportamiento a la flexión de vigas de madera y bambú contralaminado (CLBT) y de madera contralaminada (CLT). Se encontró que las vigas CLBT presentan una rigidez y capacidad de flexión similares, e incluso mejores en algunos casos, que las vigas CLT correspondientes. Este hallazgo sugiere que el bambú y la madera contralaminados (CLBT) pueden ser considerados como una alternativa prometedora en la construcción, ofreciendo beneficios similares a los de la madera contralaminada (CLT). Este antecedente proporciona información valiosa sobre las propiedades y el comportamiento de diferentes tipos de madera contralaminada, lo cual puede ser relevante para la evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera.

En la revista *Forests*, Arriaga et al. (2023) en su artículo traducido del inglés como “Propiedades mecánicas de la madera: una revisión”, analizaron las propiedades mecánicas de la madera desde una perspectiva histórica y contemporánea. Para ello los autores revisaron artículos publicados y estándares europeos y norteamericanos para recopilar información sobre las propiedades mecánicas de la madera, determinando como resultados que la duración de la carga, el contenido de humedad, la calidad, la temperatura y el tamaño influyen significativamente en las propiedades mecánicas de la madera. Además, se

destacó la importancia de considerar la ortótropa al diseñar estructuras de madera. Determinaron que en promedio la madera aserrada presenta MOE de 7400-11000 N/mm<sup>2</sup>, con densidad de 350-420 kg/m<sup>3</sup>, y resistencia de 246-250 kg/cm<sup>2</sup> al ser utilizado como columna y de 53-56 kg/cm<sup>2</sup> al ser utilizado como panel. Concluyeron que, comprender las propiedades mecánicas de la madera es crucial para su uso sostenible en la construcción y otras aplicaciones.

En la revista *Progress in Organic Coatings*, Kabasakal et al. (2023) realizaron una investigación sobre las propiedades de la madera recubierta con nanocompuestos epoxi a base de aceites vegetales. Se encontró que los nanocompuestos mejoraron significativamente las propiedades superficiales y mecánicas de la madera. Específicamente, los grupos recubiertos mantuvieron una buena estabilidad de luminosidad en comparación con el grupo de control no recubierto. Las muestras de madera tratadas con una concentración de resina del 30% mostraron eficiencias de estabilidad dimensional del 48.5% al 70.59%, así mismo, el módulo de rotura (MOR) también fue entre un 12% a 20% mayor después del tratamiento. Estos hallazgos sugieren que el uso de nanocompuestos epoxi a base de aceites vegetales puede ser beneficioso para mejorar la durabilidad y las propiedades mecánicas de la madera,

En la revista *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, Augustina et al. (2023) llevaron a cabo un estudio sobre la estabilidad dimensional y las propiedades mecánicas de la madera Samama tratada con ácido cítrico a altas temperaturas de curado. Se observó que el aumento de las temperaturas de curado y el tratamiento térmico mejoraron la estabilidad dimensional de la madera, aunque estas mismas condiciones afectaron negativamente sus propiedades mecánicas. Específicamente, se encontró que la madera impregnada con ácido

cítrico presentó una mayor densidad, estabilidad dimensional y propiedades mecánicas en comparación con el tratamiento térmico. La densidad total (con un contenido de humedad del 12%) de la madera de samama antes del tratamiento era en promedio de  $0.32 \text{ g.cm}^{-3}$ . Los valores promedio de MOE y MOR fueron 4758.56 MPa y 59.40 MPa, 4778.28 MPa y 39.62 MPa, así como 4608.53 MPa y 53.07 MPa para los no tratados, los impregnados con CA y los tratados térmicamente, respectivamente. Estos resultados sugieren que el tratamiento con ácido cítrico podría ser una alternativa para mejorar las propiedades de la madera.

En la revista *Forests*, Barbu et al. (2023) analizaron las propiedades de la madera de *Paulownia tomentosa* x *elongata* (un híbrido de *Paulownia tomentosa* y *Paulownia elongata*) en plantaciones de Serbia, para ello recolectaron muestras de madera de diferentes partes del árbol y evaluaron diversas propiedades físicas y mecánicas. Midieron la densidad, la dureza Brinell, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad en función de la altura del tronco y la posición radial, determinando como resultados una densidad promedio de  $275 \text{ kg/m}^3$  en la parte superior del árbol (altura de 4.5–6 m) y de  $245 \text{ kg/m}^3$  para las muestras tomadas a 0–1 m de altura del tronco, resistencia a la flexión de  $41 \text{ N/mm}^2$  para la altura del tronco de 4.5–6 m y de  $45 \text{ N/mm}^2$  en la sección transversal, cerca del cambium. El MOR en las muestras tomadas a una altura del tronco de 4.5 a 6 m fue de hasta  $5000 \text{ N/mm}^2$ , y cerca de la corteza, el MOR fue de  $5250 \text{ N/mm}^2$  y una resistencia a la compresión, en la sección transversal, cerca del duramen, el valor promedio fue el más alto con  $23 \text{ N/mm}^2$  (4.5–6 m), mientras que fue de  $19 \text{ N/mm}^2$  cerca de la corteza. Destacaron la influencia, en la madera de *Paulownia* de rotación corta, de indicadores, como la variación de altura, sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera aserrada.

En la revista *In Proceedings of IASS Annual Symposia*, Murata (2019) presentó el diseño estructural del jardín de infancia Date City en la prefectura de Fukushima, Japón, utilizando madera de cedro japonés para luces de hasta 9.10 m. Se emplearon entramados de madera, como cerchas, columnas en forma de árbol y marcos recíprocos. Este antecedente resalta el uso innovador de la madera en estructuras de gran luz, lo cual podría ser relevante para la evaluación de la madera como elemento estructural.

En la revista *Materials Science and Engineering*, Parthasarathy et al. (2021) en su artículo traducido del inglés como “Análisis comparativo de cerchas 3D de acero y madera laminada encolada con ABAQUS” compararon las cerchas 3D de acero y madera laminada con Abaqus; determinando que, la armadura de madera laminada con restricciones laterales en cada cuarto de longitud del tramo mostró los mejores resultados en términos de deflexión y tensión desarrollada. El estudio concluye con un análisis de costo-beneficio (CBA) entre los sistemas de acero, glulam e híbrido Glulam-Bamboo, que compara la viabilidad de los diseños propuestos desde un punto de vista económico.

En la Universidad de Zambia Lusambo (2020) en su artículo traducido del inglés como “Construcción de tejados económica y de alta calidad con madera en rollo” determinó que los postes de madera son un material estructural autóctono de bajo coste, disponible en Zambia. Sin embargo, los métodos tradicionales de unión no aprovechan la fuerza de los postes y las estructuras carecen de durabilidad. Demostraron que las estructuras de madera redonda tienen una resistencia adecuada para su uso en diseños de estructuras. Sin embargo, a diferencia de la madera aserrada, en la actualidad no existen directrices en los códigos de construcción nacionales sobre el diseño y la construcción de

estructuras de madera en rollo. Concluyeron que, la madera en rollo es, de hecho, un material estructural relativamente fuerte en comparación con la madera aserrada, y los métodos de construcción de madera en rollo pueden ser sencillos, baratos y de alta calidad.

En la revista *Repairs and Maintenance of Heritage Architecture*, Robinson (2019) en su artículo traducido del inglés como “Análisis estructural de cerchadas de madera de San Paolo Fuori Le Mura, Roma, Italia” realizaron el análisis estructural de las cerchas de madera de San Paolo Fuori le Mura, Roma, concluyendo que, el análisis sugiere que las cerchas del FLM de San Paolo tenían un exceso de capacidad significativo, y que habrían funcionado bien con maderas de calidad relativamente baja, de allí la importancia de conocer los esfuerzos admisibles de la madera que se utiliza con fines estructurales.

En la revista *Materials Science and Engineering*, Byzov et al. (2020) en su artículo traducido del inglés como “Producción de vigas en I de madera a partir de elementos angulares para viviendas de poca altura” fabricaron vigas en I de madera a partir de elementos angulares para viviendas de poca altura. Determinaron las características de resistencia de una viga en I pegada a partir de elementos de sección transversal angular, determinando que los valores de esfuerzos cortantes que surgen tras la aplicación de cargas no superan el 50% de los valores admisibles. Por lo que concluyeron que, se puede utilizar la madera en rollo como recurso para la construcción de viviendas de poca altura.

En la Universidad EIA, Espitia & Tamayo (2021) en su investigación “Factibilidad técnica y económica de un sistema de entramado liviano de madera para viviendas de mediana altura en las laderas de Medellín” determinaron que es factible construir un sistema de entramado liviano, debido a que se garantiza la

resistencia de los elementos estructurales, paneles, viguetas, vigas, pies derechos, cumpliendo con las deformaciones admisibles, derivas máximas y esfuerzos de diseño, así mismo, con un tiempo de construcción de 8 meses, los costos totales son 7.10% y 8.2% menos que el edificio de mampostería y CLT, respectivamente.

En la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guerra (2019) en su tesis de maestría “Determinación de las propiedades mecánicas de la madera de la especie pino Oocarpa producida en la región suroeste de Chiquimula y su aplicación en vigas ensambladas tipo I” determinó que la madera de pino Oocarpa tenía resistencia a compresión paralela, tensión paralela, corte perpendicular, flexión estática y módulo de elasticidad de 307.10, 1015.04, 61.93, 494.02 y 87435.91 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Concluyendo que, estructuralmente la madera de pino Oocarpa puede ser usada como perfil tipo I, para longitudes de hasta 6.00 m libres, con una carga distribuida de hasta 250 kg/m, lo cual en casos prácticos corresponde a cubiertas metálicas, rieles de carga, entrepisos de madera, obra falsa, andamios o formaletas.

En la revista *Árvore*, Ruthes et al. (2022) en su artículo científico traducido del inglés como “Influencia del contenido de humedad en las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Vatairea sp*” realizaron ensayos en especímenes de madera con dos grupos, uno con humedad del 12% y en el punto de saturación de la fibra. Las muestras de madera de la especie *Vatairea sp*. provenientes del sur del estado de Roraima, Brasil, fueron suministrados por una empresa maderera de la ciudad de São Carlos, en Brasil, en un lote homogéneo de 1m<sup>3</sup>, en piezas con dimensiones nominales de 5 cm x 15 cm x 300 cm. Concluyendo que la mayoría de propiedades mecánicas no se vieron afectas por el contenido de humedad, con valores de resistencia a compresión paralela al grano de 49.91 MPa.

### 2.1.2. *Antecedentes nacionales*

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, Rosario (2023) tuvo como objetivo analizar las propiedades de la madera *Pinus maximinoi* de 19 años de Oxapampa, por ello utilizó la metodología establecida en la NTP 251.009-2016, determinando como resultado que el *Pinus maximinoi* presenta flexión estática, compresión paralela, perpendicular, dureza, cizallamiento y tenacidad de 132.1, 107.1, 19.5, 230.3, 57 kg/cm<sup>2</sup> y 1.7 kg-m respectivamente. Concluyó que la madera *Pinus maximinoi* tiene muy baja capacidad mecánica, así mismo, el módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática fueron mayores en el nivel basal en comparación con el nivel medio.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, Sanchez (2023) tuvo como objetivo analizar el efecto de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara Aubl (Marupa)*. Como resultados, determinó que el módulo de ruptura (MOR) y compresión perpendicular presentan diferencias significativas entre los niveles longitudinales del fuste, especialmente entre los niveles 1 y 3, y entre los niveles 1 y 2. La madera resultó de baja resistencia según el MOR y de mediana resistencia según la compresión perpendicular. Para las demás propiedades mecánicas, no se hallaron diferencias significativas entre los niveles longitudinales del fuste. El esfuerzo en el límite proporcional (ELP) tuvo un valor único de 199.97 kg/cm<sup>2</sup>; el módulo de elasticidad (MOE) fue de 58793.33 kg/cm<sup>2</sup>, indicando una madera muy flexible. La resistencia a compresión paralela fue de 252 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia al clivaje fue de 29 kg/cm, resultando en una madera muy hendible. La tensión perpendicular fue de 21.30 kg/cm<sup>2</sup>, indicando baja adherencia. La dureza de lados fue 201.95 kg/cm<sup>2</sup> y la dureza de extremos 366.22 kg/cm<sup>2</sup>, sugiriendo baja dureza.

La resistencia al cizallamiento fue de 55.61 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándola como de baja resistencia. Concluyó que las propiedades de la madera Marupa varían significativamente con los niveles longitudinales del fuste, destacando diferencias en el MOR y la compresión perpendicular al grano, pero no en otras propiedades. Por tanto, el aporte fue la identificación precisa de cómo varían las propiedades mecánicas de esta especie maderera según su nivel longitudinal, proporcionando información valiosa para su uso y aplicación en la industria maderera.

En la Universidad Peruana Unión, Chura & Muchica (2020) analizaron el uso de la madera *Pinus radiata* como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno. Extrajeron cinco árboles de pino en el vivero forestal Trapiche-Moho, y se aserraron para obtener vigas que fueron sometidas a ensayos de flexión a escala natural. También se construyó un tijeral tipo Howe para evaluarlo. Obtuvieron como resultados que la densidad básica fue de 0.45 g/cm<sup>3</sup> y la humedad fue de 27.25%. El módulo de elasticidad mínima y promedio fueron de 54,549.61 kg/cm<sup>2</sup> y 76,601.80 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, y el esfuerzo admisible a flexión fue de 89.091 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyeron que la madera de pino no clasifica en el grupo C, debido a que, no logra obtener la mínima capacidad mecánica. A pesar de su baja resistencia, se puede utilizar como material estructural según la evaluación de la armadura sometida a resistencia mecánica. El tijeral tipo Howe resistió una carga de 837.55 kg, superando ligeramente el resultado esperado de diseño de 826.82 kg. Por tanto, el aporte a la investigación fue la recomendación de realizar un nuevo grupo de especies maderables con resistencias más bajas que el grupo C, donde la madera de pino pueda ser clasificada, similar a lo que se ha realizado en Chile.

En la Universidad de Huánuco, Rubio (2021) tuvo como objetivo analizar las densidades básicas de la madera *Pona (Socratea Exorrhiza)* en el Valle del Monzón, Huánuco. Para ello, utilizó 15 piezas de madera para el análisis de la humedad y densidad básica. Los resultados mostraron que la humedad de la madera en estado saturado tuvo un promedio de 29.40%; en estado de humedad natural el promedio fue de 22.36%; y en estado saturado el promedio fue de 44.42%. La densidad básica promedio fue de 1.007 g/cm<sup>3</sup>. En estado seco, en estufa eléctrica a 103°C, se obtuvo un promedio de 1.133 g/cm<sup>3</sup>, y en estado ambiente normalizado fue de 1.180 g/cm<sup>3</sup>. Concluyó que la madera de Pona presenta propiedades que permiten su categorización dentro del grupo “A” según la norma E.010, lo que sugiere su idoneidad para diversos usos en la construcción y otros sectores. Por tanto, el aporte a la investigación fue proporcionar datos específicos sobre la madera Pona, contribuyendo a su evaluación y potencial uso en la industria maderera.

En la Universidad Peruana, De la Cruz (2020) tuvo como objetivo analizar el uso de la madera tornillo del grupo “C” en un sistema diseñado y uno convencional. Para ello, analizó las dimensiones del sistema “poste-viga o armadura”, tomando como referencia el sistema de pórtico conformado por columnas y vigas de la armadura tipo Pratt, que sirve como cubierta de la estructura. Para una edificación de 10 m de ancho y 18 m de largo, la base de la sección y la altura de la armadura de techo de madera es de 22 x 22 cm, para la carga admisible de 20941.95 kg, formando una deriva elástica de 0.0013 e inelástica de 0.0068. Los resultados mostraron que la estructura diseñada excede en un 15% el presupuesto total de la estructura convencional, debido al costo de los materiales y la mano de obra especializada requerida. Además, la

sobreexposición de los elementos estructurales a diversas patologías reduce la vida útil de la estructura y la hace más vulnerable a efectos naturales. Concluyó que, aunque el sistema estructural diseñado es más costoso, ofrece mejores dimensiones y comportamiento estructural comparado con el sistema convencional. Por tanto, el aporte fue proporcionar una comparación económica y técnica que puede ser útil para futuros proyectos de construcción que utilicen madera tornillo, optimizando así los recursos y mejorando la durabilidad estructural.

En la Universidad César Vallejo, Barreto & Poicón (2020) diseñaron una estructura de cubierta ecológica a base de bambú para losas deportivas multiusos en Piura. El estudio se enfocó en analizar las propiedades del bambú y los aspectos generales de su construcción, así como las implicaciones del diseño estructural utilizando este material. Determinaron que, las propiedades mecánicas eran 5 MPa a flexión, 16 MPa a tracción paralela, 13 MPa a compresión paralela, 1.3 MPa a compresión perpendicular para vigas de 10 a 12 cm de diámetro. Los análisis tanto estáticos como dinámicos demostraron que la estructura de bambú resiste las cargas gravitacionales y sísmicas, y que cada uno de sus elementos estructurales cumple con el diseño por esfuerzos admisibles según las normas pertinentes. Concluyeron que el bambú es un material excelente que cumple con las normativas y proporciona datos valiosos para futuras investigaciones sobre su uso en la construcción de proyectos. Por tanto, el aporte a la investigación fue demostrar la viabilidad del bambú como material estructural ecológico y proporcionar un modelo de diseño que puede ser aplicado en futuros proyectos de construcción de losas deportivas y otras estructuras similares.

### 2.1.3. Antecedentes regionales

En la revista Ciencia Norandina, Vásquez & Silva (2023) se propusieron examinar las características de la madera de *Pinus radiata* proveniente de Santa Clara, Chalamarca. Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionaron y recolectaron cinco árboles de pino con un diámetro de tronco superior a 12 pulgadas, de los cuales se elaboraron 40 probetas. Los resultados obtenidos mostraron una densidad básica de 0.50 g/cm<sup>3</sup>. Se observó que el módulo de elasticidad (MOE) en las direcciones paralela y perpendicular superaba los 90,000.0 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que en flexión estática el MOE fue de 55,000.0 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los esfuerzos admisibles, se registraron valores de 81.79 kg/cm<sup>2</sup> para flexión, 90.25 kg/cm<sup>2</sup> para compresión paralela, 112.53 kg/cm<sup>2</sup> para compresión perpendicular, 143.63 kg/cm<sup>2</sup> para tracción paralela y 8.10 kg/cm<sup>2</sup> para corte paralelo. A pesar de que la madera de *Pinus radiata* no cumplió con los criterios para ser clasificada en el grupo C, los investigadores concluyeron que aun así puede ser utilizada en diversas aplicaciones estructurales como pilares, tijerales, correas y armaduras, siempre y cuando se realice un adecuado diseño y modelado estructural. Por tanto, el aporte fue proporcionar datos específicos sobre la madera *Pinus radiata*, demostrando su aplicabilidad en la construcción estructural bajo ciertas condiciones y previo modelamiento adecuado.

En la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Sánchez (2023) evaluó las características físicas, mecánicas y elásticas de esta madera, conocida como Conchana, siguiendo la norma E010:2014. Se analizaron 54 vigas de diferentes peraltes (2, 2.5 y 3 pulgadas) en estados secos y húmedos. La densidad básica promedio fue de 1.01 g/cm<sup>3</sup>, clasificándola en el grupo A. Los módulos de elasticidad (MOE) a flexión en estado húmedo fueron 7,387.64, 9,914.27 y

14,134.59 MPa para peraltes de 2, 2.5 y 3 pulgadas, respectivamente, ubicándolas en las categorías C, B y A. La resistencia a flexión y los esfuerzos admisibles a flexión también aumentaron con el peralte, clasificándose en el grupo B. Se concluyó que el peralte influye en las propiedades mecánicas y elásticas, mejorándolas con su aumento, aunque todas las vigas se clasifican en la categoría B según la norma mencionada.

En la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Silva (2022) propuso clasificar la madera de *Polylepis Multijuga* (quinua) proveniente de Olmos Alto de Lajas. Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionaron cinco árboles de 10 años de edad, los cuales fueron cortados en trozas, viguetas y probetas siguiendo las especificaciones de la NTP 251.008, y se ensayaron las muestras en estado verde. Se determinaron las propiedades de resistencia a la flexión, tensión paralela, tensión perpendicular, compresión paralela, compresión perpendicular y cizallamiento de la madera, obteniendo valores de 338.54, 105.79, 47.06, 194.36, 116.15 y 70.40 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Los esfuerzos admisibles a flexión, tracción paralela, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo fueron de 105.98, 66.12, 97.18, 72.60 y 17.60 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Además, se registró una densidad básica promedio de 0.51 g/cm<sup>3</sup> y un módulo de elasticidad promedio de 90,030 kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado, se concluyó que esta especie forestal se clasifica en el grupo C según la norma E.010. Además, se realizó un modelado en ETABS de una vivienda típica dual con techo de viguetas de madera, verificando su cumplimiento con los modos de vibración y desplazamientos admisibles, validando así su aplicación estructural en Chota. Por tanto, el aporte a la investigación fue proporcionar datos precisos sobre las propiedades

mecánicas de la madera *Polylepis Multijuga*, confirmando su viabilidad para el uso estructural en construcciones ecológicas dentro de la provincia de Chota.

Burga (2022) en su investigación “Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” en relación con su edad, C.P. Cabracancha, Chota, 2020” presentada a la EPIC de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, determinó que los árboles de sauce de 10, 20, 30 y 40 años tenían resistencias a flexión estática de 255.89, 300.00, 373.01, 290.06 kg/cm<sup>2</sup>, a tracción paralela de 182.68, 226.31, 179.09, 258.84 kg/cm<sup>2</sup>, y a corte paralelo de 10.13, 9.26, 11.16, 10.86 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la madera *salix alba* de 30 años, se clasificaba en el grupo C según la norma E.010. Por tanto, el aporte a la investigación fue proporcionar datos precisos sobre las resistencias del sauce, lo cual es fundamental para su uso en aplicaciones estructurales.

En la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chuquimango (2021) tuvo como objetivo evaluar la idoneidad de la madera de eucalipto para aplicaciones estructurales en Chalamarca, con el fin de poder clasificarla dentro de un grupo estructural. Este estudio se caracterizó por su enfoque aplicado, su metodología cuantitativa y su alcance descriptivo simple, utilizando un diseño no experimental. Empleó un método de muestreo por conveniencia para seleccionar tres árboles de eucalipto con diámetros de 1.35 a 1.47m, 1.47m. Los resultados que obtuvo fueron una densidad básica de 0.79 (g/cm<sup>3</sup>) y humedad promedio del 4.46%. En cuanto a las propiedades mecánicas, se encontraron valores de cizallamiento de 123.3 (Kg/cm<sup>2</sup>), compresión paralela de 500.88 (Kg/cm<sup>2</sup>), flexión estática de 745.46 (Kg/cm<sup>2</sup>), tensión paralela de 2094.87 (Kg/cm<sup>2</sup>) y tensión perpendicular de 54.24 (Kg/cm<sup>2</sup>). A partir de estos resultados, calculó los esfuerzos admisibles para el diseño, siendo estos de 19.33 Kg/cm<sup>2</sup> para flexión,

18.09 Kg/cm<sup>2</sup> para tensión paralela, 24.52 Kg/cm<sup>2</sup> para compresión perpendicular y 1.52 Kg/cm<sup>2</sup> para corte paralelo. Concluyó, que la madera eucalipto se clasifica en el grupo A. El aporte radica en que, al verificar su conformidad con las normas técnicas establecidas, se garantiza su seguridad y eficacia en aplicaciones estructurales, lo que contribuye al desarrollo y la calidad en la región.

En la Universidad Privada del Norte, Valdera (2020) determinó que la madera tornillo tiene menor densidad que la madera eucalipto y copaiba en 31.25 y 51.74%, pero sus propiedades mecánicas con menores al eucalipto en 4.31%, pero mayores a la copaiba en 22.6%. La madera eucalipto y copaiba están en el grupo A y el tornillo en el grupo B. Concluyó que, la madera eucalipto y tornillo pueden ser usadas en encofrados como tablones, frisos, soleras, pies derechos, cuñas y barrotes. El aporte radica en el conocimiento sobre las propiedades de diferentes tipos de madera y su aplicabilidad, facilitando una toma de decisiones informada en la selección de materiales para encofrados y otros elementos estructurales.

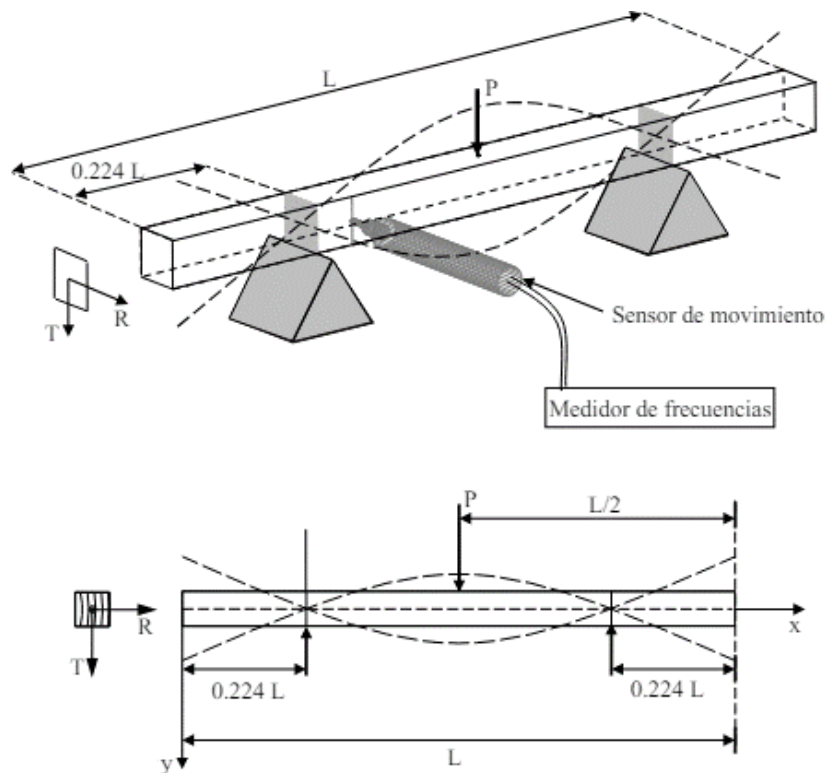
En la Universidad Privada del Norte, Guarniz (2020) determinó que las vigas de pino tenían resistencia a flexión de 530.35 y 539.26 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las vigas de eucalipto obtenían 1229.27 y 665.18 kg/cm<sup>2</sup> para vigas macizas y laminadas. Por lo que, concluyó que, las vigas de eucalipto son superiormente resistentes a flexión a las vigas de pino. Por lo tanto, su aporte radica en una comprensión detallada de la resistencia a flexión de dos tipos de madera comúnmente utilizados, subrayando la superioridad del eucalipto sobre el pino en términos de resistencia, lo que puede influir en la toma de decisiones para la selección de materiales en la construcción de vigas.

## 2.2. Bases teórico – científicas

### 2.2.1. Comportamiento elástico de la madera

Hernández (2010) describe que un sólido elástico es un tipo de cuerpo que se deforma cuando se somete a una fuerza externa y retorna a su forma original una vez que dicha fuerza cesa. Este comportamiento, observable en la mayoría de los materiales como la madera, se caracteriza por ser reversible, denominándose como comportamiento elástico. La madera es un material anisótropo, es decir, sus propiedades mecánicas (módulos de elasticidad, módulos de rigidez y coeficiente de Poisson) varían según la dirección en que se aplica la fuerza. Esto se debe a su estructura interna, que consta de tres ejes de simetría: longitudinal, tangencial y radial. En estos materiales, se observa típicamente una relación proporcional entre la magnitud de las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes, lo que se conoce como comportamiento elástico lineal.

**Figura 1** Esquema Ensayo Dinámico “d” Diagrama de la Probeta.



Nota: (Sotomayor, 2014).

### **2.2.2. Ley de Hooke generalizada para materiales ortotrópicos: Módulo de elasticidad de la madera**

La ley de elasticidad de Hooke es un principio esencial en la ingeniería que describe la respuesta de los materiales elásticos a las fuerzas aplicadas. Nombrada en honor al físico inglés Robert Hooke, esta ley establece que la deformación (alargamiento unitario) que sufre un cuerpo elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre él (Alonso, 2018).

$$F = k \times \Delta L \quad (1)$$

Donde: F: fuerza aplicada al material; k: es la constante elástica del material y  $\Delta L$ : elongación o variación en la longitud original del material.

La ley de Hooke se aplica a un cuerpo elástico hasta alcanzar un límite conocido como límite elástico. Más allá de este punto, el material puede experimentar deformaciones permanentes o incluso fallar. No obstante, dentro de los límites elásticos, la ley de Hooke proporciona una aproximación precisa para la mayoría de los cuerpos sólidos, como la madera (Alonso, 2018).

La madera es un material ortotrópico con una fuerte diferenciación de propiedades en los tres ejes principales: longitudinal, radial y tangencial (Figura 1), por lo que, para materiales como madera o materiales a base de madera, la ecuación (2) se aplica al estado ortotrópico tridimensional (Arriaga et al., 2023).

$$\varepsilon = S \times \sigma \quad (2)$$

Donde, S es la matriz de cumplimiento y  $\sigma$  el vector de tensión. Para un material ortotrópico como la madera, utilizando la matriz de cumplimiento [S] en la notación de Voigt, se puede expresar matricialmente. Por lo que, la ecuación 3 muestra la representación como matriz de rigidez [C] en forma análoga (Arriaga et al., 2023).

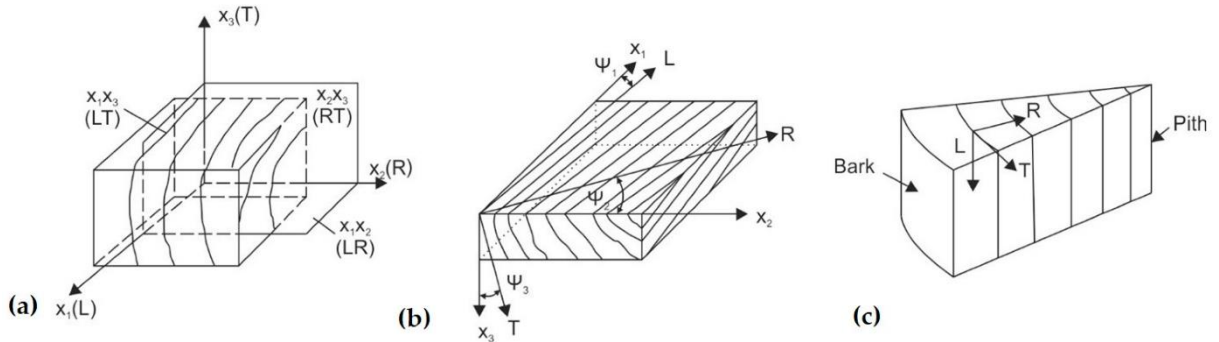
$$\sigma = C \times \varepsilon \quad (3)$$

Donde:

$$C = S^{-1} \text{ y } S = C^{-1} \quad (4)$$

## Figura 2

### *Direcciones Principales de la Madera*



Nota: (a) Ejes principales; (b) Coordenadas polares para la influencia del ángulo de grano (LR, LT) y la posición anual del anillo, ángulo del anillo (RT); (c) Sistema ortotrópico puro (dirección principal L longitudinal, R radial, T tangencial) (Arriaga et al., 2023).

Así mismo, en el caso específico de la madera, se puede relacionar la ley de Hooke con el módulo de Young (E), que caracteriza la rigidez de un material ortotrópico. Se define como la relación entre la tensión aplicada y la deformación unitaria:

$$\varepsilon = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (5)$$

Donde:  $d\sigma$  es la tensión (fuerza por unidad de área) aplicada a la madera y  $d\varepsilon$  es la deformación unitaria (alargamiento o acortamiento) de la madera.

Esta ley es aplicada a la madera en la medida en que describe cómo el esfuerzo aplicado a un material de madera se traduce en una deformación proporcional. Esto es especialmente relevante en la ingeniería estructural, donde se requiere una comprensión precisa de cómo los materiales responderán a diferentes esfuerzos y deformaciones.

### 2.2.3. Conexiones de madera para la formación de estructuras

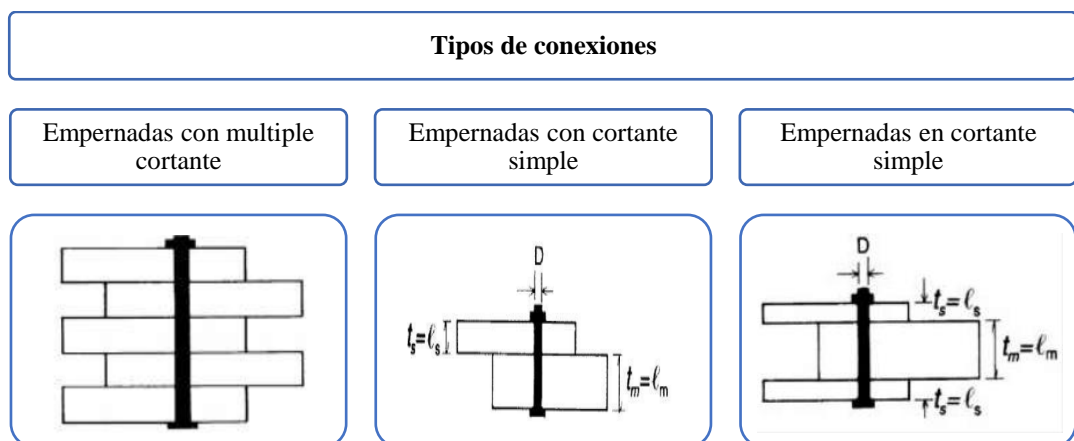
Se centra en las técnicas y consideraciones para diseñar conexiones seguras y eficientes en estructuras de madera. Examina la forma en que las piezas de madera se unen entre sí y cómo las conexiones afectan la estabilidad y resistencia de la estructura (Johansen, 1949).

Las conexiones son puntos críticos donde los elementos estructurales se unen y transfieren cargas, desempeñando un papel esencial en la estabilidad global de la estructura. La comprensión de los diferentes tipos de conexiones y sus comportamientos bajo diversas condiciones de carga es vital para el diseño seguro y eficiente de estructuras de madera (Galambos, 1998).

Según Gustafsson (2015), la capacidad de carga de las conexiones clavadas depende de factores como la densidad de la madera y el diámetro del clavo. En contraste, las conexiones atornilladas ofrecen mayor resistencia y son preferidas en aplicaciones que requieren conexiones desmontables o en situaciones donde las cargas son más elevadas (Johansen, 1949).

**Figura 3**

*Tipos de Conexiones*



Nota: (Saézn, 2014).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. *Myrcianthes rhopaloides***

*Myrcianthes rhopaloides*, comúnmente conocido como Arrayán o Palo Colorado, es un árbol nativo de los Andes de Sudamérica (Guerrero & Pozo, 2016).

#### **a) Hábitat**

Esta especie se encuentra en los bosques nublados y páramos de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Perú, a altitudes entre 2000 y 3500 msnm. Originario de la Sierra Norte de Perú, especialmente de Cajamarca, esta especie también se encuentra en otras regiones. Prefiere suelos ácidos y bien drenados (Guerrero & Pozo, 2016).

#### **b) Descripción botánica**

Comúnmente, alcanza hasta 20 m de altura y más de 50 cm de diámetro en su tronco. Su corteza, similar a la del guayabo, tiene parches lisos de color claro (Guffante, 2013).

Este árbol mediano presenta hojas opuestas, a veces verticiladas, de 5-7 cm, coriáceas y lustrosas con un color verde oscuro rojizo en la parte superior y verde claro en el envés. Sus frutos son bayas con una sola semilla que maduran de rojo a negro (Guerrero & Pozo, 2016).

Se caracteriza por ser árboles de crecimiento lento con una corteza que se exfolia y una madera de gran resistencia y dureza de color blanco. Sus hojas son lisas, de color pardo rojizo cuando jóvenes y verde oscuro al madurar, son persistentes y pueden ser cartáceas o coriáceas. Además, pueden tener glándulas visibles o no en una o ambas caras. Sus inflorescencias son axilares, presentándose en dicasios de 3-7 flores, con la flor terminal sésil y las laterales generalmente pediceladas, la inflorescencia puede reducirse a una sola flor (Guerrero & Pozo, 2016).

c) Usos

La madera de *Myrcianthes rhopaloides* es dura y se utiliza localmente para la construcción y como leña. Los frutos son comestibles y tienen un sabor agridulce. Además, la especie se planta como ornamental por su follaje perenne y sus vistosas flores y frutos (Guffante, 2013).

**Figura 4**

*Myrcianthes Rhopaloides de Cajamarca*



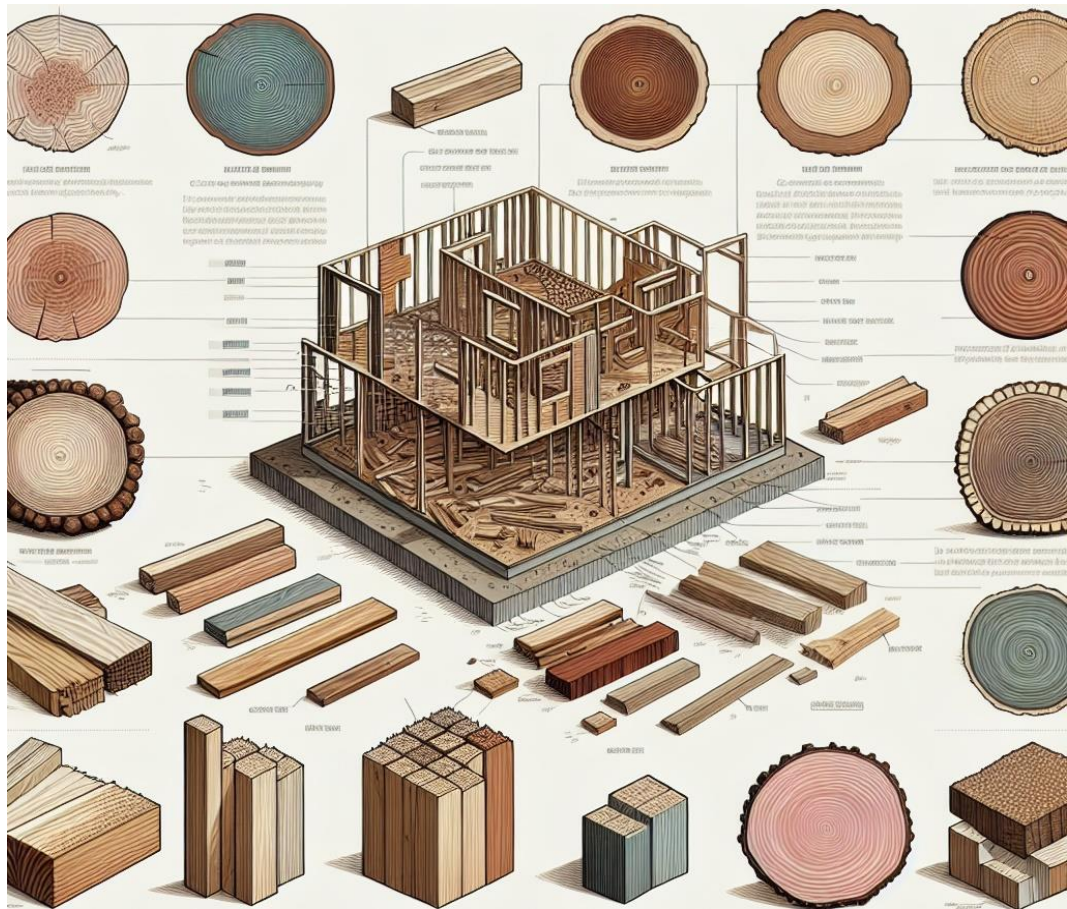
Nota: (Field Museum of Natural History, 2022).

### 2.3.2. Madera

Es un material sólido, poroso y heterogéneo capaz de resistir solicitudes externas que buscan deformarla o alterar sus dimensiones. Su heterogeneidad se evidencia en la variabilidad observada en muestras tomadas de la misma especie, diferentes árboles, o incluso del mismo árbol, reflejando diferencias significativas en densidad y resistencia (Perez, 2019).

La madera, definida como el conjunto de tejidos que componen el tronco de los vegetales leñosos sin incluir la corteza, es un material orgánico natural con estructura celular. Estas células están orientadas en direcciones ortogonales principales; longitudinal, radial y tangencial; contribuyendo a la naturaleza heterogénea y anisótropa de la madera (López, 2021).

**Figura 5** Madera y su Uso Estructural



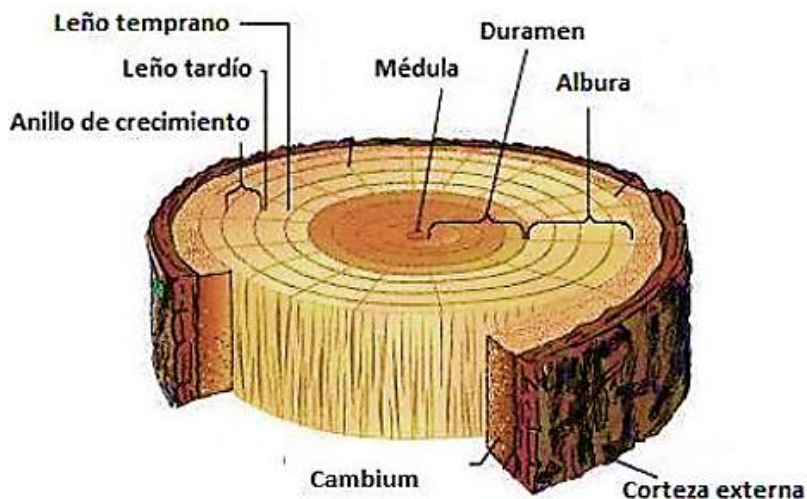
Nota: Adaptado de (López, 2021).

### 2.3.2.1. Estructura del tronco

Está constituido de varias capas, incluyendo la corteza, el cámbium, el xilema y el floema, los cuales desempeñan funciones vitales para el crecimiento del árbol (Schweingruber, 2007).

- **Corteza:** Capa más externa del tronco y está compuesta por dos subcapas: la corteza externa (o ritidoma) y la corteza interna (o floema) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).
- **Cambium:** Delgada capa de tejido meristemático entre la corteza y el xilema. Responsable del crecimiento radial del árbol, produciendo floema y xilema. Es esencial para el engrosamiento del tronco, permitiendo al árbol aumentar su diámetro cada año (Lachaud et al., 1999).
- **Xilema:** También conocido como madera, es la parte más extensa del tronco y está compuesto por células lignificadas que proporcionan soporte estructural al árbol (Belmonte & Torres, 2020).
- **Floema:** Tejido responsable del transporte desde las hojas hacia el resto del árbol. Se encuentra justo afuera del cámbium y es crucial para la distribución de nutrientes (Megías et al., 2020).

**Figura 6** Corte Transversal del Tronco del Árbol para ver su Estructura



Nota: (Su, 2015).

### **2.3.2.2. Producción y transformación de la madera**

La producción de madera implica la tala de los árboles, seguida de la transformación de la madera en productos finales. La transformación de la madera puede incluir procesos como el secado, el planchado, el tallado y el ensamblado. La madera también puede ser procesada para crear productos como la madera laminada, que se utiliza en la construcción de edificios de gran altura (Fuentes et al., 2023).

**Aserrado.** Es el proceso inicial en la conversión de troncos en madera aserrada. Este proceso implica cortar el tronco en piezas más pequeñas y manejables que pueden ser utilizadas en la construcción, mobiliario, y otras aplicaciones (Estrada & Bustamante, 2020).

**Secado.** Es un proceso crítico en la producción maderera. Este proceso reduce el contenido de humedad de la madera, lo cual es esencial para evitar problemas como el encogimiento, hinchazón, y ataques de hongos e insectos. Hay dos métodos principales de secado: el secado al aire libre y el secado en horno (Estrada & Bustamante, 2020).

**Protección:** La protección de la madera es fundamental para prolongar su vida útil y mantener sus propiedades mecánicas y estéticas. Esta protección puede ser física o química (Estrada & Bustamante, 2020).

### **2.3.2.3. Manufactura de la madera**

La manufactura de la madera implica la transformación de la madera en productos específicos. Esto puede incluir procesos como el cortado, el tallado, el ensamblado y el acabado. La manufactura de la madera también puede involucrar la creación de productos como el hilo de madera, los tableros de partículas, los tableros de fibras y los tableros contrachapados (Fuentes et al., 2023).

### 2.3.3. *Propiedades físicas de la madera*

Las propiedades físicas de la madera se refieren a las características que describen su comportamiento y composición química. Estas propiedades son fundamentales para evaluar la calidad y el uso de la madera en diferentes aplicaciones (Calvo et al., 2007).

#### **a) Contenido de humedad**

Se expresa como un porcentaje de la relación entre su masa en estado húmedo (peso del agua contenida) con respecto al peso de la madera absolutamente seca. Existen dos tipos de humedad: la ligada o higroscópica, que empapa la membrana celular, y la libre o capilar, que llena la cavidad de las células y los espacios intercelulares (Mata, 2011).

$$\text{Cont. humedad} = \frac{\text{Peso madera} - \text{Peso madera seca}}{\text{Peso de la madera seca}} \times 100 \quad (6)$$

La madera contiene humedad en tres formas distintas: agua libre, que llena los espacios intercelulares y los lúmenes celulares; agua de impregnación adsorbida, que satura los espacios submicroscópicos de la pared celular; y agua de constitución, que es parte integral de las células y tejidos (Calvo et al., 2007).

#### **b) Densidad básica de la madera**

Relación entre el volumen y el peso de la madera, expresada en g/cm<sup>3</sup>. Es importante tener en cuenta que, debido a las variaciones naturales en los árboles, incluso dentro de la misma especie, puede haber diferencias en la densidad debido a factores como el lugar de crecimiento, la edad y la disponibilidad de nutrientes (Calvo et al., 2007).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Donde:  $\rho$  es la densidad de la madera, kg/m<sup>3</sup>,  $m$  la masa de la madera, kg, y  $V$  el volumen de la madera, m<sup>3</sup>.

#### **2.3.4. Propiedades mecánicas de la madera**

Las propiedades mecánicas de la madera se refieren a su resistencia a diferentes tipos de cargas y esfuerzos, incluyendo resistencia a compresión, flexión y tensión, así como su capacidad para recuperar su forma original después de ser deformada (Silva, 2022).

##### **2.3.4.1. Módulo de rotura (MOR)**

Capacidad máxima para resistir la deformación antes de alcanzar el punto de ruptura bajo carga. Representa la fuerza máxima que puede soportar el material antes de fracturarse (Silva, 2022).

##### **2.3.4.2. Módulo de elasticidad (MOE)**

También conocido como módulo de Young, es una medida de la rigidez de la madera, es decir, su capacidad para deformarse elásticamente bajo carga. Indica la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación resultante dentro del rango elástico del material (Silva, 2022).

##### **2.3.4.3. Esfuerzo al límite proporcional a las fibras (ELP)**

Es el esfuerzo máximo que puede soportar la madera antes de que comience a deformarse permanentemente, pero sin llegar al punto de ruptura. Representa el punto en el cual la relación entre el esfuerzo y la deformación ya no es lineal, marcando el límite entre el comportamiento elástico y el plástico del material (Silva, 2022).

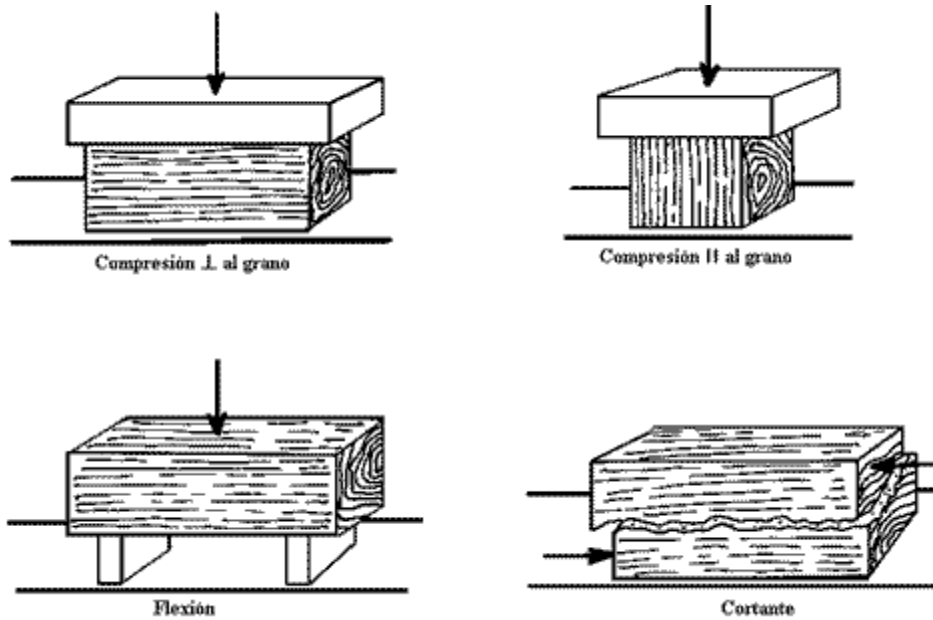
##### **2.3.4.4. Resistencia máxima**

Es la máxima capacidad de carga que puede soportar la madera antes de fracturarse. Este valor se obtiene al aplicar una carga máxima a la muestra y es crucial para determinar la capacidad de carga estructural de la madera en

aplicaciones específicas. De acuerdo a la dirección del esfuerzo al que es sometido puede ser a compresión, flexión o tracción (Silva, 2022).

**Figura 7**

*Tipos de Esfuerzos a los que Puede ser Sometida la Madera*



Nota: Adaptado de (Silva, 2022).

**Resistencia a la compresión paralela a las fibras.** Esta propiedad es crítica ya que determina cómo la madera puede soportar cargas sin fallar. Aunque la madera no se rompe claramente bajo compresión, las fibras pueden aplastarse, permitiendo que la madera soporte aún más carga. La compresión perpendicular a las fibras suele ser alta debido a errores en el dimensionamiento de apoyos, pero generalmente no resulta en fallas catastróficas, a diferencia de la compresión paralela que puede comprometer estructuralmente a los pilares (Pérez A. , 2014).

$$ELP = \frac{P'}{A} \tag{8}$$

$$RM = \frac{P}{A} \tag{9}$$

$$MOE = \frac{P'L}{AD} \tag{10}$$

Donde: ELP esfuerzo al límite proporcional, RM resistencia máxima por compresión axial, MOE módulo de elasticidad, P' carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, P carga máxima soportada, A superficie de la sección transversal, L distancia entre las abrazaderas del deflectómetro, D deformación experimentada por la probeta al límite proporcional.

**Resistencia a compresión perpendicular a las fibras.** Cuando la madera recibe carga perpendicular a las fibras, estas se comprimen aumentando la densidad de la madera y su capacidad para resistir más carga, actuando como pequeños cilindros que soportan el peso sin una falla definida (López, 2021).

$$ELP = \frac{P'}{S} \quad (11)$$

Donde: ELP esfuerzo al límite proporcional, P' carga al límite proporcional, S superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión.

**Resistencia a flexión estática.** Esta capacidad describe cómo una viga o pieza de madera resiste la deformación bajo carga. Si el esfuerzo no excede el límite de elasticidad de la madera, esta puede volver a su forma original una vez que la carga es removida. La tensión es máxima en las fibras en la parte inferior de la pieza, donde se produce el mayor estiramiento (Urban, 2013).

$$ELP = \frac{3P'L}{2ae^2} \quad (12)$$

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2} \quad (13)$$

$$MOE = \frac{P'L^3}{4ae^3Y} \quad (14)$$

Donde: ELP esfuerzo al límite proporcional, MOR módulo de ruptura, MOE módulo de elasticidad, P carga máxima, P' carga al límite proporcional, L distancia entre soportes, a ancho de probeta, e espesor de probeta, Y deflexión en el centro de la luz al límite proporcional.

**Tensión paralela a las fibras.** Esta tensión se ve afectada por la orientación de las fibras. Una inclinación de las fibras altera significativamente la resistencia de la madera, siendo considerablemente menor cuando las fibras no están alineadas con la carga (Alarcón & Olarte, 2013).

$$MOE = \frac{P'L}{ab\Delta} \quad (15)$$

$$MOR = \frac{P}{ab} \quad (16)$$

Donde: MOE módulo de elasticidad, MOR módulo de rotura, L distancia entre abrazaderas, P' carga en el límite proporcional,  $\Delta$  incremento constante de la deformación de la probeta, a espesor de la probeta, b ancho de la probeta en la sección reducida, P carga de rotura de la probeta.

**Tensión perpendicular a las fibras.** Esta es una propiedad clave cuando la madera es sometida a cargas perpendiculares a las fibras, como en los puntos de apoyo de las vigas, donde la madera debe ser capaz de transmitir la carga sin deformarse significativamente (Pacheco, 2006).

$$ET = \frac{P}{A} \quad (17)$$

Donde, ET esfuerzo de tracción, P carga a la que se produjo la falla, A área de la sección mínima.

**Cizallamiento.** Este esfuerzo ocurre cuando las piezas de madera están bajo flexión y experimentan corte. Los esfuerzos de corte varían dependiendo de la orientación de las fibras respecto al eje del elemento, siendo generalmente más baja la resistencia cuando el corte es paralelo a las fibras (Perez, 2019).

$$Resistencia\ cizallamiento = \frac{P}{A} \quad (18)$$

Donde, P es la carga máxima soportada por la probeta, A la superficie del plano en el que se produce el cizallamiento.

### 2.3.5. Esfuerzos admisibles de la madera

Son valores de resistencia mecánica obtenidos a partir de pruebas experimentales.

En la madera, debido a su naturaleza ortotrópica y alta variabilidad natural, estos valores deben ajustarse considerando factores como defectos, variabilidad, contenido de humedad y tipo de esfuerzo (Moya-Roque & González, 2013).

**Esfuerzos admisibles para diseño:** son los límites máximos de tensión que una pieza de madera puede soportar de manera segura sin fallar. Estos límites son fundamentales para garantizar la integridad y seguridad de las estructuras de madera (Bacón & Diaz, 2016).

$$Esfuerzo\ admisible = \frac{F.C \times F.T.}{F.S.x \times F.D.C.} \times Esfuerzo\ básico \quad (19)$$

Donde, para determinar el esfuerzo admisible, F.C es el coeficiente de reducción por calidad, F. T es el coeficiente de reducción por tamaño, F.S es el coeficiente de seguridad, y F.D.C es el coeficiente de duración de carga.

**Esfuerzos admisibles modificados para diseño:** Estos esfuerzos se ajustan para considerar diversas condiciones y factores que afectan el comportamiento del material en servicio (Bacón & Diaz, 2016).

**Coefficientes de modificación:** Son valores límite que se determinan a partir de las propiedades mecánicas de la madera obtenidas a través de ensayos estandarizados (Verástegui , 2016).

**Tabla 1** Coeficientes de Modificación para Determinar Esfuerzos Admisibles

|                          | F.C. | F.T. | F.S.   | F.D.C. |
|--------------------------|------|------|--------|--------|
| Flexión                  | 0.8  | 0.9  | 2      | 1.15   |
| Compresión paralela      | *    | *    | 1.6    | 1.25   |
| Corte paralela           | *    | *    | 4.00** | *      |
| Compresión perpendicular | *    | *    | 1.6    | *      |

Nota: (\*) Incluido en F.S. (\*\*) Incluye (2) coeficiente por concentración de esfuerzos (MVCS, 2014).

### 2.3.6. Clasificación estructural de la madera según la norma E.010

La Norma E010 dada por el MVCS (2014), se rige por tres aspectos primordiales: la densidad básica, el módulo de elasticidad y los esfuerzos admisibles, para el agrupamiento de maderas para uso estructural en tres clases A, B y C, de acuerdo al cumplimiento de los requisitos para incorporación de nuevas especies.

**Tabla 2**

*Densidad Básica*

| Grupo | Densidad Básica g/cm <sup>3</sup> |
|-------|-----------------------------------|
| A     | ≥ 0.71                            |
| B     | 0.56 a 0.70                       |
| C     | 0.40 a 0.55                       |

Nota: (MVCS, 2014).

**Tabla 3**

*Módulo de Elasticidad (E)*

| Grupo | Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) |                  |
|-------|---|------------------|
|       | E mínimo  | E promedio       |
| A     | 9 316 (95 000)                                      | 12 748 (130 000) |
| B     | 7 355 (75 000)                                      | 9 806 (100 000)  |
| C     | 5 394 (55 000)                                      | 8 826 (90 000)   |

Nota: El módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras (MVCS, 2014).

**Tabla 4**

*Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm<sup>2</sup>)*

|   | Flexión (F <sub>m</sub> ) | Tracción                | Compresión              | Compresión                   | Corte                   |
|---|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
|   |                           | paralela F <sub>t</sub> | paralela F <sub>c</sub> | perpendicular F <sub>c</sub> | paralelo F <sub>v</sub> |
| A | 20.6 (210)                | 14.2 (145)              | 14.2 (145)              | 3.9 (40)                     | 1.5 (15)                |
| B | 14.7(150)                 | 10.3 (105)              | 10.8 (110)              | 2.70 (28)                    | 1.2 (12)                |
| C | 9.8(100)                  | 7.3 (75)                | 7.8 (80)                | 1.5 (15)                     | 0.8 (8)                 |

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo. (\*\*) Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca (MVCS, 2014).

### 2.3.7. Usos y aplicaciones de la madera en construcción

Material ampliamente utilizado en la construcción debido a sus excelentes propiedades estructurales. A lo largo de la historia, ha sido fundamental en la edificación de viviendas, edificios comerciales y puentes (Ordoñez & Lugo, 2016).

La madera es un material versátil y ampliamente utilizado en la construcción, con aplicaciones que van desde la fabricación de muebles hasta la construcción de elementos estructurales y la promoción de la construcción sostenible. Su uso en combinación con el diseño paramétrico puede ser una opción para modificar las prácticas del sector de la construcción y tener un futuro positivo en la arquitectura (Maromi, 2010).

La madera también se utiliza en la construcción de elementos estructurales, como tablas y vigas, debido a sus propiedades mecánicas y su capacidad para soportar cargas dinámicas (Maromi, 2010).

**Figura 8** Usos y aplicaciones de la madera en construcción



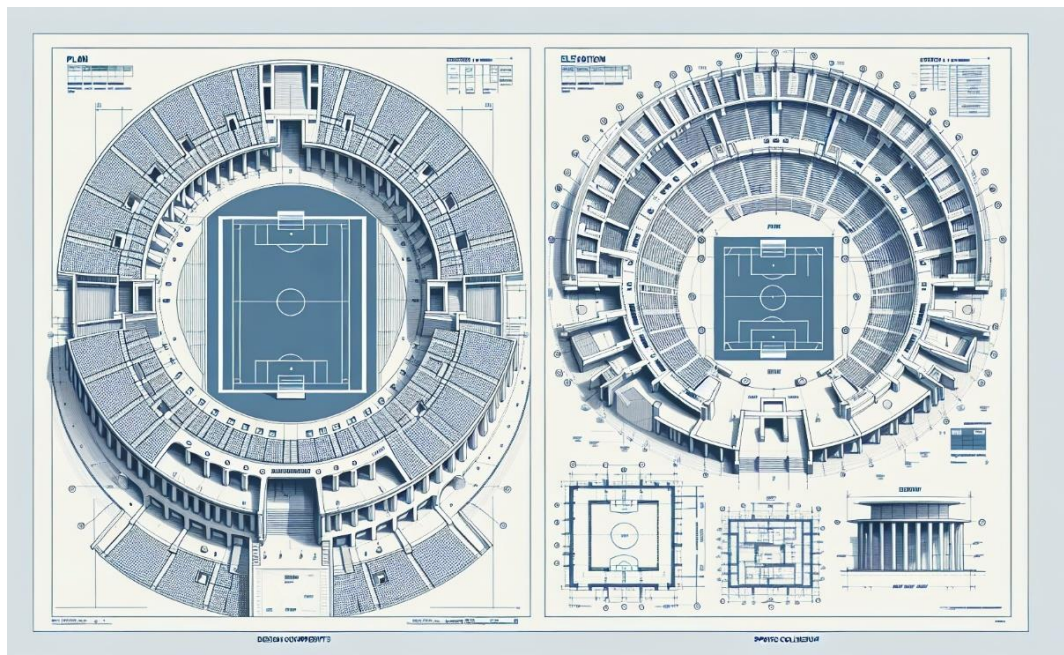
Nota: (Ordoñez & Lugo, 2016)

### 2.3.8. Coliseo deportivo

Un coliseo deportivo es un recinto destinado a albergar eventos deportivos y competiciones, generalmente con capacidad para varios cientos o miles de espectadores. Estos espacios suelen ser diseñados para ofrecer una variedad de instalaciones y servicios que facilitan la práctica y la observación de diferentes deportes (Claudet, 2015).

El coliseo deportivo es un tipo de infraestructura que se utiliza para promover actividades deportivas y eventos sociales en una comunidad. Es una instalación diseñada para albergar eventos deportivos, competiciones y otras actividades recreativas o culturales. Estos recintos suelen ser de gran tamaño y están equipados con diversas áreas y servicios para acomodar tanto a los atletas como a los espectadores. Un coliseo deportivo puede ser un espacio multifuncional, permitiendo la realización de una amplia gama de deportes y eventos, desde baloncesto y voleibol hasta conciertos y espectáculos (Claudet, 2015).

**Figura 9** Coliseo Deportivo



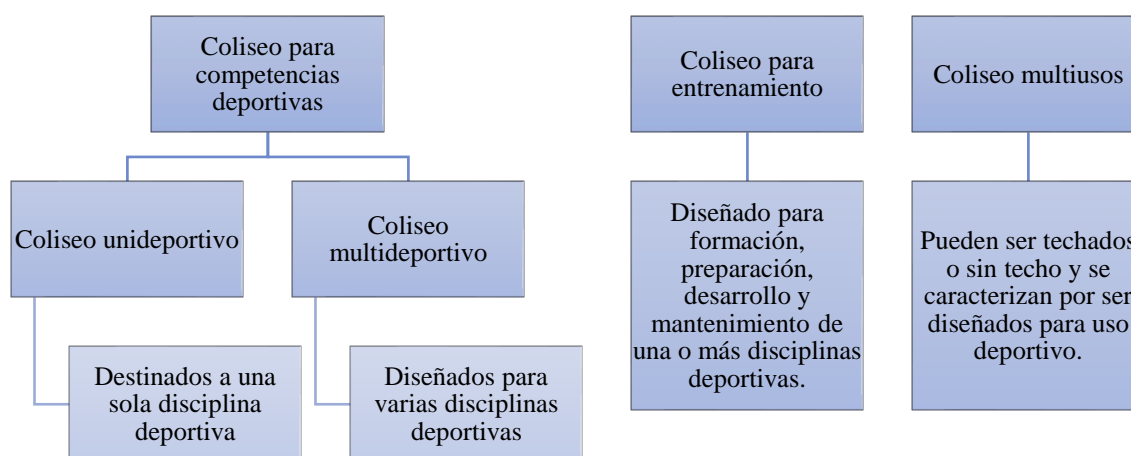
Nota: (Claudet, 2015).

### 2.3.8.1. Clasificación de coliseos deportivos

Los coliseos deportivos pueden clasificarse en función de su capacidad, tipo de deportes que se practican y otros factores. A continuación, se presentan algunas categorías comunes: (Herrero, 2012)

- **Coliseos unideportivos:** Estos coliseos están diseñados para albergar una variedad de deportes, como baloncesto, voleibol, fútbol, etc. Tienen una capacidad generalmente moderada y ofrecen instalaciones para varios deportes.
- **Coliseos multideportivos:** Estos coliseos son similares a los unideportivos, pero su capacidad es mayor y pueden albergar eventos más grandes y complejos. A menudo, incluyen instalaciones para diferentes deportes y eventos culturales.
- **Coliseos específicos:** Estos coliseos están diseñados para un deporte específico, como fútbol, baloncesto, hockey, etc. Tienen instalaciones y características adaptadas a las necesidades de ese deporte en particular.
- **Coliseos multiusos:** Pueden ser techados o sin techo y se caracterizan por ser diseñados para uso deportivo.

**Figura 10** *Clasificación de los Coliseos Deportivos*



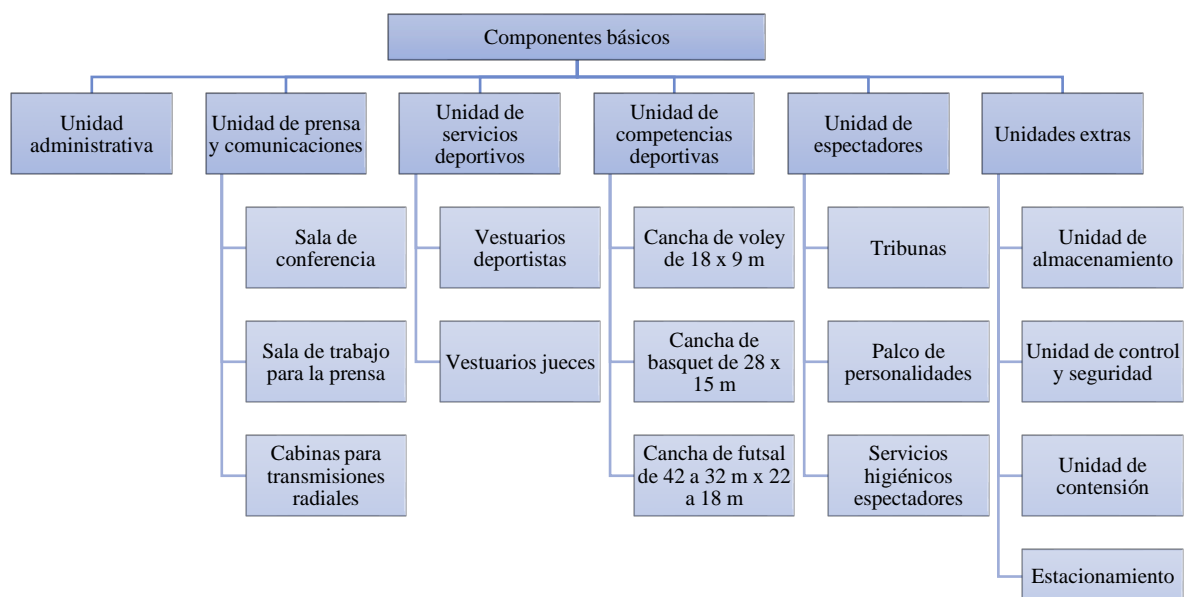
Nota: (Herrero, 2012).

### 2.3.8.2. Componentes básicos de un coliseo deportivo

Un coliseo deportivo generalmente incluye los siguientes componentes básicos: (Herrero, 2012)

- **Pista o Cancha:** La superficie principal donde se desarrollan los eventos deportivos. Es el elemento central de un coliseo deportivo, diseñado específicamente para la práctica de deportes. Su superficie y dimensiones varían según el tipo de deporte que se practique, como baloncesto, fútbol sala, voleibol.
- **Gradillas:** Las gradas permiten a los espectadores sentarse y observar los eventos.
- **Tribunas:** Las tribunas son secciones de asientos que rodean la pista o cancha.
- **Pisos:** Los pisos pueden ser utilizados para eventos de entretenimiento, como conciertos o espectáculos.
- **Servicios:** Los servicios incluyen instalaciones de baño, áreas de descanso y servicios de seguridad.

**Figura 11** Componentes de un Coliseo Deportivo



Nota: Adaptado de (Herrero, 2012).

### 2.3.8.3. Dimensiones reglamentarias de un coliseo deportivo

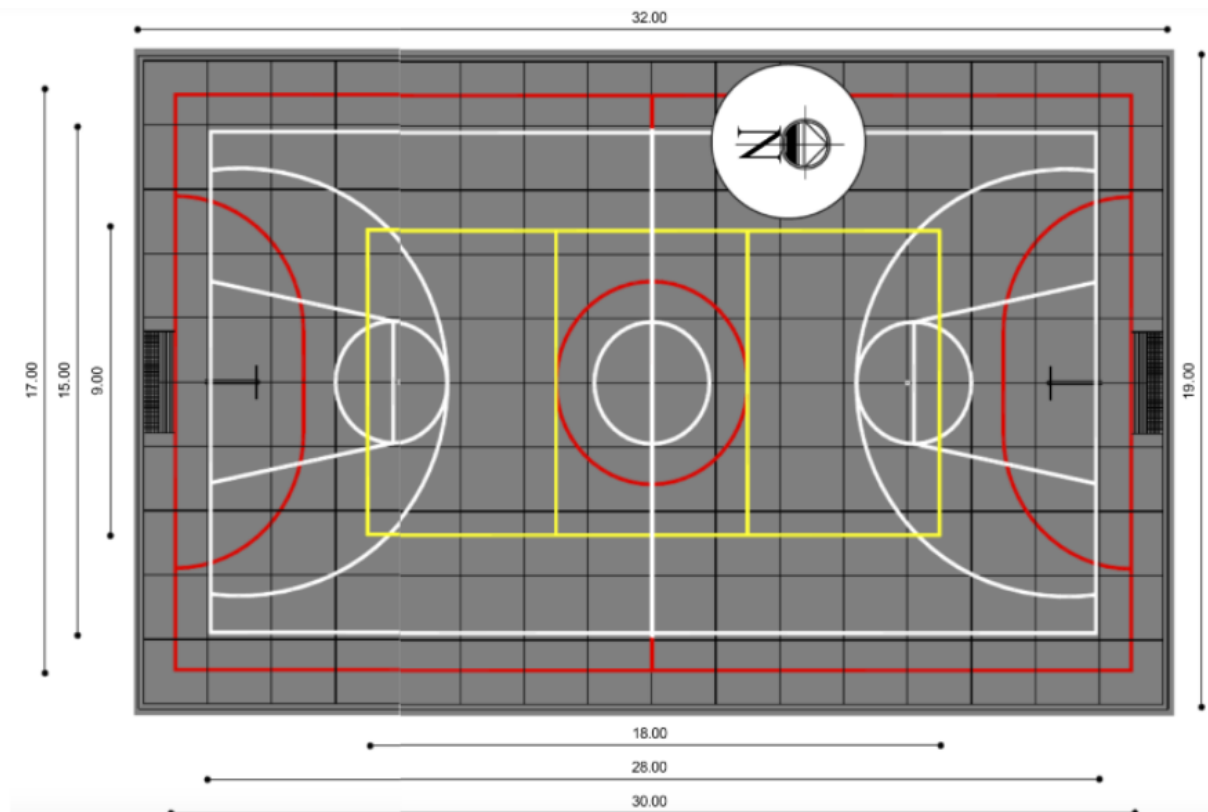
Las dimensiones de un coliseo deportivo pueden variar según su capacidad y propósito. Sin embargo, aquí se presentan algunas dimensiones generales:

(Asociación del fútbol argentino, 2011)

- Largo: Entre 30 y 150 m.
- Ancho: Entre 20 y 100 m.
- Altura: Entre 5 y 30 m.

**Figura 12**

*Dimensiones de una Cancha Múltiple*



Nota: adaptado de (Pérez M. d., 2018).

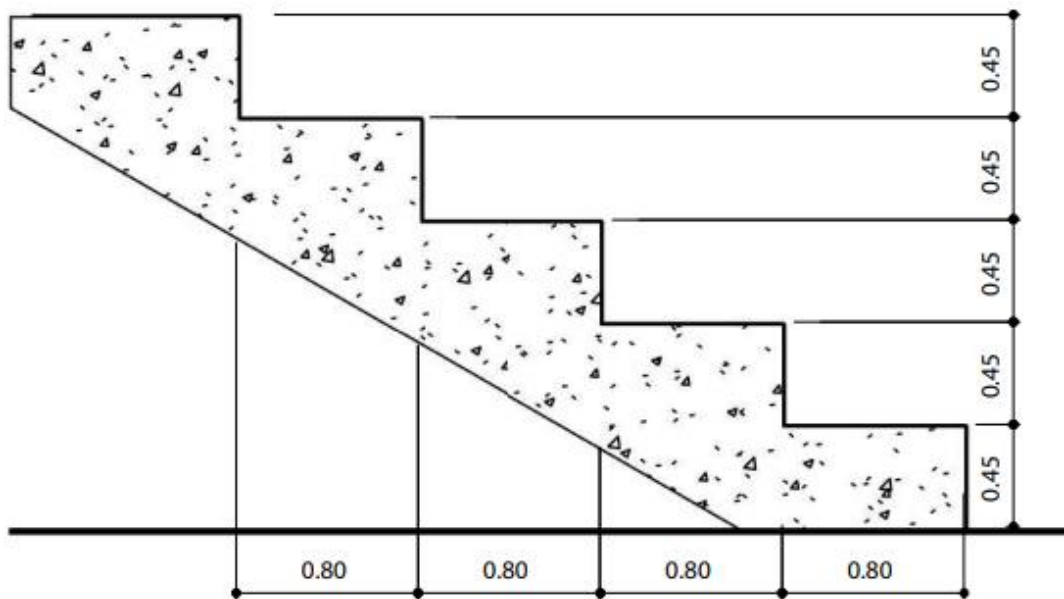
Es importante tener en cuenta que estas medidas no son generalizadas y pueden variar dependiendo del tipo de evento que se llevará a cabo en el estadio, así como de las normativas y regulaciones locales y de organizaciones deportivas (Asociación del fútbol argentino, 2011).

#### 2.3.8.4. Dimensiones de graderíos

Los graderíos tendrán una altura máxima de 0,45 m y una profundidad mínima de 0,70 m. En caso de utilizarse butacas, estas deberán ajustarse a las normativas de las salas de espectáculos. Si los graderíos están cubiertos, la altura libre mínima del piso al techo será de 3,00 m. Cada espectador dispondrá de un ancho mínimo de 0,60 m. Se garantizará un drenaje adecuado para la evacuación de aguas lluvias, con una pendiente mínima del 2%. Además, desde cualquier punto del graderío, los espectadores deberán tener una visibilidad perfecta, conforme a lo establecido para las salas de espectáculos (Díaz & Peñaloza, 2018).

**Figura 13**

*Dimensiones de graderías*



Nota: (Díaz & Peñaloza, 2018).

En los graderíos de madera, esta deberá ser "dura" para resistir el fuego, con un espesor mínimo de 0,05 m determinado por cálculos de resistencia. Cada tablón será una pieza única, apoyándose en la estructura metálica, y la separación entre tablonces no excederá de 10 mm, o de 50 mm si son apareados, con dos pernos enroscados en cada punto de apoyo (Díaz & Peñaloza, 2018).

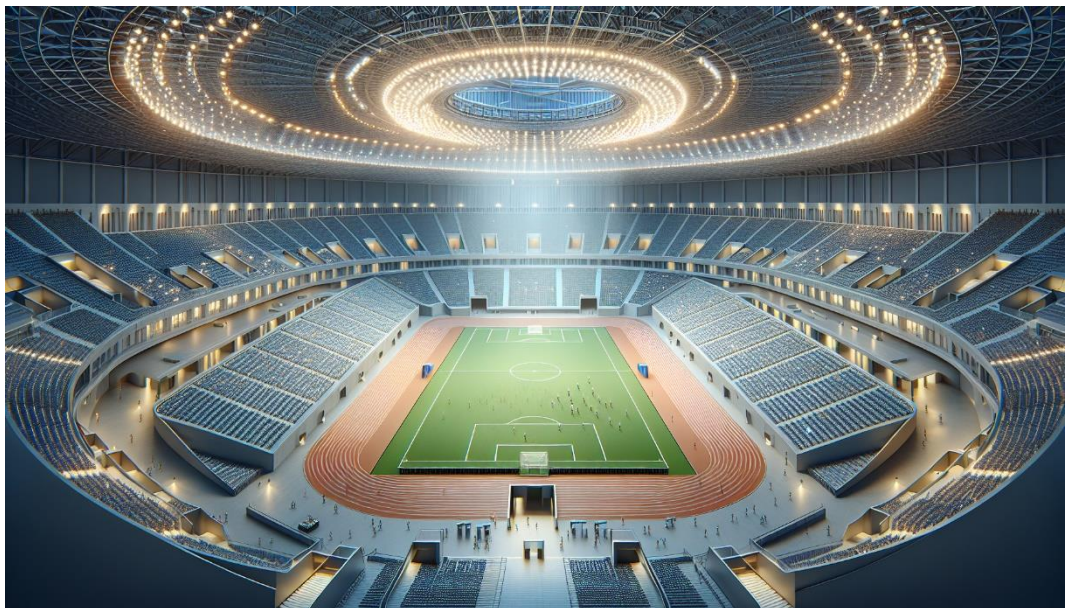
### 2.3.8.5. Coliseo deportivo techado

Un coliseo deportivo techado es una variante que incluye una cubierta o techo para proteger a los espectadores de las condiciones climáticas. Estos coliseos pueden ser especialmente útiles en regiones con clima inclemente o para eventos que requieren una mayor comodidad. Los coliseos techados pueden ser construidos con materiales como acero, madera o vidrio, y pueden incluir elementos como luces, ventiladores y sistemas de riego para mantener una temperatura y humedad óptimas (Herrero, 2012).

El techo de un coliseo deportivo es la estructura que cubre y protege la zona de asientos y la cancha de juego. El techo puede estar compuesto por material resistente a la intemperie, y suele ser soportado por pilares o vigas. Proporciona sombra, protección contra la lluvia y otros elementos climáticos, y también puede tener sistemas de iluminación (Herrero, 2012).

La estructura del coliseo deportivo puede incluir elementos como un techo parabólico, diseñado según el Reglamento Nacional de Edificaciones y utilizando software como SAP 2000 (Cotrina, 2017).

**Figura 14** *Coliseo Deportivo Techado*



### **2.3.9. Coberturas de techo**

La cobertura de techo se refiere a la parte superior de una estructura que protege a los ocupantes y los bienes almacenados de los elementos climáticos. La elección del material y el diseño de la cobertura dependen de varios factores, incluyendo el clima local, el tipo de estructura y los requisitos de durabilidad y mantenimiento (Vedoya D. E. et al., 2015).

#### **2.3.9.1. Cobertura de techo de madera**

En la edad media, la madera se utilizaba para cubrir grandes espacios y hoy en día puede recuperar este valor estructural. Históricamente, se ha buscado un sistema capaz de cubrir amplias áreas sin soportes internos. Estos sistemas han sido populares desde tiempos antiguos en lugares de culto y actualmente se emplean en estadios, salas de reuniones, centros de exposición, comerciales y edificios industriales. La madera, debido a su versatilidad y resistencia, es ideal para estos usos. Con los avances tecnológicos se pueden diseñar estructuras de madera que sean estéticamente agradables y funcionalmente eficientes, permitiendo a la madera competir con otros materiales modernos en durabilidad y capacidad de carga, revitalizando su uso en la arquitectura contemporánea para grandes estructuras sin soportes internos (Abad & León, 2020).

El techo de madera es una opción popular para la construcción de estructuras debido a su durabilidad, resistencia y apariencia estética. La madera se puede utilizar para crear estructuras de techo fijas o móviles, y se puede combinar con otros materiales para crear diseños únicos. La cobertura de techo con madera se refiere a la capa superior de un edificio que se construye utilizando madera como material principal. Esta capa incluye elementos de madera que se utilizan para cubrir y proteger el espacio interior del edificio (Abad & León, 2020).

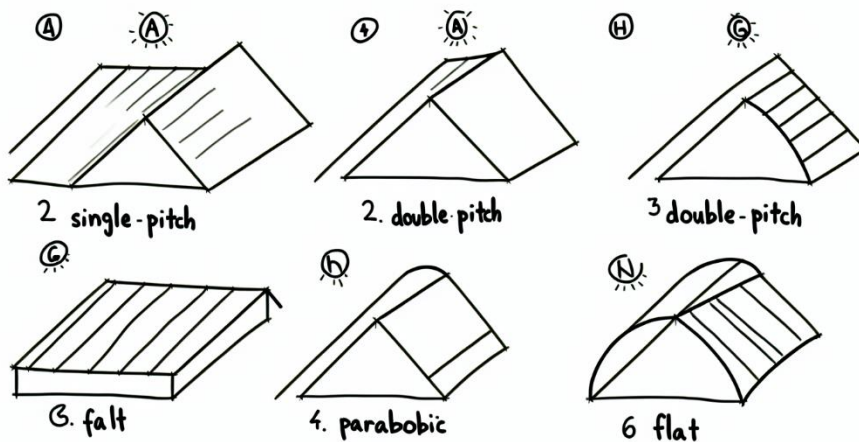
### 2.3.9.2. Forma de la cobertura de techo

La forma de la cobertura del techo es determinante en el comportamiento de las estructuras ligeras. Una forma adecuada permite canalizar las cargas eficientemente a través de los elementos resistentes de la estructura, logrando compatibilizar el mínimo esfuerzo con el uso de la menor cantidad de material posible. Por lo tanto, una estructura se considera de gran luz no solo cuando cubre una extensa superficie sin obstáculos, sino también cuando es ligera, económica y cumple con las dos leyes fundamentales del mínimo esfuerzo y de la economía de los materiales (Vedoya D. E. et al., 2015).

Al diseñar la forma de la cobertura de techo, es importante tener en cuenta factores como la distribución de cargas, la resistencia a los vientos, y la capacidad de drenaje del agua. Las formas geométricas, como arcos, cúpulas y bóvedas, son ejemplos de diseños que permiten una distribución eficiente de las cargas, maximizando la resistencia estructural mientras minimizan el peso y el uso de materiales (Vedoya D. E. et al., 2015).

**Figura 15**

*Formas de la Cobertura de Techo*



Nota: Adaptado de (Vedoya D. E. et al., 2015).

### **2.3.9.3. Armadura de techo**

La estructura que soporta la cobertura del techo puede estar compuesta por elementos como vigas, traviesas y tejas, que trabajan en conjunto para distribuir las cargas y mantener la estabilidad de la cobertura. Esta armadura de techo es esencial para garantizar la integridad y seguridad de toda la estructura, asegurando que las cargas se distribuyan de manera uniforme y que la construcción sea capaz de soportar las tensiones a las que está sometida, protegiendo eficazmente el interior del edificio (Abad & León, 2020).

### **2.3.9.4. Armadura tipo Pratt**

Las armaduras tipo Pratt son una de las formas más comunes y reconocibles de armaduras utilizadas en la ingeniería civil. Diseñadas por Thomas y Caleb Pratt en 1844, estas armaduras son apreciadas por su simplicidad y eficiencia estructural (da Silva, 2024).

Uno de los usos más comunes de las armaduras Pratt es en la construcción de puentes, especialmente en puentes ferroviarios y de carretera. Su diseño eficiente permite cubrir grandes vanos y soportar cargas pesadas. También se utilizan en estructuras de techos y en marcos de edificios industriales, donde se requiere una alta resistencia y rigidez (Carballo et al., 2022).

#### **Características de las armaduras tipo pratt**

Estructura Básica: (Carballo et al., 2022)

- Elementos Verticales y Diagonales: En una armadura Pratt, los elementos verticales están bajo compresión y los elementos diagonales están bajo tensión.
- Top Chord y Bottom Chord: Los elementos superiores (top chord) están en compresión y los elementos inferiores (bottom chord) están en tensión.

Distribución de cargas: Las cargas aplicadas en los nudos o nodos (los puntos de intersección de los elementos) se transfieren a través de los miembros de la armadura, distribuyendo eficientemente las fuerzas (da Silva, 2024).

Configuración: Generalmente, las armaduras tipo Pratt tienen una configuración de triángulos repetidos con las diagonales inclinadas hacia el centro de la estructura, formando una “V” invertida o una “V” no invertida, también denominada “V” normal (da Silva, 2024).

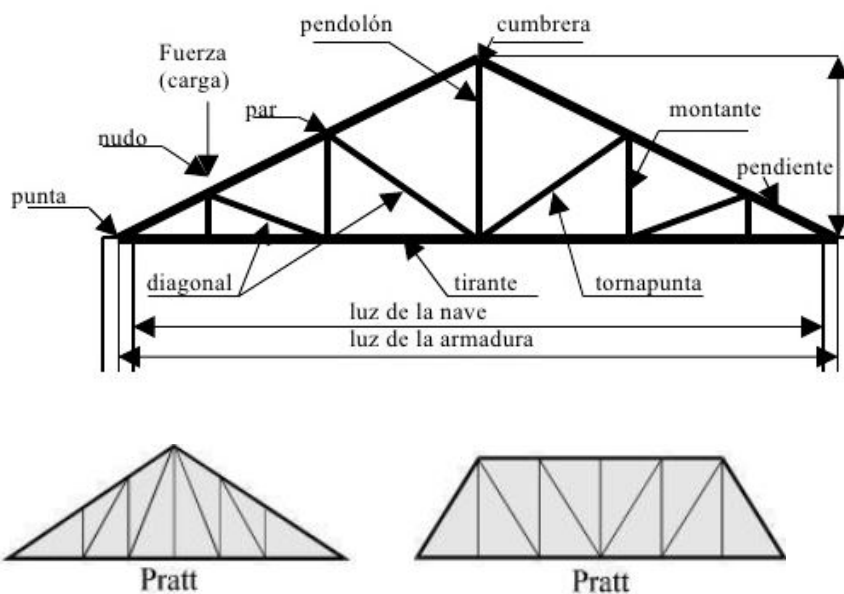
### **Ventajas** (da Silva, 2024)

Eficiencia Estructural: La disposición de los elementos en una armadura Pratt permite una distribución eficiente de las cargas, reduciendo los momentos flectores y aumentando la resistencia general de la estructura.

Facilidad de Construcción: La simplicidad del diseño facilita su fabricación y montaje, lo que puede reducir los costos y tiempos de construcción.

Adaptabilidad: Las armaduras Pratt pueden adaptarse a diferentes tamaños y formas, haciéndolas versátiles para diversas aplicaciones.

**Figura 16** *Forma y Componentes de la Armadura Tipo Pratt*



Nota: Adaptado de (da Silva, 2024).

### **2.3.10. Métodos de diseño en madera**

El diseño estructural en madera ha evolucionado significativamente, empleando diferentes métodos para asegurar la integridad y seguridad de las estructuras. Los métodos de diseño más comúnmente utilizados son el Diseño por Esfuerzos Admisibles y el Método de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD).

#### **2.3.10.1. Diseño por esfuerzos admisibles (ASD)**

El ASD se basa en la premisa de que los materiales deben soportar las cargas aplicadas sin exceder los límites permisibles de estrés. Este método implica la determinación de las cargas máximas que una estructura puede soportar sin experimentar una falla (Grande & Grande, 2009). La seguridad se asegura mediante el uso de un factor de seguridad, que es un coeficiente que reduce la capacidad máxima del material para tener en cuenta posibles incertidumbres en las cargas y en las propiedades del material (Dussán et al., 2018).

En el contexto del diseño en madera, el ASD ha sido tradicionalmente popular debido a su simplicidad y la amplia experiencia acumulada a lo largo de los años. Las normas técnicas, como la Norma ANSI/AWC NDS (National Design Specification for Wood Construction), proporcionan guías detalladas para aplicar este método, especificando los valores de esfuerzo permisibles para diferentes especies de madera y sus condiciones de uso (Benitez, 2020).

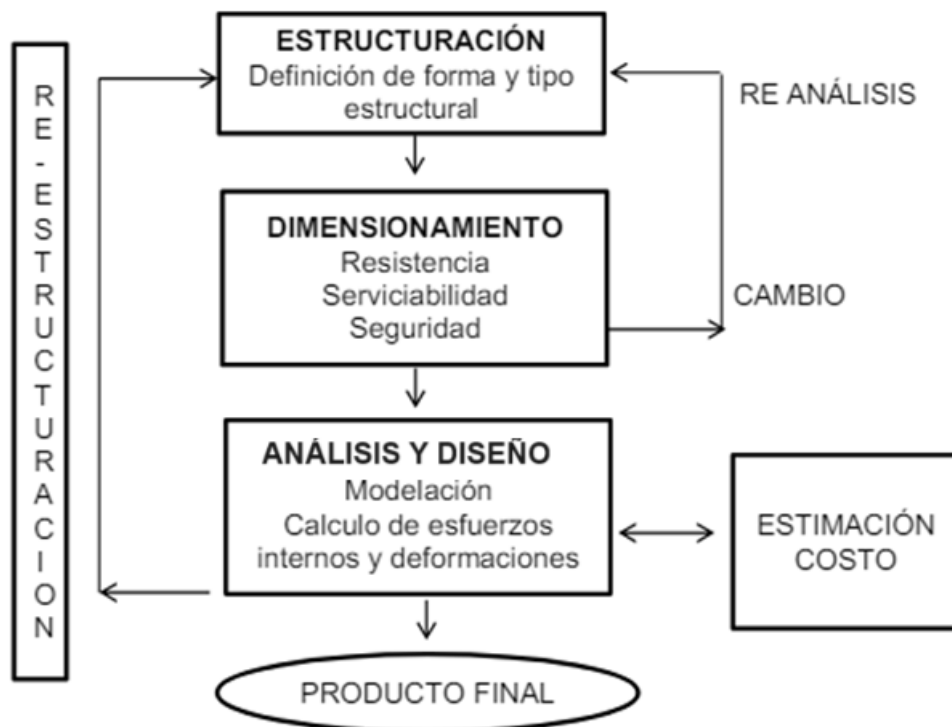
El ASD es especialmente útil en situaciones donde las cargas son relativamente constantes y bien definidas, como en edificios residenciales. Sin embargo, una de sus limitaciones es que no siempre considera adecuadamente los efectos combinados de diferentes tipos de cargas ni las posibles variaciones en las propiedades del material (Dussán et al., 2018).

### 2.3.11. Diseño estructural de techo

El diseño estructural de un techo implica varios aspectos importantes, incluyendo la estructuración, el diseño estructural, el análisis y el modelamiento (Cotrina, 2017).

**Figura 17**

*Etapas del Proceso de Diseño Estructural*



Nota: (Cotrina, 2017).

#### 2.3.11.1. Estructuración

La estructuración de un techo parabólico se enfoca en la distribución de los elementos estructurales que lo componen. Estos pueden incluir: (Cotrina, 2017)

**Arquitectura:** La forma en que se distribuyen los elementos estructurales en el espacio, como los arcos y las vigas, para crear la curva parabólica del techo.

**Elementos estructurales:** Los componentes del techo, como las vigas, los arcos, las columnas y los soportes, que deben ser diseñados para soportar las cargas y resistir las fuerzas que actúan sobre ellos.

### 2.3.11.2. Dimensionamiento de los elementos del techo de madera

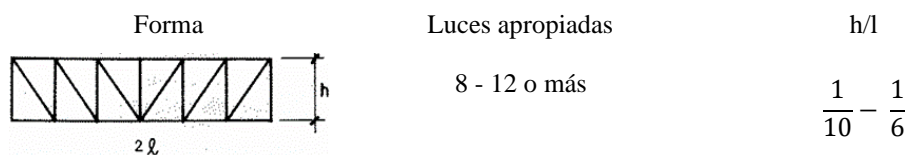
Consiste en determinar las dimensiones adecuadas de los componentes estructurales para asegurar que puedan soportar las cargas y fuerzas a las que estarán sometidos (Cotrina, 2017).

#### *Peralte de la armadura tipo Pratt*

Se establece teniendo en cuenta las proporciones aproximadas de la altura entre la longitud de la armadura. Cuando una armadura no es simétrica se debe medir desde la cumbrera hasta los apoyos (Junta de Acuerdo de Cartagena, 2022).

#### **Figura 18**

#### *Forma de Peralte de la Armadura Tipo Pratt*



Nota: (Junta de Acuerdo de Cartagena, 2022).

### 2.3.11.3. Análisis

El análisis y modelamiento de un techo parabólico se enfoca en la creación de un modelo matemático que simule el comportamiento del techo bajo diferentes condiciones. Esto implica: (Cotrina, 2017).

#### **a) Modelamiento**

La creación de un modelo matemático que simule el comportamiento del techo, incluyendo las cargas, las fuerzas y las propiedades del material (Cotrina, 2017).

#### **b) Análisis de cargas**

Representa la evaluación de las cargas que actúan sobre el techo, como el peso del material, las fuerzas del viento y las cargas dinámicas se analizan de acuerdo a la norma E.020 (MVCS, 2006).

### **Cargas en un techo**

**Carga muerta.** Peso permanente y constante de todos los elementos y materiales que componen el techo (MVCS, 2006).

**Carga viva.** Se refiere a las fuerzas temporales que actúan sobre el techo y que pueden cambiar con el tiempo (MVCS, 2006).

$$C \text{ viva} = 30 \text{ kgf/m}^2 \quad (20)$$

**Carga de nieve o granizo.** Se refiere a la presión que ejercen las capas de nieve o granizo que se acumulan sobre los techos de edificios, especialmente en zonas montañosas donde las condiciones climáticas son adversas. Esta carga puede ser significativa y afectar la integridad estructural de los edificios, (MVCS, 2006).

Para techos con inclinaciones menores o iguales a 15°:

$$Q_t = Q_s \dots\dots\dots(21)$$

Donde:  $Q_t$  carga del granizo sobre los techos;  $Q_s$  carga básica de granizo sobre el suelo.

Para techos con inclinaciones mayores a 30° será:

$$C_s = 1 - 0.025 (\theta^\circ - 30^\circ) \dots\dots\dots(22)$$

$$Q_t = C_s (0.80 Q_s) \dots\dots\dots(23)$$

Donde:  $C_s$  factor adimensional;  $\theta$  ángulo de inclinación del techo

**Carga debido al viento.** Depende de la velocidad de diseño y de los factores de forma para la carga exterior e interior del viento que establece la norma E.020 (MVCS, 2006).

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22} \quad (24)$$

Donde:  $V_h$  velocidad de diseño en la altura  $h$ ;  $V$  velocidad de diseño hasta 10 m de altura según Norma E.020;  $h$  altura máxima del techo sobre el terreno.

$$P_h = W = 0.005 \times C \times V_h^2 \quad (25)$$

$$C = C_e - C_i \quad (26)$$

Donde: Ph presión o succión del viento a una altura h; C factor de forma adimensional; Vh velocidad de diseño a la altura h; Ce factor de forma para carga exterior; Ci factor de forma para carga interior.

**Carga dinámica.** Se refiere a las fuerzas que actúan sobre un techo debido a movimientos o fenómenos dinámicos, como vientos fuertes, vibraciones estructurales o impactos. Estas cargas pueden ser variables y difíciles de predecir con exactitud (MVCS, 2006).

### Combinaciones de carga

Las combinaciones a utilizar producen efectos desfavorables en el elemento; asimismo, la carga de granizo se considera como carga viva, y no se incluye en el diseño la presencia simultánea de viento y granizo (MVCS, 2006).

**Tabla 5**

#### *Combinaciones de Carga*

|   |                    |                                     |
|---|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | D                  | D                                   |
| 2 | D + L              | D + L                               |
|   |                    | D + W <sub>x</sub>                  |
|   | D + (W) ó          | D + W-x                             |
| 3 |                    | D + W <sub>y</sub>                  |
|   | D + (0.7 S)        | D + 0.7 S <sub>x</sub>              |
|   |                    | D + 0.7 S <sub>y</sub>              |
|   |                    | 0.75 (D + L + W <sub>x</sub> )      |
|   | α (D + L + W) ó    | 0.75 (D + L + W-x)                  |
| 5 |                    | 0.75 (D + L + W <sub>y</sub> )      |
|   |                    | 0.75 (D + L + 0.70 S <sub>x</sub> ) |
|   | α (D + L + 0.70 S) | 0.75 (D + L + 0.70 S <sub>y</sub> ) |

Nota: D carga muerta, L carga viva, W carga por viento, S carga por sismo, α factor con un valor mínimo de 0.75 (MVCS, 2006).

### c) Espectro de pseudo – aceleración

De acuerdo a la norma E.030 (MVCS, 2018), a excepción del factor R que se toma del código ACE 7-16.

**Factor de zona (Z).** Parámetro que refleja la sismicidad relativa de una región específica dentro de un país. En Perú hay cuatro zonas sísmicas muy alto (4), alto (3), moderado (2) y bajo (1) con coeficientes Z de 0.45, 0.35, 0.25 y 0.10, respectivamente (MVCS, 2018).

**Factor de uso y categoría (U).** Ajusta las fuerzas sísmicas de diseño en función de edificación y el riesgo asociado a su falla durante un evento sísmico. Las edificaciones pueden ser esenciales (A), importantes (B), comunes (C) y temporales (D) con factores de 1.5, 1.3, 1.0 e indefinido, respectivamente (MVCS, 2018).

**Factor de amplificación del suelo (S).** Este factor ajusta las fuerzas sísmicas que una estructura debe resistir, tomando en cuenta las características del suelo sobre el que se encuentra la edificación (MVCS, 2018).

**Tabla 6**

*Factor de Amplificación del Suelo*

| Zona/Suelo     | S <sub>0</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z <sub>4</sub> | 0.80           | 1              | 1.05           | 1.10           |
| Z <sub>3</sub> | 0.80           | 1              | 1.15           | 1.20           |
| Z <sub>2</sub> | 0.80           | 1              | 1.20           | 1.40           |
| Z <sub>1</sub> | 0.80           | 1              | 1.60           | 2.00           |

Nota: (MVCS, 2018).

**Periodo del factor C.** Se refiere al coeficiente de respuesta espectral, que es un componente clave en el diseño sismorresistente de estructuras. Este factor, que varía con el periodo de vibración de la estructura, ajusta las fuerzas sísmicas que

una estructura debe soportar, considerando la relación entre la frecuencia de la estructura y la del movimiento sísmico (MVCS, 2018).

**Tabla 7**

*Periodo del Factor C*

| Condición       | Fórmula  |
|-----------------|--|
| $T < T_p$       | $C=2.5$  |
| $T < T_p < T_L$ | $C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right)$         |
| $T > T_L$       | $C = 2.5 \left( \frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$ |

Nota: (MVCS, 2018).

**Factor de irregularidad.** Es un coeficiente que se introduce en el diseño sismorresistente para aumentar la capacidad de la estructura en caso de que está presente ciertas irregularidades que pueden influir negativamente en su comportamiento durante un sismo (MVCS, 2018).

**Periodo fundamental de vibración (T).** Es el tiempo en segundos que tarda una estructura en completar un ciclo de oscilación cuando se mueve libremente debido a una perturbación sísmica (MVCS, 2018).

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (27)$$

Donde:  $C_T= 35$  para pórticos de concreto armado sin muros de corte o dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos; sin arrostramiento;  $C_T= 45$  para pórticos de concreto armado con muros o de acero arriostrados;  $C_T= 60$  para albañilería y todos los edificios de concreto armado duales, muros estructurales y ductilidad limitada.

**Coefficiente de reducción sísmica (R).** Es un parámetro que se utiliza para ajustar la fuerza sísmica calculada con el objetivo de reflejar adecuadamente el comportamiento real de la estructura frente a un evento sísmico (ASCE/SEI 7-16, 2017)

**Factor de cortante basal estática.** Es la fuerza horizontal total que se calcula en la base de una estructura, representando la respuesta global de la estructura ante la acción sísmica (MVCS, 2018).

#### **d) Simulación**

La simulación del comportamiento del techo utilizando software especializado, como SAP2000, para evaluar su resistencia y estabilidad (Cotrina, 2017).

#### **2.3.11.4. Diseño estructural de techo de madera**

Se enfoca en la creación de un sistema estructural que pueda soportar fuerzas que actúan sobre el techo. Esto implica el diseño de los elementos estructurales, para que puedan soportar las cargas y fuerzas calculadas (Cotrina, 2017)

##### **a) Diseño de elementos sometidos a compresión**

Es importante para garantizar la transmisión de esfuerzos entre estructuras. Esto se logra mediante conectores mecánicos, que deben ser diseñados y ubicados de manera adecuada para asegurar la resistencia y el comportamiento homogéneo bajo diferentes condiciones de carga (Franco et al., 2022).

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d} \quad (28)$$

Donde:  $\lambda$  esbeltez;  $L_{ef}$  longitud efectiva;  $d$  menor dimensión de la sección transversal.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} \quad (29)$$

Donde:  $C_k$  relación de esbeltez;  $E_{min}$  módulo de elasticidad mínimo;  $f_c$  esfuerzo admisible en compresión paralela.

Las columnas intermedias presentan esbeltez mayor a 10, pero menor a  $C_k$ .

$$10 < \lambda < C_k \quad (30)$$

Las columnas intermedias pueden fallar por una combinación de aplastamiento y pandeo, por lo tanto, debe cumplir con la siguiente condición:

$$N_{adm} > N \quad (31)$$

$$N_{adm} = fc \times A \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{ck}\right)^4\right) \quad (32)$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} \quad (33)$$

Donde:  $N_{adm}$  carga admisible axial a compresión (que puede soportar el elemento);  $N$  Carga axial a compresión presente en el elemento;  $fc$  esfuerzo admisible en compresión paralela;  $A$  área de la sección transversal;  $D/C$  relación demanda/capacidad.

#### **b) Diseño de elementos sometidos a tracción**

$$N_{adm} \geq N \quad (34)$$

$$N_{adm} = ft \times A \quad (35)$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} \quad (36)$$

Donde:  $N_{adm}$  carga admisible axial a tracción (que puede soportar el elemento);  $N$  carga axial a tracción presente en el elemento;  $ft$  esfuerzo admisible en tracción paralela;  $A$  área de la sección transversal;  $D/C$  relación demanda/capacidad.

#### **c) Diseño de elementos en flexión**

La flexión es un tipo de carga que produce momentos flectores sobre un elemento estructural. Se presenta cuando una carga aplicada crea momentos que causan que el elemento se curve (MVCS, 2014).

La resistencia a flexión disponible para elementos sometidos a esfuerzos debe ser el menor valor determinado según los estados límite de fluencia en flexión, pandeo lateral-torsional local en flexión y ruptura por flexión.

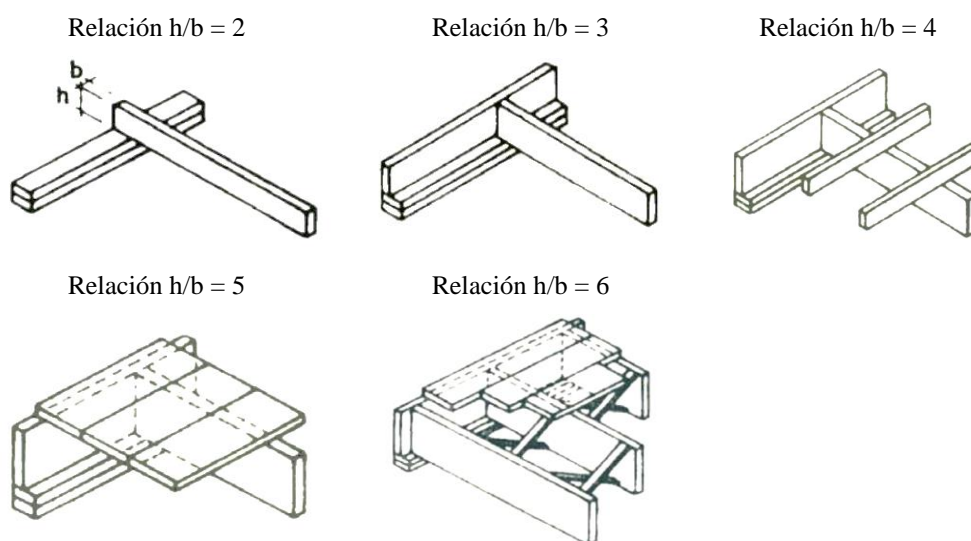
$$f_{adm} = \frac{Mu}{Z_x} < fm \quad (37)$$

$$\frac{D}{C} = \frac{f_{adm}}{f_m} \quad (38)$$

Donde:  $f_{adm}$  carga admisible a flexión (que puede soportar el elemento);  $M_u$  momento último presente en el elemento;  $Z_x$  módulo de sección  $Z$  en la dirección  $x-x$ ;  $f_m$  esfuerzo admisible en flexión estática;  $D/C$  relación demanda/capacidad,  $Z_x$  módulo de sección  $Z$ .

**Figura 19**

*Estabilidad lateral de elementos en Flexión*



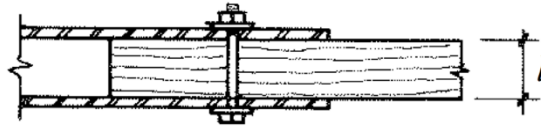
Nota: (MVCS, 2014).

#### **d) Uniones empernadas**

conexiones entre elementos estructurales que se realizan mediante el uso de pernos. Estos pernos atraviesan agujeros previamente perforados en las piezas a unir, y se aseguran mediante tuercas y, en algunos casos, arandelas. Estas uniones son fundamentales en la construcción y el diseño de estructuras de acero, ya que permiten la transferencia de cargas y esfuerzos entre los elementos conectados. La norma E 010 establece los requisitos y especificaciones para garantizar la integridad y seguridad de estas conexiones, considerando aspectos como el tamaño y tipo de pernos, el espacio y disposición de los mismos, y los métodos de instalación y verificación (González E. , 2016).

**Figura 20**

*Uniones empernadas con pletinas metálicas*



Nota: (MVCS, 2014).

$$P = 1.25 \times P_0 \quad (39)$$

Donde: P es la carga admisible que soporta un perno si los elementos laterales son pletinas metálicas;  $P_0$  carga admisible que soporta un perno cuando la fuerza es paralela al grano-doble cizallamiento (el valor es dado por la norma E.010); L espesor de la pieza central o elemento de madera.

#### **d.1. Espaciamiento mínimo entre pernos y distancia mínima a los bordes**

Cuando los elementos están cargados paralelamente al grano.

Espaciamientos en la dirección a lo largo del grano

$$\text{Espaciamiento entre pernos} = 4d \quad (40)$$

$$\text{Distancia al extremo en tracción} = 5d \quad (41)$$

$$\text{Distancia al extremo en compresión} = 4d \quad (42)$$

Espaciamientos en la dirección perpendicular al grano

$$\text{Espaciamiento entre líneas} = 2d \quad (43)$$

$$\text{Distancia a los bordes} = 2d \quad (44)$$

Donde: d es el diámetro del perno.

#### **d.2. Verificación de la eficiencia de la conexión**

$$Pr = P \times FM \quad (45)$$

$$Prt = Pr \times \#Pernos \quad (46)$$

$$Prt > N \quad (47)$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{Prt} \quad (48)$$

Donde:  $P_r$  es la carga admisible reducida por perno;  $P$  carga admisible por perno;  $F_m$  factor de reducción de la carga admisible (establecido en la norma E.010);  $P_{rt}$  carga admisible reducida total;  $\#Pernos$  cantidad de pernos por línea;  $N$  esfuerzo máximo del elemento (compresión o tracción);  $D/C$  relación demanda/capacidad.

### d.3. Verificación de pletinas metálicas

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16, al estar las pletinas sometidas a tracción es necesario verificar la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina, la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina y también la resistencia de la pletina por bloque de corte.

Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina

$$R_n = f_y A_g \quad (49)$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} \quad (50)$$

Donde:  $R_n$  resistencia nominal;  $f_y$  límite de fluencia de la pletina;  $A_g$  área bruta;  $R_{adm}$  resistencia admisible;  $\Omega$  factor de seguridad ASD igual a 1.67.

Verificación de resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

$$R_n = f_u A_e \quad (51)$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} \quad (52)$$

Donde:  $R_n$  resistencia nominal;  $f_u$  resistencia última de la pletina;  $A_e$  área neta efectiva;  $R_{adm}$  resistencia admisible;  $\Omega$  factor de seguridad ASD igual a 2.00.

Verificación de resistencia por bloque de corte

$$R_n = 0.60f_u A_{nv} + U_{bs}f_u A_{nt} \leq 0.60f_y A_{gv} + U_{bs}f_u A_{nt} \quad (53)$$

Donde:  $R_n$  resistencia nominal,  $f_u$  resistencia última de la pletina;  $A_{nv}$  área neta solicitada a corte;  $U_{bs}$  factor de reducción igual a 1 cuando la tensión de tracción es uniforme y 0.5 cuando es no uniforme;  $A_{nt}$  área neta solicitada a tracción;  $f_y$

límite de fluencia de la pletina;  $A_{gv}$  área bruta solicitada a corte;  $R_{adm}$  resistencia admisible;  $\Omega$  factor de seguridad ASD igual a 2.00.

**e) Placa base**

Es una placa de apoyo generalmente fabricada en acero o en madera tratada, que se coloca en la base de columnas, postes o vigas de madera para distribuir las cargas de manera uniforme a la fundación o a otros elementos estructurales (Fisher & Kloiber, 2006).

Espesor de la placa base

$$m = \frac{N-h/2}{2} \tag{54}$$

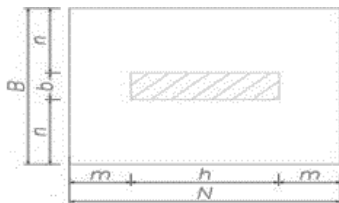
$$n = \frac{B-b}{2} \tag{55}$$

$$l = \text{val. max. } (m, n) \tag{56}$$

$$t_p = l \sqrt{\frac{2\Omega P_u}{f_y B N}} \quad (ASD) \tag{57}$$

Donde:  $t_p$  espesor requerido de placa base;  $l$  longitud máxima de volado de placa base;  $\Omega$  factor de seguridad ASD 1.67;  $P_u$  carga axial última;  $f_y$  límite de fluencia de pletina;  $B$  ancho de la columna donde se asienta la placa base;  $N$  peralte de la columna;  $m, n$  longitudes de volado de la placa base (propenso a pandeo).

**Figura 21** Diagrama de las Dimensiones de la Placa Base



Nota: Adaptado de (Fisher & Kloiber, 2006).

Verificación de la compresión del concreto

$$P_u \leq \frac{P_p}{\Omega_c} \tag{58}$$

$$P_u \leq \frac{0.85 f'_c \times A}{\Omega_c} \tag{59}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{Pu}{Pp/\Omega c} \quad (60)$$

Donde: Pp resistencia nominal de soporte a compresión;  $\Omega c$  factor de seguridad ASD igual a 2.50;  $\frac{Pp}{\Omega c}$  resistencia admisible de soporte a compresión;  $f'c$  resistencia a la compresión del concreto; A área de placa base.

Verificación de la resistencia de los pernos a cortante

$$R_n = f_{nv} \times A_p \quad (61)$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} \quad (62)$$

$$\frac{D}{C} = \frac{Vu}{R_{adm}} \quad (63)$$

Donde, Rn resistencia nominal;  $f_{nv}$  límite de tensión de corte nominal del perno;  $A_p$  área del perno;  $\Omega$  factor de seguridad ASD igual a 2.00; Radm resistencia admisible; D/C relación demanda/capacidad; Vu cortante última.

## 2.4. Hipótesis

La madera *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt) del centro poblado Yaquil - Conchán posee esfuerzos admisibles que cumplen con los requisitos de resistencia especificados en la norma E.010 (MVCS, 2014), permitiendo su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota.

## 2.5. Operacionalización de variables

### 2.5.1. Variable independiente: Esfuerzos admisibles de la madera

Los esfuerzos admisibles de la madera se refieren a los límites de resistencia mecánica que la madera puede soportar sin fallar bajo cargas específicas, como compresión, tensión, flexión y corte. Estos esfuerzos determinan la capacidad de la madera para ser utilizada en aplicaciones estructurales sin comprometer la integridad o seguridad de la estructura.

Máximo esfuerzo que puede soportar un elemento de madera para su diseño mecánico. Este valor se obtiene multiplicando la resistencia mecánica de la madera obtenida de pruebas experimentales, por factores de corrección.

Para operacionalizar esta variable, se han medido los valores específicos de resistencia a la compresión, tensión, flexión y corte de la madera *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt) a través de ensayos normalizados (según normas técnicas pertinentes). Los resultados obtenidos se compararon con los esfuerzos admisibles establecidos por la norma E.010 (MVCS, 2014) para determinar si cumplen con los criterios necesarios para aplicaciones estructurales.

#### ***2.5.2. Variable dependiente: Utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva***

Aplicación de estructuras de madera para cubrir grandes áreas, como aquellas cubiertas formadas por cerchas triangulares ligeras. Estas cerchas están unidas a un anillo central y soportan a las correas y éstas a su vez a una cubierta ligera.

La utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva se refiere al empleo de materiales, en este caso madera, en el modelamiento de elementos estructurales que forman parte de la cobertura de un espacio deportivo. Esta utilización está condicionada por la capacidad del material para satisfacer requisitos específicos de diseño, seguridad y durabilidad.

Para operacionalizar la variable se realizó un modelo de la cobertura de la losa deportiva basado en las propiedades mecánicas específicas de esta madera. Este modelo incluyó análisis estructurales para determinar su viabilidad según las normativas aplicables.

**Tabla 8**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

| <b>Variables</b>   | <b>Definición conceptual</b>  | <b>Dimensiones</b>                                | <b>Definición operacional</b>                       | <b>Indicadores</b>                                     | <b>Ítem</b>   |                            |
|--|---|---|---|--|---|----------------------------|
| Esfuerzos admisibles de la madera                        | Esfuerzo de diseño obtenido a partir de la resistencia mecánica de la madera, determinada mediante ensayos, y multiplicada por factores de corrección dados en la norma E.010 | Propiedades físicas madera                        | Características de la madera                        | Densidad básica  | Kg/m <sup>3</sup>                                   |                            |
|  |   |   |   | Humedad  | %   |                            |
|  |   |   |   | Cizallamiento  | Kg/cm <sup>2</sup>                                  |                            |
|  |   |   |   | Compresión paralela                                    | Kg/cm <sup>2</sup>                                  |                            |
|  |   |   |   | Compresión perpendicular                               | Kg/cm <sup>2</sup>                                  |                            |
|  |   | Resistencia mecánica de la madera frente a cargas | Propiedades mecánicas de la madera                  | Resistencia mecánica de la madera frente a cargas      | Flexión estática                                    | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   |   |   |  | Tensión paralela                                    | N/m <sup>2</sup>           |
|  |   |   |   |  | Tensión perpendicular                               | N/m <sup>2</sup>           |
|  |   |   |   |  | Gráfico esfuerzo – deformación                      | Kg/cm <sup>2</sup> /<br>mm |
|  |   |   |   |  | Flexión   | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   | Esfuerzos admisibles                              | Esfuerzos admisibles                                | Esfuerzo de diseño, resistencia máxima frente a cargas | Tracción paralela                                   | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   |   |   |  | Compresión paralela                                 | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   |   |   |  | Compresión perpendicular                            | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   |   |   |  | Corte paralelo                                      | Kg/cm <sup>2</sup>         |
|  |   |   |   |  | Densidad básica                                     | Kg/m <sup>3</sup>          |
| Categoría estructural de la madera                       | Categoría estructural de la madera  | Grupos estructurales de la madera (A, B o C)      | MOE   | Kg/cm <sup>2</sup>                                     |   |                            |
|  |   |   | Esfuerzos admisibles                                | Kg/cm <sup>2</sup>                                     |   |                            |
|  |   |   | Esfuerzos admisibles                                | Kg/cm <sup>2</sup>                                     |   |                            |
| Utilización estructural en cobertura para losa deportiva | Cubiertas formadas por cerchas trianguladas ligeras, unidas a un anillo central, con una cubierta ligera sobre correas en arco entre cerchas, en este caso de madera          | Diseño de la armadura de madera                   | Composición de la cobertura estructural             | Sección transversal                                    | cm  |                            |
|  |   |   |   | Longitud   | m   |                            |
|  |   |   |   | Entramado  | .....   |                            |
|  |   |   |   | Desplazamientos máximos laterales                      | cm  |                            |
|  | Análisis estructural  | Análisis estructural                              | Análisis frente a diferentes combinaciones de carga | Análisis frente a diferentes combinaciones de carga    | Desplazamiento máximo vertical (control de flechas) | cm                         |
|  |   |   |   |  | Cortante estática y dinámica                        | Ton                        |

## CAPÍTULO III.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

El estudio utilizó un enfoque cuantitativo porque se basó en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Este proceso se realizó conforme a las Normas Técnicas Peruanas (NTP), garantizando que las mediciones fueran precisas y reproducibles. Los resultados numéricos obtenidos, como la resistencia a la compresión y la flexión, se transformaron en esfuerzos admisibles, lo que permitió un análisis riguroso y basado en criterios objetivos para diseñar estructuras de cobertura.

El estudio fue clasificado como aplicado debido a que buscaba utilizar conocimientos teóricos y normativos existentes para generar soluciones prácticas específicas. En este caso, se tradujo el discernimiento sobre las propiedades mecánicas de la madera de un árbol particular del bosque montano de Yaquil, Conchán, para desarrollar una aplicación directa en el diseño estructural de una cobertura deportiva. Esto refleja el uso directo de la investigación para resolver un problema práctico, aportando al mismo tiempo a la base de conocimientos existentes.

El nivel de estudio fue descriptivo explicativo porque, aunque se centró en caracterizar las propiedades de la madera, también buscaba explicar cómo estas propiedades afectan la capacidad de la madera para soportar determinados esfuerzos estructurales. Esta dualidad permite no solo documentar detalladamente las características de la madera, sino también entender las implicaciones de estas características en aplicaciones estructurales reales, como la cobertura de una losa deportiva.

La metodología no experimental fue adecuada para este estudio porque no se manipularon activamente las variables en cuestión; más bien, se observaron y registraron en su estado natural. La naturaleza de corte transversal del estudio indica que los datos se recolectaron en un solo punto en el tiempo. Este enfoque fue suficiente para alcanzar los objetivos del estudio, dado que las propiedades de la madera no requerían de una manipulación a lo largo del tiempo para ser evaluadas.

**Tabla 9**

*Tipo de Investigación*

| <b>Criterio</b>                | <b>Tipo</b>              |
|--------------------------------|--------------------------|
| Temporalidad                   | Transversal (sincrónica) |
| Estrategia metodológica        | Cuantitativa             |
| Control de diseño de la prueba | No experimental          |
| Finalidad                      | Aplicada                 |
| Fuente de datos                | Primaria                 |
| Contexto donde sucede          | Laboratorio, campo       |
| Objetivos                      | Descriptiva              |

### 3.2. Diseño de investigación

No experimental de corte transversal, debido a que no se alteraron las condiciones o propiedades intrínsecas de la madera "*Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*)". En lugar de eso, se midieron y analizaron sus propiedades físicas y mecánicas tal como existían naturalmente. Este enfoque permitió obtener datos reales y precisos sobre la resistencia de la madera, que luego se utilizaron para calcular los esfuerzos admisibles y diseñar la estructura de la cobertura.

$$M \leftarrow O \rightarrow R \leftrightarrow XY \tag{64}$$

Donde, M es la madera, la cual se observa (O) para determinar sus propiedades (R) y realizar el posterior modelamiento de la estructura (Y).

### **3.3. Métodos de investigación**

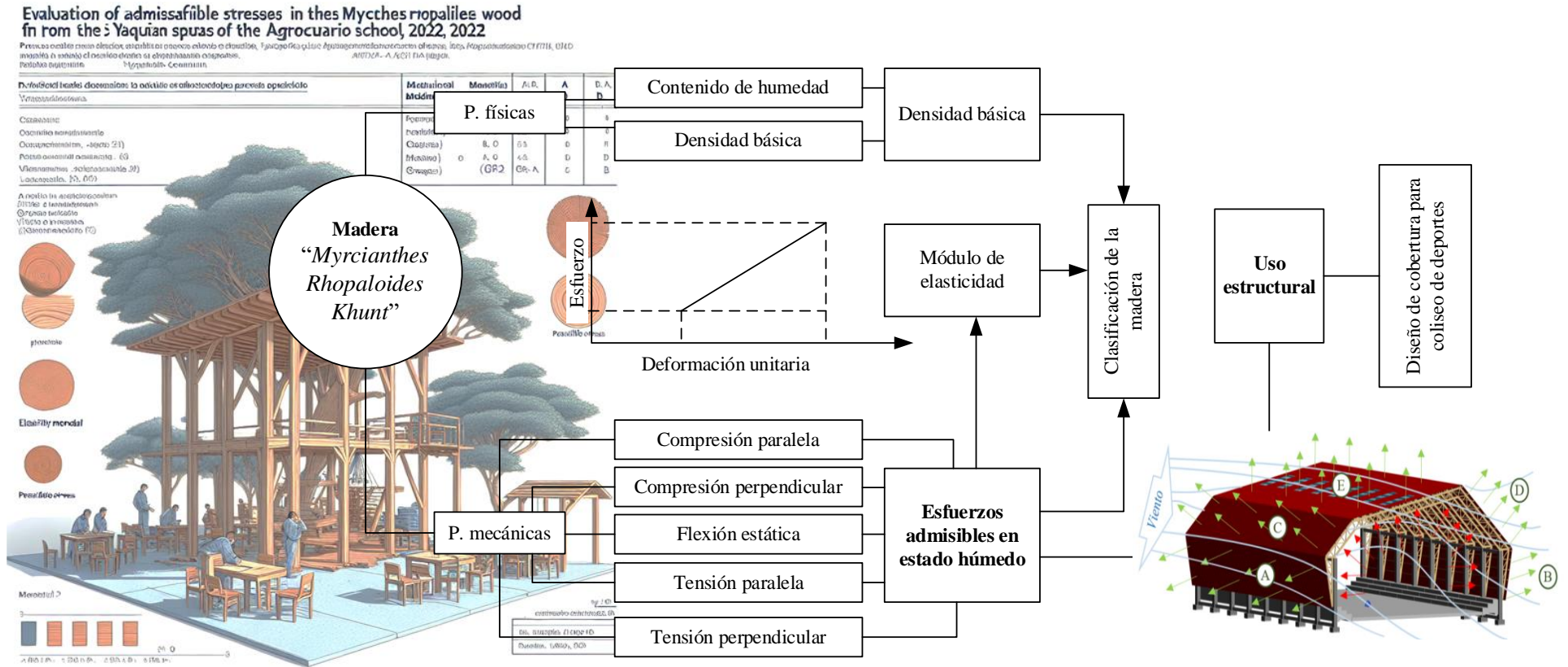
El método sintético analítico fue empleado de manera efectiva para integrar y analizar datos cuantitativos con el objetivo de desarrollar un diseño estructural aplicable. Este método permitió una aproximación sistemática y rigurosa que facilitó la comprensión profunda de cómo las propiedades mecánicas de la madera podían traducirse en aplicaciones prácticas dentro de los estándares normativos.

Inicialmente, la investigación comenzó con la recolección de datos cuantitativos sobre las propiedades mecánicas de la madera, como la resistencia a la compresión y la flexión. Estos datos son esenciales para establecer los esfuerzos admisibles según los estándares establecidos por las normas técnicas peruanas para madera. El método analítico fue crucial en esta fase para asegurar que todos los datos recogidos fueran precisos, relevantes y verificables, siguiendo métodos normados científicamente para su medición y evaluación.

Después del análisis inicial, el método sintético se utilizó para integrar los datos analizados en un marco que pudiera ser aplicado directamente al diseño estructural. Esto implicó la multiplicación de las resistencias mecánicas características obtenidas por factores de corrección según la norma E.010. Este proceso de síntesis no solo convirtió datos aislados en una aplicación estructural viable, sino que también ayudó a validar la utilidad práctica de la madera en cuestión para estructuras de cobertura de una losa deportiva.

**Figura 22**

*Diseño de Investigación Descriptivo Simple*



### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población

Los árboles de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” existentes en el bosque montano del centro poblado Yaquil, distrito de Conchán, Chota.

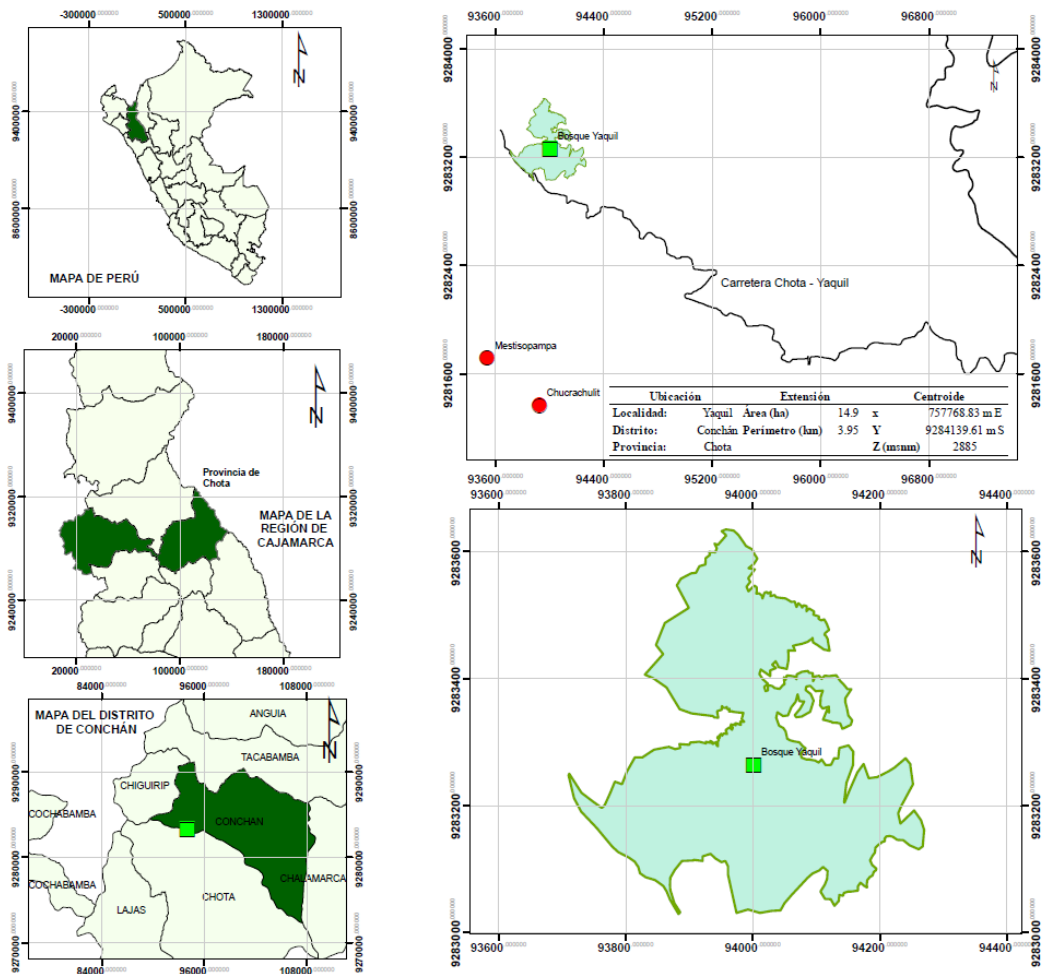
**Tabla 10**

*Bosque de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*

| Ubicación         |         | Extensión             |      | Centroide       |                |
|-------------------|---------|-----------------------|------|-----------------|----------------|
| <b>Localidad:</b> | Yaquil  | <b>Área (ha)</b>      | 14.9 | <b>x</b>        | 757768.83 m E  |
| <b>Distrito:</b>  | Conchán | <b>Perímetro (km)</b> | 3.95 | <b>Y</b>        | 9284139.61 m S |
| <b>Provincia:</b> | Chota   |                       |      | <b>Z (msnm)</b> | 2885           |

**Figura 23**

*Ubicación y Acceso al Bosque de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” en Yaquil*



### 3.4.2. Muestra

La muestra no probabilística definida en base a la NTP 251.008 (INACAL, 2023), se conformó por cinco árboles de “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” con diámetro de tronco de 15” a 30” y altura de 10 m, del bosque montano del centro poblado Yaquil, Conchán, Chota.

**Tabla 11**

*Numero de Muestra de Estudio*

| Estado de las muestras | N° de árboles | Troza de madera |       | Viguetas de trozas |
|------------------------|---------------|-----------------|-------|--------------------|
|                        |               | Por árbol       | Total |                    |
| <b>Árboles</b>         | 5.00          | 3.00            | 15.00 | 15.00              |

**Tabla 12**

*Número Total, de Probetas para Ensayos*

| Ensayo                             | MOR                     | MOE                     |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                    | (Módulo de resistencia) | (Módulo de elasticidad) |
| Densidad básica                    | 5.00                    | 5.00                    |
| Cizallamiento                      | 5.00                    | 5.00                    |
| Tensión paralela a las fibras      | 5.00                    | 5.00                    |
| Compresión paralela al grano       | 5.00                    | 5.00                    |
| Tensión perpendicular a las fibras | 5.00                    | 5.00                    |
| Compresión perpendicular al grano  | 5.00                    | 5.00                    |
| Flexión estática                   | 5.00                    | 5.00                    |
| <b>Total</b>                       | <b>35.00</b>            | <b>35.00</b>            |

Nota: El número de probetas en estado húmedo que se empleen por ensayo y muestras de madera aserrada de árboles “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” se eligió según el grado de presión que se establece en la NTP 251.008 (INACAL, 2023) y NTP 251.009 (INACAL, 2016).

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas

**Observación.** La observación implica el examen directo y detallado del entorno y de los objetos de estudio, en este caso, la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”. Se utilizó para identificar y registrar las características visibles y el estado de los mencionados árboles en el centro poblado Yaquil. Esto incluyó la inspección de las condiciones de crecimiento del árbol, el proceso de corte y almacenamiento de la madera, así como su estado antes de ser sometida a pruebas.

**Obtención de muestras.** La obtención de muestras implica recolectar partes representativas del material en estudio para su análisis posterior. Se recolectaron muestras de madera ‘*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*’ de Yaquil, asegurándose de que estas fueran representativas del material utilizado en la zona. Las muestras se seleccionaron en función de su tamaño, estado de humedad y otras características físicas relevantes para las pruebas de laboratorio.

**Ensayos de laboratorio.** Los ensayos de laboratorio comprenden una serie de pruebas controladas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material. Se llevaron a cabo pruebas de densidad, resistencia y elasticidad en las muestras de madera. Estas pruebas permitieron determinar la densidad básica, el módulo de elasticidad (MOE) y la resistencia de la madera.

**Análisis de esfuerzos admisibles.** Este análisis implica calcular los esfuerzos máximos que la madera puede soportar sin fallar, utilizando los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio. Se analizaron los resultados de las pruebas de resistencia para determinar los esfuerzos admisibles de la madera ‘*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*’. Este análisis es esencial para asegurar que la madera pueda soportar las cargas estructurales previstas en la cobertura de la losa deportiva.

**Modelamiento.** El modelamiento utiliza herramientas computacionales para simular el comportamiento estructural de la madera bajo diferentes condiciones de carga. Se realizó el modelamiento de una estructura de cobertura de losa deportiva, para verificar que la madera de estudio pueda ser utilizada para este fin.

### 3.5.2. Instrumentos

**Inventario del bosque.** Un inventario del bosque implica la recopilación y registro sistemático de información sobre los recursos forestales, incluyendo la identificación y cuantificación de los árboles disponibles para la extracción. Se realizó un inventario detallado de la zona de extracción en el bosque del centro poblado Yaquil. Esto incluyó la identificación de los árboles '*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)' adecuados para la recolección de muestras, su localización, dimensiones y estado de crecimiento. Este inventario permitió seleccionar las muestras de madera representativas para el estudio.

**Registro de muestras de madera.** El registro de muestras de madera implica documentar de manera detallada cada una de las piezas de madera recolectadas, incluyendo su origen, características físicas y condiciones de recolección. Se mantuvo un registro preciso de todas las muestras de madera recolectadas del bosque. Este registro incluyó información sobre las dimensiones de las muestras, su estado de humedad y cualquier característica relevante observada durante la recolección.

**Formatos de ensayos de laboratorio.** Los formatos de ensayos de laboratorio son documentos estructurados que detallan los procedimientos, parámetros y resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio. Se utilizaron formatos estandarizados para documentar los ensayos de laboratorio realizados en las

muestras de madera. Estos formatos incluyeron la descripción de las pruebas de densidad, resistencia y elasticidad, así como los resultados obtenidos.

**Matriz de esfuerzos admisibles.** Una matriz de esfuerzos admisibles es una tabla que organiza y presenta los valores de los esfuerzos máximos que un material puede soportar sin fallar, basados en los resultados de pruebas y análisis. Se creó una matriz que compiló los datos de esfuerzos admisibles obtenidos de los ensayos de laboratorio. Esta matriz permitió una evaluación clara y organizada de las capacidades estructurales de la madera ‘*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*’, facilitando la comparación y el análisis de los resultados.

**Modelo.** Es el modelo digital de la edificación (coliseo deportivo) con cobertura de madera, según las normas de diseño. Se utilizó SAP 2000 para modelar la cobertura estructural de la losa deportiva utilizando la madera ‘*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*’. Este modelo incluyó las propiedades mecánicas y los esfuerzos admisibles de la madera, permitiendo simular y analizar su comportamiento estructural.

**Tabla 13**

*Técnicas e Instrumentos para Recolectar Datos*

| Variables  | Recolección de datos      |              |                                    |
|--|---------------------------|--------------|------------------------------------|
|  | Fuente                    | Técnica      | Instrumento                        |
| VI<br>Esfuerzos admisibles de la madera                        | In situ                   | Observación  | Inventario de zona de extracción   |
|  | Probetas de madera        | Ensayos      | Formatos de ensayos de laboratorio |
|  | Resultados de laboratorio | Análisis     | Matriz de esfuerzos admisibles     |
| VD<br>Utilización estructural en cobertura para losa deportiva | Esfuerzos admisibles      | Modelamiento | Modelo                             |

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.6.1. Proceso de obtención de los datos

##### 3.6.1.1. Bosque montano en Yaquil

El bosque montano de madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” se ubica en el centro poblado Yaquil de Conchán, en las coordenadas UTM WGS84 17S 757768.83 m E, 9284139.61 m S, a 2885 msnm. El centro poblado Yaquil, pertenece al distrito de Conchán, se ubica en las coordenadas UTM WGS84 17S 759260.74 m E, 9287056.39 m S, a aproximadamente 22 km de la ciudad de Chota; mientras que, el bosque se ubica a 2 km del C.P. Yaquil; se puede acceder al bosque por la carretera Yaquil – Los Lanches con una longitud de 10 km, recorridos en 45 minutos en vehículo liviano. Tiene un área de 14.90 ha enmarcados en un perímetro de 3.95 km. Se puede dividir al bosque en cinco subzonas en base a las características visuales de los árboles de diámetro de tronco de 15” a 30” y altura promedio de 10 m. El bosque es bastante extenso, pero aproximadamente 372 árboles ya tienen diámetros y alturas adecuados para la extracción de madera. La corteza de estos árboles es semi rugosa y de color marrón grisáceo.

**Tabla 14**

*Descripción del Bosque “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” – Yaquil*

| Sub zona | Área (ha) | N° árboles |
|----------|-----------|------------|
| A        | 3.01      | 75         |
| B        | 2.45      | 61         |
| C        | 2.57      | 64         |
| D        | 3.73      | 93         |
| E        | 3.14      | 79         |
| Total    | 14.90     | 372        |

**Figura 24**

*Vista Satelital del Bosque Montano de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



Nota: (Google earth, 2022).

**Figura 25**

*Bosque Montano de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



### 3.6.1.2. Colección de muestras

La cantidad de árboles seleccionados fueron 05 árboles de “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del bosque montano del centro poblado Yaquil, distrito de Conchán ya que según la NTP 251.008 (INACAL, 2023) recomienda dicha cantidad para obtener una seguridad estadística del 95%, los árboles seleccionados deben tener un diámetro mayor a 30 cm medidos a la altura del pecho (dap).

Estos árboles se eligieron de manera aleatoria al azar. Ubicados en el centro de cada zona o sector del bosque con ayuda de una ruleta se tomó al azar el rumbo (N, S, E, O y la combinación de estos). Se tomó una distancia al azar en pasos o en metros en la dirección que arrojó la ruleta y se caminó hasta llegar a ese punto. Se tomó el primer árbol de la especie que reúna las características especificadas para la población de análisis (se registró sus coordenadas UTM con ayuda de GPS Garmin de mano). Se registraron los datos del árbol en pie y luego de talarlo. Se taló el árbol, a una altura promedio de 50 cm del nivel del suelo. Se repitió el mismo procedimiento para los demás árboles hasta completar los 05 árboles de la muestra.

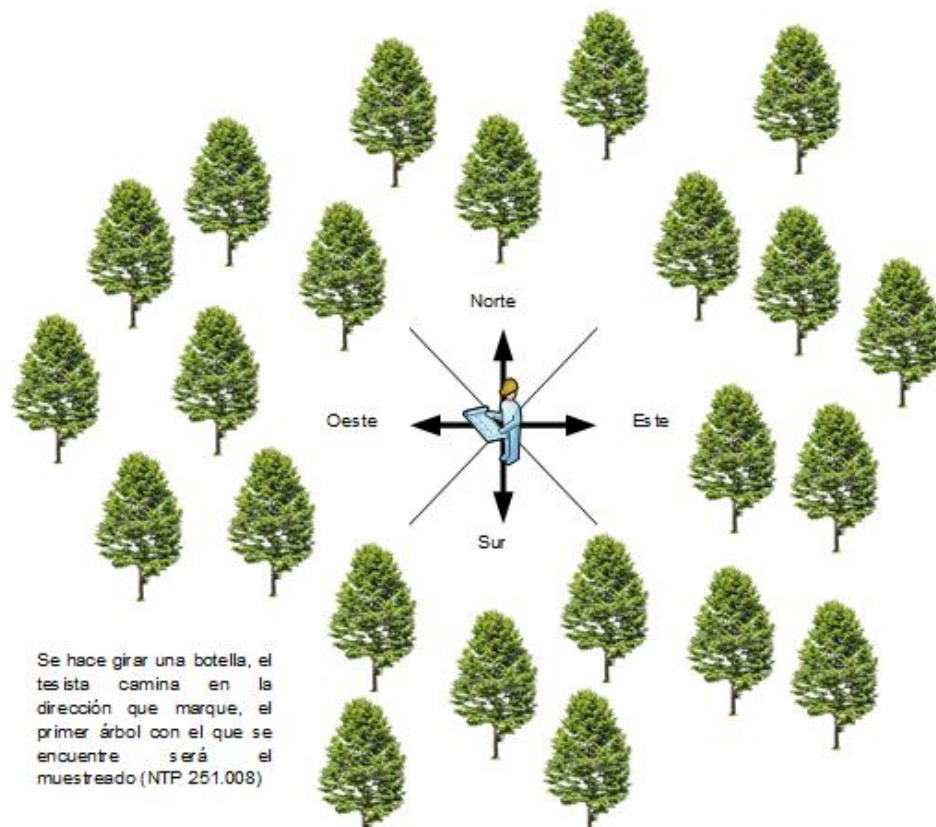
**Tabla 15**

*Árboles de “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” del bosque montano de Yaquil*

| Árbol | DAP<br>(cm) | AT<br>(m) | AC<br>(m) | Color de<br>corteza | Coordenadas |            |
|-------|-------------|-----------|-----------|---------------------|-------------|------------|
|       |             |           |           |                     | Este (m)    | Norte (m)  |
| 1     | 55          | 16        | 10        | Marrón rojizo       | 757739.47   | 9284401.06 |
| 2     | 54          | 15        | 10        | Marrón rojizo       | 757653.44   | 9284294.97 |
| 3     | 54          | 16        | 10        | Marrón rojizo       | 757569.99   | 9284026.03 |
| 4     | 52          | 10        | 10        | Marrón rojizo       | 757918.69   | 9284032.68 |
| 5     | 54          | 12        | 10        | Marrón rojizo       | 757809.16   | 9284147.54 |

Nota: DAP= Diámetro a la altura del pecho, AT= Altura total, AC= Altura comercial.

**Figura 26** Muestreo de Árboles en la Zona de Estudio



Nota: (Burga, 2022).

**Figura 27** Selección Aleatoria de la Dirección de Muestreo



**Figura 28** Selección Aleatoria del Árbol *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)



**Figura 29** Equipo Encargado de Talar los Árboles de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” de Yaquil



Para seleccionar las trozas, se dividió el fuste del árbol para obtener las trozas con longitudes iguales y adecuadas para la obtención de probetas. Se seleccionó una cantidad de trozas suficiente o igual a la cantidad de probetas que se necesitaba para los respectivos ensayos. Se determinó el diámetro de la troza utilizando un flexómetro de mano. Luego se tomó un número al azar entre 0 y 100, y se localizó la troza al azar. Las trozas obtenidas fueron marcadas con la ayuda de un cincel para crear una marca con relieve y luego se registró los datos de la troza. Se repitió el mismo procedimiento para las demás trozas hasta completar la cantidad necesaria.

**Tabla 16** Trozas de los Árboles *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)

| Árbol | N° de troza | N° de anillos | Diámetro (cm) |       | Médula     | Diámetro (cm) |         | Color del duramen |
|-------|-------------|---------------|---------------|-------|------------|---------------|---------|-------------------|
|       |             |               | Mayor         | Menor |            | Albura        | Duramen |                   |
| 1     | 1           | 15            | 55            | 53    | Excéntrica | 50            | 30      | Marrón rojizo     |
| 2     | 2           | 14            | 54            | 52    | Excéntrica | 50            | 30      |                   |
| 3     | 3           | 12            | 54            | 51    | Excéntrica | 50            | 30      |                   |
| 4     | 4           | 15            | 52            | 50    | Excéntrica | 58            | 30      |                   |
| 5     | 5           | 14            | 54            | 51    | Excéntrica | 50            | 30      |                   |

Para las viguetas, de cada troza seleccionada se cortó una pieza de 8 cm en forma paralela a la corteza y a lo largo de la troza. Luego se sometió al tratamiento profiláctico para la protección contra los hongos e insectos al igual que las trozas. Se repitió el mismo procedimiento para las demás viguetas hasta completar las viguetas necesarias para obtener las probetas.

De cada una de las viguetas seleccionadas se obtuvieron las probetas necesarias para realizar los ensayos físico-mecánicos, los cuales se realizaron en estado verde. Las viguetas destinadas a los ensayos en estado verde se mantuvieron en este estado, sumergiéndolas y cubriéndolas con aserrín hasta el momento del ensayo, como lo indicaba la NTP 251.009 (INACAL, 2016).

**Figura 30** Dimensionamiento y Numeración de las Trozas del Árbol



**Figura 31** Corte de las Viguetas Obtenidas a Partir de la Troza



### 3.6.1.3. Obtención de probetas

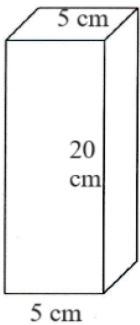
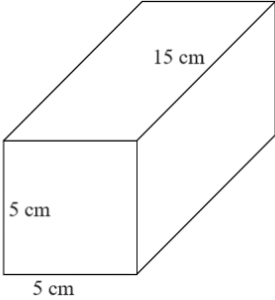
Una vez trasladadas las viguetas de madera a la carpintería, comenzó el proceso de obtención de las probetas necesarias para los distintos ensayos físico-mecánicos. El carpintero, siguiendo las especificaciones técnicas, procedió a cortar la madera en las dimensiones precisas requeridas para cada tipo de ensayo.

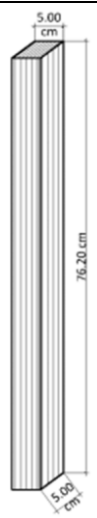
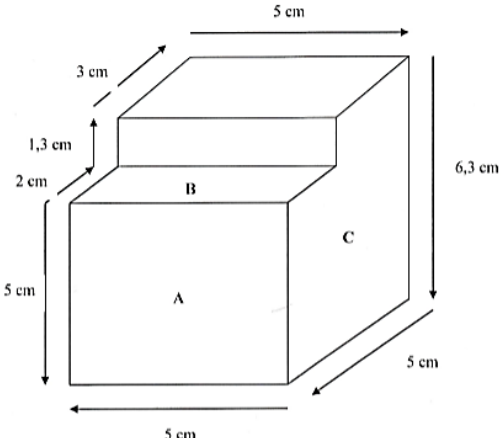
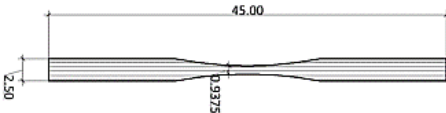
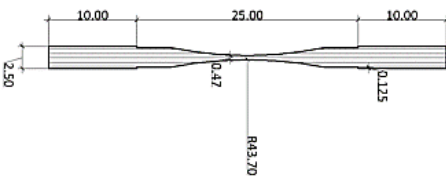
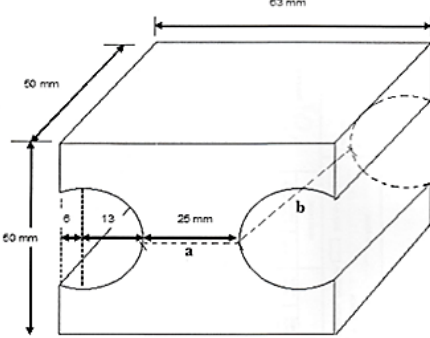
Cada ensayo demandaba probetas de diferentes tamaños. Por ejemplo, para los ensayos de compresión, flexión y tracción, se requerían probetas con dimensiones específicas que garantizaran la precisión y validez de los resultados. El carpintero utilizó herramientas adecuadas para asegurar cortes exactos y uniformes, manteniendo la integridad estructural de la madera.

Se obtuvieron cinco muestras por tipo de ensayo. Las probetas, una vez cortadas, se etiquetaron adecuadamente para su identificación y se almacenaron en condiciones controladas hasta el momento de ser sometidas a las pruebas.

**Tabla 17**

*Dimensiones de las Probetas y Codificación de Acuerdo al Ensayo*

| Código | Vigueta | Troza | Árbol | Ensayo                      | Probeta   |
|--------|---------|-------|-------|-----------------------------|---|
| C1A1   | 1       | 76    | 1     | Compresión<br>paralela      |  |
| C2A2   | 2       | 58    | 2     |                             |   |
| C3A3   | 3       | 80    | 3     |                             |   |
| C4A4   | 4       | 32    | 4     |                             |   |
| C5A5   | 5       | 42    | 5     |                             |   |
| Q1A1   | 1       | 72    | 1     | Compresión<br>perpendicular |   |
| Q2A2   | 2       | 50    | 2     |                             |   |
| Q3A3   | 3       | 26    | 3     |                             |   |
| Q4A4   | 4       | 72    | 4     |                             |   |
| Q5A5   | 5       | 98    | 5     |                             |   |

| Código | Vigueta | Troza | Árbol | Ensayo                   | Probeta  |
|--------|---------|-------|-------|--------------------------|--|
| F1A1   | 1       | 19    | 1     | Flexión<br>estática      |   |
| F2A2   | 2       | 78    | 2     |                          |  |
| F3A3   | 3       | 73    | 3     |                          |  |
| F4A4   | 4       | 57    | 4     |                          |  |
| F5A5   | 5       | 24    | 5     |                          |  |
| Z1A1   | 1       | 27    | 1     | Cizallamiento            |   |
| Z2A2   | 2       | 55    | 2     |                          |  |
| Z3A3   | 3       | 61    | 3     |                          |  |
| Z4A4   | 4       | 61    | 4     |                          |  |
| Z5A5   | 5       | 18    | 5     |                          |  |
| T1A1   | 1       | 48    | 1     | Tensión<br>paralela      | <br> |
| T2A2   | 2       | 11    | 2     |                          |  |
| T3A3   | 3       | 1     | 3     |                          |  |
| T4A4   | 4       | 20    | 4     |                          |  |
| T5A5   | 5       | 94    | 5     |                          |  |
| S1A1   | 1       | 13    | 1     | Tensión<br>perpendicular |    |
| S2A2   | 2       | 39    | 2     |                          |  |
| S3A3   | 3       | 59    | 3     |                          |  |
| S4A4   | 4       | 3     | 4     |                          |  |
| S5A5   | 5       | 35    | 5     |                          |  |

**Figura 32** Corte de las Probetas de Acuerdo a las Dimensiones de Ensayo



**Figura 33** Probetas de la Madera *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt) para los Ensayos Mecánicos



### 3.6.1.4.NTP 251.009 Acondicionamiento de las viguetas para ensayos en estado verde (INACAL, 2016)

Según la NTP 251.009 (INACAL, 2016), para acondicionar las viguetas para ensayos en verde, se colocó parafina con la finalidad de mantener la humedad durante su traslado a los laboratorios. Los ensayos de cizallamiento, tensión paralela y perpendicular se enviaron al laboratorio de materiales de la “Universidad Nacional de Trujillo” en la Libertad, mientras que los ensayos de compresión paralela, perpendicular y flexión estática se realizaron en el laboratorio de Servicios de Exploración Geotécnica, Asfalto y Ensayo de Materiales (SEGENMA) de Chiclayo.

### 3.6.1.5.NTP 251.010 Métodos para determinar el contenido de humedad

La humedad de la madera inicialmente se analizó en la muestra de aserrín pesando está antes y después de salir del horno durante un día, determinando valores de 6.59% a 7.07%. En promedio la humedad de la madera de acuerdo a la muestra de aserrín era 6.85%, por lo que se saturó las muestras hasta que alcanzarán contenido de humedad superior a 12% para realizar los ensayos mecánicos en la madera en estado verde o húmedo.

**Tabla 18**

*Resultados de Humedad en Muestras de Aserrín*

| Muestra de aserrín       | M1A1 | M2A2 | M3A3 | M4A4 | M5A5 | M1bA1 | M2bA2 | M3bA3 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Contenido de humedad (%) | 7.07 | 6.64 | 6.93 | 6.59 | 7.01 | 7.02  | 6.65  | 6.92  |

**Figura 34**

*Muestras de Aserrín para Determinar la Humedad de la Madera*



Mientras que, la humedad de las probetas se analizó antes y después de los ensayos mecánicos, para ello se pesaron las probetas, posteriormente se colocó en el horno durante un día, y finalmente se pesó la probeta al sacarla del mismo.

**Figura 35**

*Probetas Luego de los Ensayos Mecánicos en el Horno para Determinar el Contenido de Humedad de la Probeta*



### 3.6.1.6.NTP 251.011 Densidad básica (INACAL, 2019)

El procedimiento para determinar la densidad básica de la madera consistió en varios pasos. Primero, se prepararon probetas con una sección transversal de 3 cm x 3 cm y una longitud de 10 cm. Luego, se midió el peso de cada probeta. A continuación, se determinó el volumen de la probeta mediante medición directa o inmersión en agua. Después, se secaron las probetas en un horno a 103 °C para obtener su peso anhidro. Finalmente, se calculó la densidad básica utilizando el peso anhidro de la probeta y su volumen en estado saturado.

**Figura 36**

*Determinación de la Densidad Básica de la Madera*



### 3.6.1.7.NTP 251.014 Compresión paralela (INACAL, 2020)

El proceso se llevó a cabo utilizando probetas con dimensiones de 5 x 5 x 20 cm. La carga se aplicaba en la base del prisma, sobre una superficie transversal de la probeta, de forma continua y a una velocidad de 0.6 mm/min. Se recolectaban los datos de la curva carga-deflexión antes de que la probeta fallara. Inmediatamente después del ensayo, se utilizaba la misma probeta, para determinar su contenido de humedad.

**Figura 37**

*Determinación de la Compresión Paralela de la Madera*



### 3.6.1.8.NTP 251.016 Compresión perpendicular (INACAL, 2015)

El ensayo se llevó a cabo utilizando probetas prismáticas rectas de 5 x 5 x 15 cm. Estas probetas se colocaron en un dispositivo de compresión perpendicular, donde se le aplicó una carga a una velocidad de 0.3 mm/min. Se anotaron y calcularon las tensiones últimas proporcionales obtenidas durante el ensayo. Además, se registraron los datos necesarios para elaborar la curva correspondiente. También, inmediatamente después del ensayo, se utilizaba la misma probeta, para determinar su contenido de humedad.

**Figura 38**

*Determinación de la Compresión Perpendicular*



### 3.6.1.9.NTP 251.013 Cizallamiento paralelo al grano (INACAL, 2015)

El procedimiento se realizó con probetas de 5 x 5 x 6.5 cm, asegurándose de que las superficies A, B y C resultantes fueran perpendiculares a la dirección del grano. Las probetas se ubicaron en un dispositivo de cizallamiento de manera que la cara transversal recibiera la presión de la cizalla. Se fijaron firmemente al accesorio utilizando dos tornillos que aplicaron presión sobre la cara lateral, dejando un espacio de 3 mm entre la probeta y la pieza móvil que sostiene la cizalla, se utilizaba la misma probeta, para determinar su contenido de humedad.

**Figura 39**

*Determinación del Cizallamiento de la Madera*



### 3.6.1.10.NTP 251.017 Flexión estática (INACAL, 2019)

El ensayo de la flexión estática fue llevado a cabo utilizando probetas de dimensiones de 5 x 5 x 76 cm (con una luz de 35 cm) utilizando el método primario. El procedimiento incluyó la determinación del plano neutral, la aplicación de carga y soportes, así como la velocidad del ensayo. Se registraron las curvas de carga-deformación y se describió cualquier falla en las probetas. Además, se determinó la humedad cortando una muestra pequeña de 5 cm de ancho, 5 cm de espesor y 10 cm de largo de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, inmediatamente después de completar el ensayo.

#### Figura 40

*Determinación de la Flexión Estática de la Madera*



### 3.6.1.11.NTP 251.085 Tensión paralela (INACAL, 2017)

Se realizó en las probetas con las dimensiones especificadas en la norma técnica. La probeta se fijó en la mordaza y se aplicó una fuerza a una velocidad

de 1 mm/min. Se determinó la distorsión y se aplicó carga hasta que la probeta se rompiera, registrando así la carga máxima alcanzada durante el proceso. Finalmente, se generó la curva de carga-deformación correspondiente, se utilizaba la misma probeta, para determinar su contenido de humedad.

**Figura 41**

*Determinación de la Tensión Paralela de la Madera*



### **3.6.1.12.NTP 251.086 Tensión perpendicular (INACAL, 2020)**

Se llevó a cabo utilizando probetas de dimensiones 50x50x63 mm. La muestra se colocaba centrada en la mordaza y se aplicó una carga hasta la falla a una velocidad de 2.5 mm/min, registrándose la carga máxima al momento de la falla, se utilizaba la misma probeta, para determinar su contenido de humedad.

**Figura 42**

*Determinación de la Tensión Perpendicular de la Madera*



### **3.6.1.13. Esfuerzos admisibles**

Para determinar los esfuerzos admisibles en la madera, primero se llevaron a cabo diversos ensayos mecánicos, cada uno diseñado para evaluar la resistencia de la madera en diferentes condiciones y tipos de carga. A partir de estos ensayos, se obtuvo la resistencia máxima o esfuerzo básico de la madera.

Una vez que se determinó el esfuerzo básico para cada tipo de ensayo, se procedió a calcular los esfuerzos admisibles. Esto se logró multiplicando el

esfuerzo básico por factores de alteración especificados en la norma E.010. Estos factores de alteración tienen en cuenta diversas condiciones y propiedades de la madera, como la variabilidad natural del material, el tipo de carga y las condiciones ambientales en las que se utilizará la madera.

$$Esfuerzo\ admisible = \frac{F.C \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times Esfuerzo\ básico \quad (65)$$

De esta manera, al aplicar estos factores correctivos al esfuerzo básico obtenido en los ensayos, se determinó el esfuerzo admisible de la madera. Este esfuerzo admisible representa el valor seguro de carga que la madera puede soportar en condiciones reales de uso.

#### **3.6.1.14. Descripción del coliseo deportivo**

El coliseo deportivo de la Institución Educativa Agropecuario “Almirante Miguel Grau” ha sido diseñado arquitectónicamente con una estructura robusta y moderna, que combina columnas de concreto armado con una cobertura de madera, específicamente utilizando armaduras de madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”. Este diseño no solo ofrece resistencia y durabilidad, sino también una estética agradable y natural.

Ubicada a una altitud de 2259 msnm, la Institución Educativa se encuentra en las coordenadas UTM WGS84 17S 757135.40 m E, 9274981.03 m S, a solo 3 km de la ciudad de Chota, accesible por la carretera 3N. Este entorno geográfico influye en el diseño estructural, considerando factores climáticos y de altitud.

La losa deportiva del colegio, cuenta con 40 m de largo y 24.90 m de ancho (incluyendo el espacio para graderíos), abarcando un área de 996 m<sup>2</sup>. Este amplio espacio ha sido cubierto con una estructura de techo que utiliza armaduras de madera, sostenidas sobre columnas de concreto armado, proporcionando una gran resistencia y estabilidad.

**Figura 43**

*Ubicación del Coliseo para el Colegio Agropecuario*



Nota: (Google earth, 2024).

### 3.6.1.15. Predimensionamiento de la armadura de madera

#### a) Tipo de armadura

Se estableció teniendo en cuenta las consideraciones del Manual de diseño para maderas del grupo andino (Junta de Acuerdo de Cartagena, 2022), el cual recomienda utilizar la armadura tipo Pratt cuando el tamaño de la luz libre entre apoyos es mayor a 12 m.

#### b) Peralte de armadura

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{10} - \frac{1}{6} \quad (66)$$

$$Luz libre = 2l \quad (67)$$

$$h = 1 m \quad (68)$$

Donde, h es el peralte y l la mitad de la luz libre, la longitud en el tramo más largo es 16, por ello l es igual a 8.

**c) Correas**

Se estableció teniendo en cuenta el criterio de la relación aproximada del peralte entre la base  $h/b=2$ . Siendo 8” de peralte y 4” de base.

$$\frac{h}{b} = 2 \tag{69}$$

**d) Bridas**

Se estableció teniendo en cuenta el criterio de la relación aproximada del peralte entre la base  $h/b=2$ . Siendo 6” de peralte y 3” de base.

$$\frac{h}{b} = 2 \tag{70}$$

**e) Montantes y diagonales**

Se estableció teniendo en cuenta la sección de las bridas para su óptimo ensamble. Siendo 4” de peralte y 3” de ancho.

**3.6.1.16. Metrado de cargas**

La estructura fue diseñada tomando en cuenta carga muerta, carga viva, carga por granizo, carga por viento y por sismo.

**a) Carga muerta**

La cubierta a utilizar es ALUZINC TR-4, de espesor 0.40 mm.

**Tabla 19**

*Metrado de Cargas Muertas*

| Peso  | kgf/m <sup>2</sup> |
|---|--------------------|
| Cobertura Aluzinc TR-4                            | 3.35               |
| Uniones, accesorios para instalaciones eléctricas | 1.65               |
| Total   | 5.00               |

Nota: El resto de la carga muerta como el peso de correas, armaduras, etc. es calculado por SAP 2000.

**b) Carga viva**

Según el artículo 7 (7.1) de la norma E.020 (MVCS, 2006), la carga viva mínima de techo, para techos con coberturas livianas es 30 kgf/m<sup>2</sup>.

### c) Carga de granizo

La norma E.020 (MVCS, 2006) aborda las cargas de nieve y granizo como precipitaciones sólidas, calculadas en función de su peso específico, espesor acumulado y la inclinación del techo. No obstante, no especifica la altura de acumulación de granizo sobre el suelo, por lo que se adoptó un valor según el diagrama de precipitación para Chota.

**Tabla 20**

#### *Cargas Básica de Granizo Sobre el Suelo*

| Datos                                   |                         |
|---|-------------------------|
| Peso específico del granizo             | 700 kgf/m <sup>3</sup>  |
| Espesor acumulado de granizo            | 0.025 m                 |
| Carga básica del granizo sobre el suelo | 17.5 kgf/m <sup>2</sup> |

La carga del granizo sobre los techos ( $Q_t$ ), depende a la inclinación, pendiente, forma, etc. del techo; para el presente caso se tuvo:

**Tabla 21**

#### *Cargas de Granizo sobre el Techo*

| Inclinación del techo  | Carga                    |
|--|--------------------------|
| Carga por granizo sobre la proyección horizontal en techo de 11° | 17.5 kgf/m <sup>2</sup>  |
| Carga por granizo sobre la proyección horizontal en techo de 45° | 13.91 kgf/m <sup>2</sup> |

### d) Carga de viento

Depende de la velocidad de diseño y de los factores de forma para la carga exterior e interior del viento que establece la norma E.020 (MVCS, 2006), para el presente diseño se asumió que el viento se presenta en la dirección X, -X, Y, -Y; las cargas que se obtienen se supone que actúan perpendiculares a la superficie de la estructura.

El mapa eólico del Perú establece que la velocidad básica del viento hasta 10 m de altura para Chota es de 45 km/h, al mismo tiempo condiciona que la velocidad de diseño debe ser por lo menos 75 km/h, además, la cobertura propuesta alcanza una altura máxima de 14.80 m., por lo tanto, se calcula aplicando la formula establecida para determinar la velocidad a esa altura.

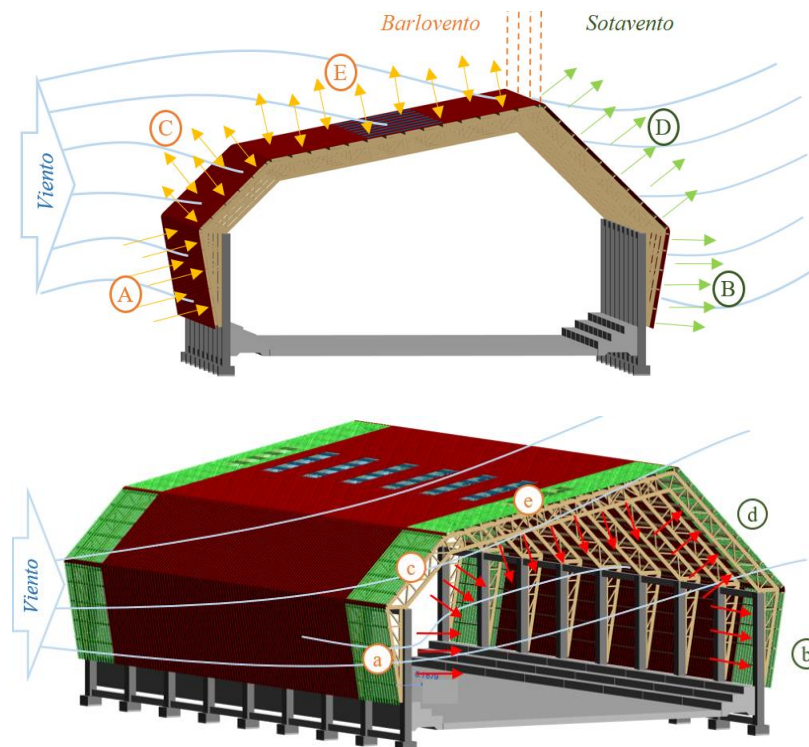
**Tabla 22**

*Datos de la Velocidad del Viento*

| Datos  |            |
|--|------------|
| Velocidad básica del viento para Chota       | 45 km/h    |
| Velocidad mínima de diseño según norma E.020 | 75 km/h    |
| Velocidad de diseño hasta 10 m de altura     | 75 km/h    |
| Altura máxima del techo propuesto            | 14.75 m    |
| Velocidad de diseño a la altura h            | 81.70 km/h |

**Figura 44**

*Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección "X"*



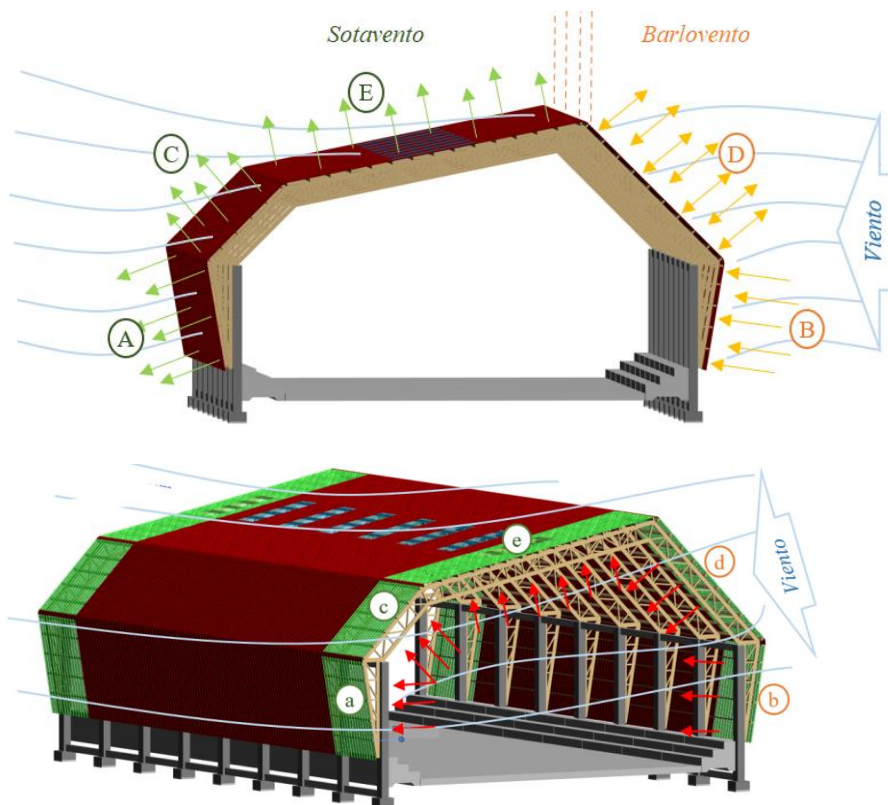
**Tabla 23**

*Carga por Viento en la Dirección “X”*

| Carga por viento en la dirección “X” ( $W_x$ ) |            |      |      |      |                             |                             |
|--|------------|------|------|------|-----------------------------|-----------------------------|
| Posición                                       | Superficie | Ce   | Ci   | C    | $W_x$ (kgf/m <sup>2</sup> ) | $W_x$ (kgf/m <sup>2</sup> ) |
| Vertical                                       | A          | 0.8  |      | 0.8  | 22.50                       | 22.50                       |
|  | a          | 0.8  | -0.6 | 1.4  | 39.38                       | 39.38                       |
|  | B          | -0.6 |      | -0.6 | -16.88                      | -16.88                      |
|  | b          | -0.6 | 0.8  | -1.4 | -39.38                      | -39.38                      |
| Inclinada                                      | C          | 0.7  |      | 0.7  | 23.36                       | 23.36                       |
|  |            | -0.3 |      | -0.3 | -10.01                      |                             |
|  | c          | 0.7  | -0.6 | 1.3  | 43.38                       | 43.38                       |
|  |            | -0.3 | -0.6 | 0.3  | 10.01                       |                             |
|  | D          | -0.6 |      | -0.6 | -20.02                      | -20.02                      |
|  |            | -0.6 | 0.8  | -1.4 | -46.72                      | -46.72                      |
|  | E          | 0.3  |      | 0.3  | 10.01                       | -23.36                      |
|  |            | -0.7 |      | -0.7 | -23.36                      |                             |
|  | e          | 0.3  | -0.6 | 0.9  | 30.03                       | 30.03                       |
|  |            |      | -0.7 | -0.6 | -0.1                        | -3.34                       |

**Figura 45**

*Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección “-X”*

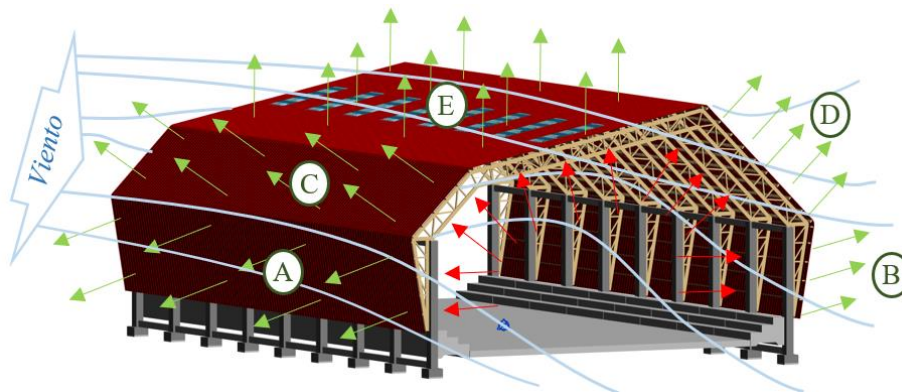


**Tabla 24***Carga por Viento en la Dirección “-X”*

| Carga por viento en la dirección “-X” (W-x) |            |      |      |      |                           |                           |
|---|------------|------|------|------|---------------------------|---------------------------|
| Posición                                    | Superficie | Ce   | Ci   | C    | W-x (kgf/m <sup>2</sup> ) | W-x (kgf/m <sup>2</sup> ) |
| Vertical                                    | B          | 0.8  |      | 0.8  | 22.50                     | 22.50                     |
|   | b          | 0.8  | -0.6 | 1.4  | 39.38                     | 39.38                     |
|   | A          | -0.6 |      | -0.6 | -16.88                    | -16.88                    |
|   | a          | -0.6 | 0.8  | -1.4 | -39.38                    | -39.38                    |
| Inclinada                                   | D          | 0.7  |      | 0.7  | 19.69                     | 19.69                     |
|   |            | -0.3 |      | -0.3 | -8.44                     |                           |
|   | d          | 0.7  | -0.6 | 1.3  | 36.56                     | 36.56                     |
|   |            | -0.3 | -0.6 | 0.3  | 8.44                      |                           |
|   | C          | -0.6 |      | -0.6 | -20.02                    | -20.02                    |
|   |            | -0.6 | 0.8  | -1.4 | -46.72                    | -46.72                    |
|   | E          | -0.6 |      | -0.6 | -20.02                    | -20.02                    |
|   |            | -0.6 | 0.8  | -1.4 | -46.72                    | -46.72                    |

**Figura 46**

*Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección “Y”*

**Tabla 25***Carga por Viento en la Dirección “Y”*

| Carga por viento en la dirección “Y” (Wy) |            |      |     |    |                          |                          |
|---|------------|------|-----|----|--------------------------|--------------------------|
| Posición                                  | Superficie | Ce   | Ci  | C  | Wy (kgf/m <sup>2</sup> ) | Wy (kgf/m <sup>2</sup> ) |
| Vertical                                  | A          | -0.7 | 0.3 | -1 | -28.13                   | -28.13                   |
|   | B          | -0.7 | 0.3 | -1 | -28.13                   | -28.13                   |
| Inclinada                                 | C          | -0.7 | 0.3 | -1 | -33.37                   | -33.37                   |
|   | D          | -0.7 | 0.3 | -1 | -33.37                   | -33.37                   |
|   | E          | -0.7 | 0.3 | -1 | -33.37                   | -33.37                   |

### 3.6.1.17. Modelamiento en SAP 2000 cobertura

Para modelar la cobertura de madera para una losa deportiva se utilizó el programa SAP 2000 V21.

- Se creó un modelo a partir de grillas en los ejes X, Y, Z.
- Se definió las propiedades de los materiales: Para la madera tipo A, Concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .

**Figura 47**

*Definición de las Propiedades de los Materiales*

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in SAP 2000. The dialog is titled 'Material Property Data' and has a close button (X) in the top right corner. It is divided into several sections:

- General Data:**
  - Material Name and Display Color: MADERA TIPO A - CHILIMAR (with an orange color swatch)
  - Material Type: Other (dropdown menu)
  - Material Grade: 1000.34 kg/m3
  - Material Notes: Modify/Show Notes... (button)
- Weight and Mass:**
  - Weight per Unit Volume: 1.000E-03
  - Mass per Unit Volume: 1.020E-06
- Units:**
  - Units: Kgf, cm, C (dropdown menu)
- Isotropic Property Data:**
  - Modulus Of Elasticity, E: 95000
  - Poisson, U: 0.3
  - Coefficient Of Thermal Expansion, A: 3.9E-06
  - Shear Modulus, G: 36538.46

At the bottom of the dialog, there is a checkbox labeled 'Switch To Advanced Property Display' which is currently unchecked. Below the checkbox are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETO f'c=210 kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c = 210 kg/cm2

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.400E-03

Mass per Unit Volume: 2.447E-06

**Units**

Kgf, cm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 218819.78886746

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 91174.91

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 210

Expected Concrete Compressive Strength: 210

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

- Se definió las secciones de los elementos a utilizar.
- Se dibujó el modelo matemático a partir de elementos frame para los componentes de la armadura y para las columnas, asimismo, a partir de un área (shell tipo membrana) para el Aluzinc TR4.
- Se liberaron los momentos 3-3 en los componentes de la armadura, ya que, tendrán una unión articulada mediante pletinas y pernos; pues todas las fuerzas que se desprendan pasarán por un mismo punto en el nodo lo que ocasiona que no exista excentricidad y por lo tanto no exista momentos.
- Se asignaron los apoyos como empotrados en la base de las columnas.
- Los espectros de Pseudo - Aceleración sísmica en la dirección “X” e “Y”, se obtuvieron a partir de los parámetros sísmicos establecidos en la norma E.030.

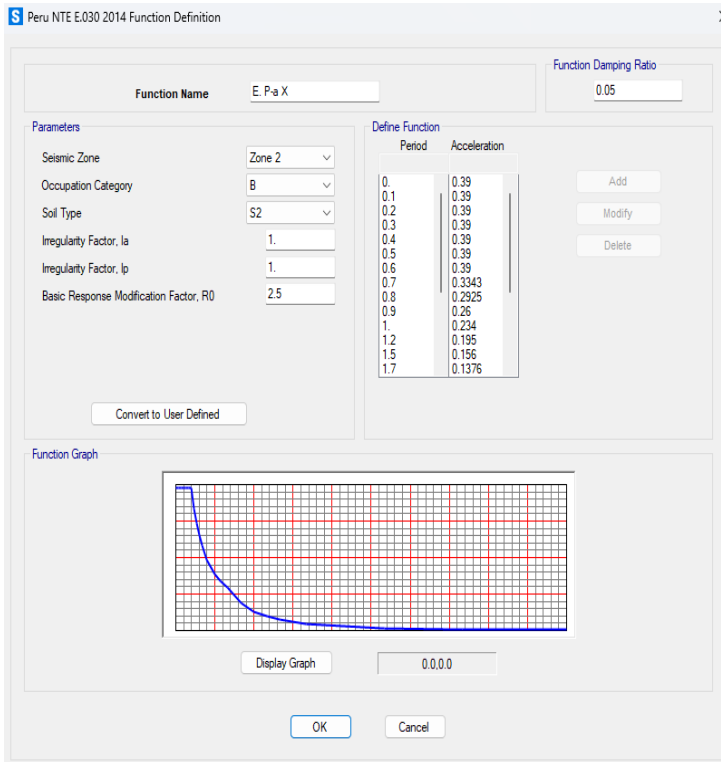
**Tabla 26***Datos del Espectro de Pseudo – Aceleración*

| Ítem | Descripción                       | Símbolo | Valor    | Observación  |
|------|-----------------------------------|---------|----------|--|
| 1    | Factor de zona                    | Z       | 0.25     | Zona 2 -Chota  |
| 2    | Factor de uso y categoría         | U       | 1.30     | B - Coliseo  |
| 3    | Factor de amplificación del suelo | S       | 1.20     | S2 - Suelo intermedio  |
| 4    | Periodo del factor C              | TP      | 0.60     | Periodo que define la plataforma del factor C  |
|      |                                   | TL      | 2.00     | Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.   |
| 5    | Factor de Irregularidad en altura | Iax     | 1.00     | En el eje X, regular   |
|      |                                   | Iay     | 1.00     | En el eje Y, regular   |
| 6    | Factor de Irregularidad en planta | Ipx     | 1.00     | En el eje X, regular   |
|      |                                   | Ipy     | 1.00     | En el eje Y, regular   |
| 7    | Periodo fundamental de vibración  | hn      | 14.75    | hn - Altura desde el nivel 0+00  |
|      |                                   | Tx      | 0.42 seg | T = hn/CT; CT = 35   |
|      |                                   | Ty      | 0.42 seg |  |
| 8    | Factor de amplificación sísmica   | C       | 2.50     | T < TP, en direccion X y Y   |
|      |                                   |         |          | TP < T < TL<br>2.50 (TP/T)<br>T > TL<br>2.50((TP*TL)/T²)   |
| 9    | Coeficiente de reducción sísmica  | Rx      | 2.50     | Recomendación de norma ASCE/SEI 7-16 (Tabla 12.2-1) para estructuras con coberturas a base de tijerales y columnas de concreto libres o con cerramientos livianos. |
|      |                                   | Ry      | 2.50     |  |
| 10   | Factor de cortante basal estática | Vx      | 0.3900   | Vx=SUCS/Rx; para SAP 2000  |
|      |                                   | Vy      | 0.3900   | Vy=SUCS/Ry; para SAP 2000  |
|      | Condición:                        | En X    | 1.00     | Ok   |
|      | C/R ≥                             | En y    | 1.00     | Ok   |

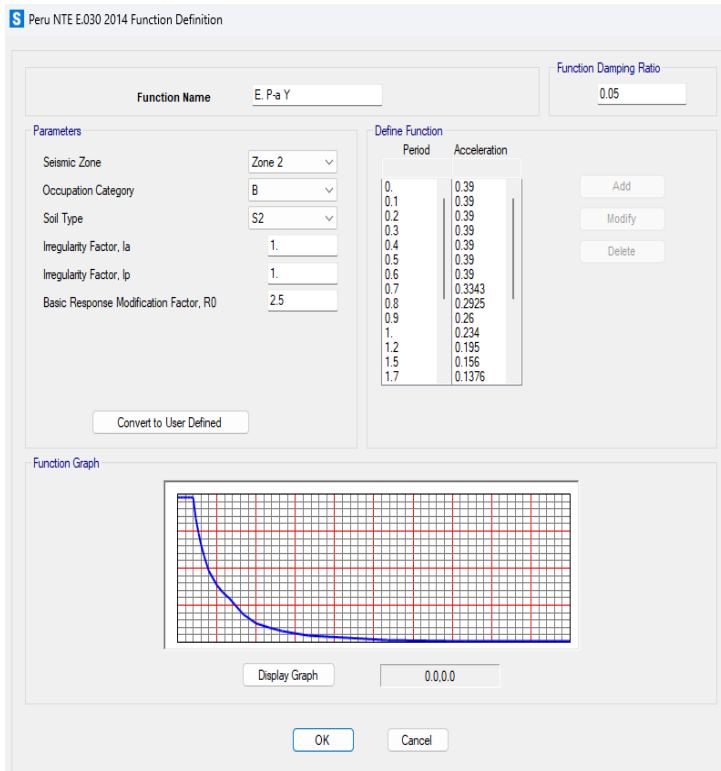
**Figura 48**

*Espectro de Pseudo Aceleración en X e Y*

X



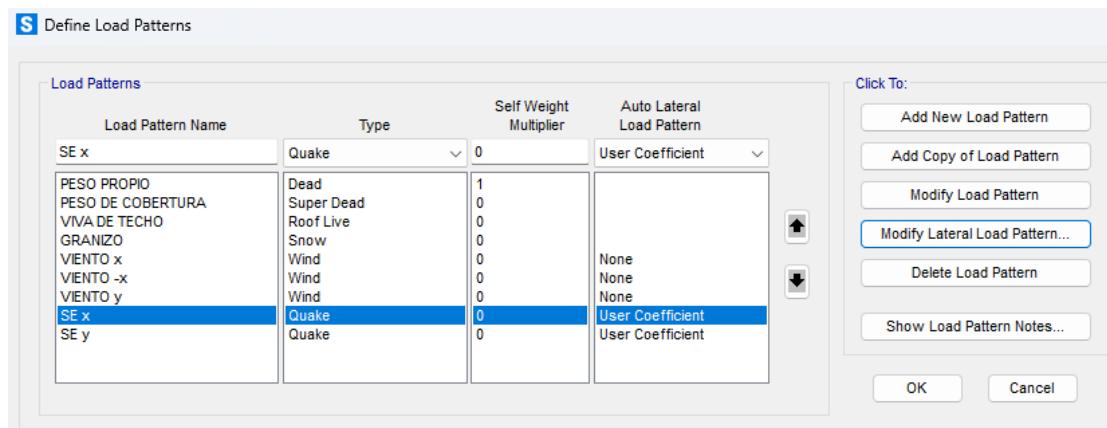
Y



- Se definió las cargas que actúan en la estructura, teniendo en cuenta que la carga muerta por peso propio de la estructura excepto del Aluzinc TR4 se calculó con el software SAP 2000 y que las demás cargas se asignaron manualmente.
- Para la carga por sismo estático en la dirección “X” e “Y” se definió mediante el coeficiente de cortante basal estática calculada anteriormente con los parámetros sísmicos.

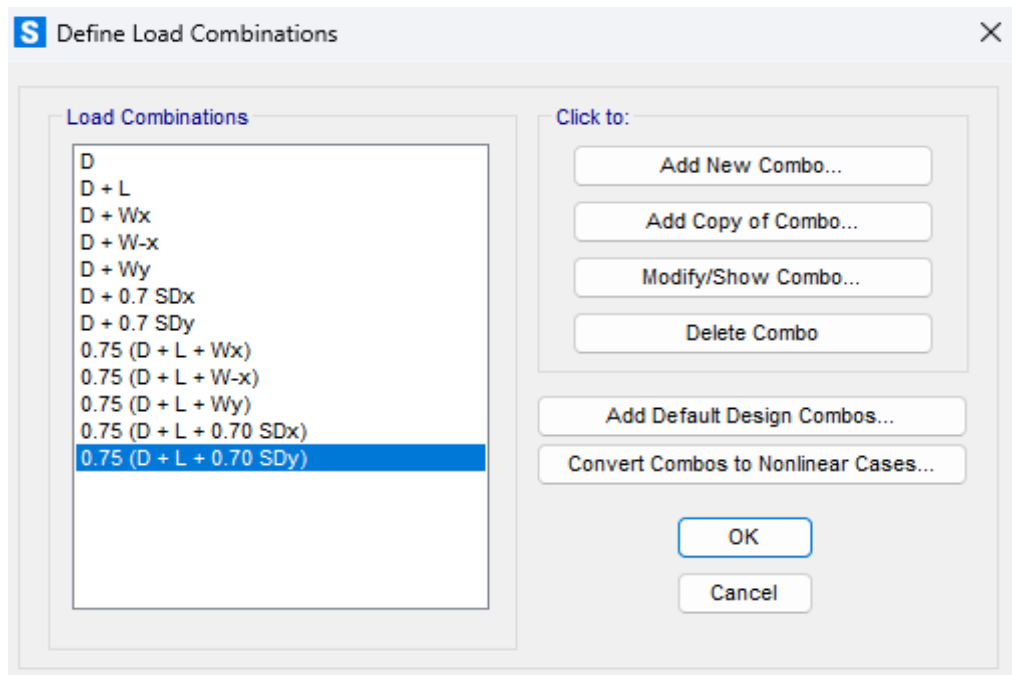
**Figura 49**

*Patrones de Carga*



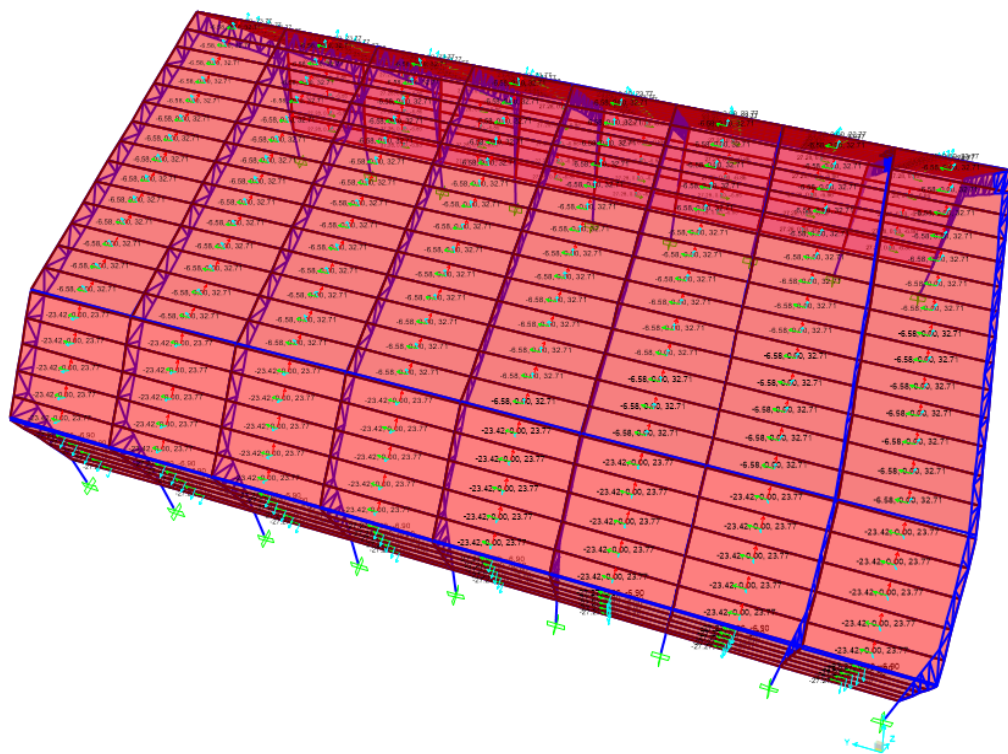
- Se definió el sismo dinámico modal espectral en la dirección “X” e “Y” mediante el espectro de pseudo - aceleración creado para cada dirección y el factor de escala de la gravedad  $9.807 \text{ m/s}^2$ , se considera el 100% del espectro en la dirección del análisis y los 2/3 del mismo en la dirección vertical.
- Se estableció las combinaciones (1), (2), (3) y (5) que muestra el artículo 19 de la norma E.020; la carga de granizo se consideró como carga viva, y no se incluyó en el diseño la presencia simultanea de viento y granizo en atención al artículo 11 (11.11) de la norma E.020.

**Figura 50** *Combinaciones de Carga*



- La carga por peso del Aluzinc TR4, carga viva, carga por granizo se asignaron de manera gravitacional (ejes globales) y las cargas por viento se asignaron de manera perpendicular a la superficie de la cobertura (ejes locales).

**Figura 51** *Asignación de Cargas*



**S** Assign Area Uniform Loads to Frames

**General**

Load Pattern: VIENTO y

Coordinate System: Local

Load Direction: 3

Load Distribution: One Way

**Uniform Load**

Load: 33.37 kgf/m<sup>2</sup>

**Options**

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

- Se estimó el peso de acuerdo al artículo 26 de la norma E.030, donde indica que para techos en general, se toma el 100% de la carga muerta total y el 25% de la carga viva de techo.
- Luego se realizó el análisis verificando del desplazamiento máximo lateral por sismo dinámico en “X” (SDx) y sismo dinámico en “Y” (SDy), asimismo, por cargas de viento en “X”, “-X” e “Y”, también se verificó el desplazamiento máximo vertical ó control de flechas por la acción conjunta de la carga muerta más la carga viva (D+L).

### 3.6.1.18. Diseño de componentes estructurales de la cobertura de madera

El diseño detallado de los componentes estructurales de la cobertura de madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*" (entre ellos correas, armaduras, uniones y placa base) se realizó de acuerdo a las normativas vigentes y se presenta con mayor detalle en el anexo.

**a) Diseño de correa**

El diseño de la correa se llevó a cabo conforme a lo establecido en el artículo 5 de la norma E.010 Madera. Para ello, se determinó una inercia que cumpliera con las deflexiones máximas admisibles, considerando los siguientes casos de combinación de cargas: actuando las cargas permanentes más la sobrecarga de servicio simultáneamente (D+L) y actuando la sobrecarga de servicio sola (L). Cabe mencionar que se diseñó la correa que mostró la mayor sollicitación y, a partir de esta, se uniformizaron las dimensiones para las demás.

**b) Diseño de armadura**

Se realizó seleccionando el elemento de la brida superior, brida inferior, diagonal y montante que presentaba la fuerza interna más alta, la sección mayor obtenida del diseño de cada elemento se uniformizó para cada uno de los componentes de la armadura respectivamente.

**c) Diseño de uniones**

El diseño de las uniones se llevó a cabo según el artículo 10(10.3) de la norma E.010 y se verificó las pletinas por tracción con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

**d) Diseño de placa base sobre la columna**

La placa base sobre la columna se diseñó de acuerdo a la Guía de Diseño AISC 1, Diseño de Placa Base y Varilla de Anclaje, 2da edición.

**3.6.1.19. Modelo arquitectónico en Revit 2023**

El proceso de modelado de toda la estructura para la cobertura de la losa deportiva se llevó a cabo en el programa Revit 2023. Primero, se creó un nuevo proyecto, se configuraron las unidades de medida y los parámetros generales del diseño, luego, se establecieron los niveles y rejillas que servirían como referencia

para la colocación precisa de la armadura y demás elementos como columnas, losa, graderío, etc.

Se definieron las especificaciones y dimensiones de los componentes de la armadura en base a los requerimientos del proyecto y las normativas pertinentes, asimismo, de las columnas, graderíos, losa deportiva, Aluzinc TR-4, etc.

Posteriormente, se procedió a colocar cada uno de los componentes entre ellos losa deportiva, graderíos, columnas, elementos de la armadura tipo Pratt, etc. todo ello utilizando las herramientas de dibujo de Revit, se aseguró que las bridas, diagonales y montantes siguieran el patrón característico de la armadura Pratt.

Para garantizar la precisión del modelo, se utilizaron las herramientas de alineación y las restricciones de Revit, ajustando cada componente hasta que todos los elementos se conectaron adecuadamente en los nodos. Se modelaron las conexiones emperradas con pletinas y se realizaron ajustes finos según fuera necesario.

Finalmente, se generaron los planos y las vistas detalladas de la armadura. Se crearon secciones, elevaciones y detalles de las conexiones para proporcionar una documentación completa y precisa del diseño.

### **3.6.2. *Procesamiento de datos***

Se llevó a cabo utilizando varios softwares especializados para diferentes etapas del análisis:

**ArcGIS 10.8.** Se utilizó para elaborar un plano de ubicación de la zona de análisis. Este software permitió integrar y visualizar datos espaciales.

**Microsoft Excel 2022.** Este programa se empleó para procesar los ensayos de la madera. Con Excel, se organizaron y analizaron los datos, permitiendo calcular

los esfuerzos admisibles de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*". Las funciones y herramientas de Excel fueron fundamentales para realizar cálculos precisos y representar gráficamente los resultados, asimismo, se utilizó para el diseño de los elementos de madera y uniones empernadas con pletinas metálicas. **SAP 2000 V21 2022.** Este software se utilizó para el modelamiento de la edificación con cobertura de madera. SAP 2000 facilitó la simulación y análisis estructural del diseño propuesto. El modelamiento permitió asegurar que la estructura cumple con los requisitos de seguridad y funcionalidad.

### 3.6.3. *Análisis de datos*

Se emplearon parámetros básicos de estadística descriptiva, como la media, desviación estándar y el coeficiente de variación.

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (71)$$

$$\text{La varianza de la muestra} \rightarrow S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i-x)^2}{n-1} \quad (72)$$

$$\text{Desviación estándar de la muestra} \rightarrow S = \sqrt{S^2} \quad (73)$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Promedio}} \times 100 \quad (74)$$

Donde, x media muestral, S<sup>2</sup> varianza de la muestra, S desviación estándar de la muestra, mientras que, el coeficiente de variación representa la relación entre la desviación estándar y el promedio, expresando la dispersión de los datos. Un coeficiente de variación menor al 10% indica uniformidad en los resultados.

Para realizar el análisis inferencial, se utilizó el programa Minitab 22. Este software permitió evaluar la validez de las hipótesis planteadas, ya sea aceptando la hipótesis alternativa (H1) o la hipótesis nula (Ho). El criterio de decisión se basó en el valor de probabilidad (p): si p es menor que el nivel de significancia de

0.05, para un nivel de confianza del 95%, entonces se rechaza  $H_0$ . En caso contrario, se acepta  $H_0$ .

### 3.7. Aspectos éticos

De acuerdo con González (2002) se tuvo en cuenta:

**Valor social o científico.** La investigación tuvo un valor significativo, evaluando la importancia social y científica de utilizar la madera "*Myrcianthes rhopaloides* (*Khunt*)" para aplicaciones estructurales. Se aseguró que el estudio contribuyera de manera relevante al conocimiento y bienestar de la comunidad.

**Validez científica.** Se garantizó que el diseño y la ejecución fueran adecuados, asegurando que los resultados obtenidos fueran confiables y válidos. Esto incluyó el uso de metodologías apropiadas y rigurosas para evitar resultados poco confiables o inválidos.

**Selección equitativa de la muestra.** La selección de las muestras de madera se realizó en base a criterios científicos claros, asegurando que las muestras fueran representativas y seleccionadas de manera justa, sin sesgos que pudieran afectar los resultados.

**Evaluación independiente.** La investigación fue sometida a una evaluación independiente para prevenir posibles conflictos de interés. Esto garantizó la imparcialidad y adherencia a los requisitos éticos.

**Consentimiento informado.** Los propietarios del bosque de la madera en estudio participaron de manera voluntaria y con pleno conocimiento de los objetivos y métodos del estudio. Se aseguró que su participación fuera compatible con sus valores, intereses y preferencias.

**Honestidad.** Los datos obtenidos se han presentado de manera clara, concisa y sin alteraciones. Se mantuvo la integridad del estudio asegurando que todos los datos recopilados fueran veraces y precisos.

**Limitaciones de la investigación.** Las limitaciones del estudio fueron claramente identificadas y presentadas para informar a los lectores sobre las posibles restricciones y su impacto en los resultados. Esto incluyó cualquier factor que pudiera haber afectado la generalización o interpretación de los hallazgos.

## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de resultados

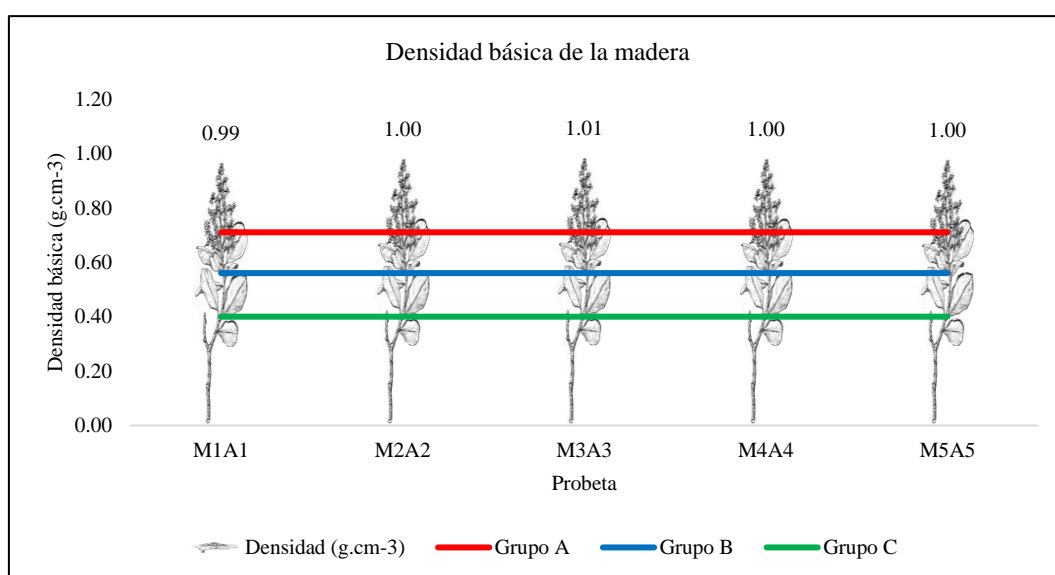
##### 4.1.1. Densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”

La densidad básica promedio de la madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” del centro poblado Yaquil es de 1.00 g/cm<sup>3</sup>, con un valor máximo de 1.01 g/cm<sup>3</sup> y un mínimo de 0.99 g/cm<sup>3</sup>. La diferencia entre la densidad máxima y mínima es muy pequeña (0.02 g/cm<sup>3</sup>), lo que indica una gran uniformidad en la densidad de las probetas analizadas. Así mismo, excede el límite superior del Grupo A (0.71 g/cm<sup>3</sup>), se puede concluir que la madera pertenece preliminarmente a este grupo. Un valor de densidad básica elevado, como el obtenido para esta especie, indica que la madera es pesada, dura y resistente, lo que la hace adecuada para usos estructurales y de alto esfuerzo.

**Tabla 27** Densidad Básica de la Madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”

| Probeta                        | M1A1 | M2A2 | M3A3 | M4A4 | M5A5 | Promedio | Máximo | Mínimo |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|----------|--------|--------|
| Densidad (g.cm <sup>-3</sup> ) | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.00     | 1.01   | 0.99   |

**Figura 52** Densidad Básica de la Madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



**4.1.2. Propiedades mecánicas de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”**  
(módulos de resistencia y módulos de elasticidad)

La madera de *Myrcianthes rhopaloides (Khunt)* de Yaquil muestra propiedades mecánicas sobresalientes, con resistencias y módulos de elasticidad que la clasifican en el grupo A según la norma E.010. Su alta densidad, resistencia y elasticidad la hacen adecuada para aplicaciones de alto rendimiento.

La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” presenta resistencias máximas significativas en diferentes pruebas de resistencia. La resistencia máxima promedio es de 372.30 kg/cm<sup>2</sup> en compresión paralela, 66.56 kg/cm<sup>2</sup> en compresión perpendicular, 675.93 kg/cm<sup>2</sup> en flexión estática, 82.29 kg/cm<sup>2</sup> en cizallamiento paralelo al grano, 755.42 kg/cm<sup>2</sup> en tensión paralela a las fibras y 55.21 kg/cm<sup>2</sup> en tensión perpendicular a las fibras. Estos resultados indican una buena resistencia a la compresión, flexión y tracción.

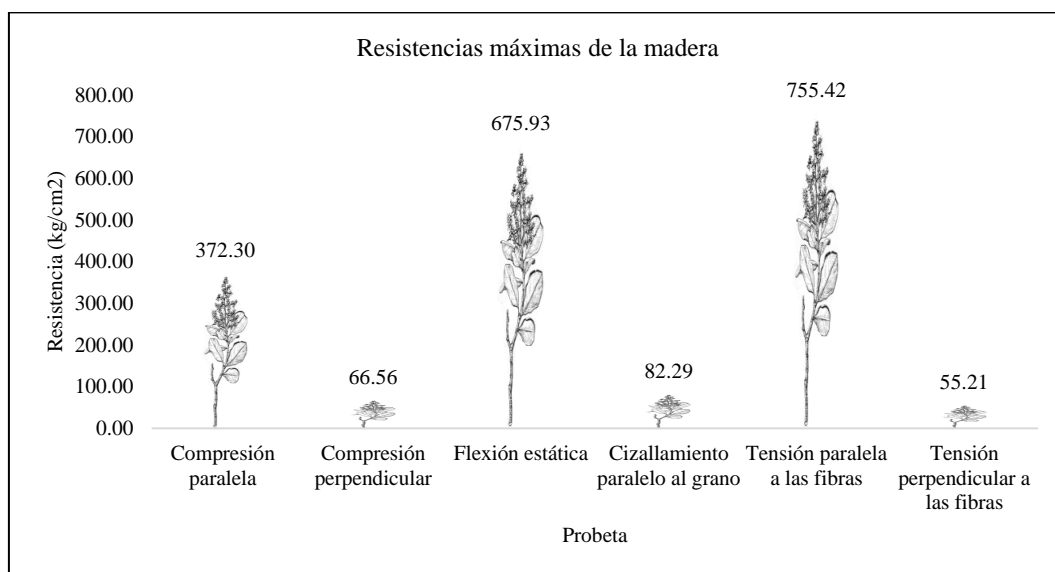
**Tabla 28**

*Resistencias Máximas de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| Probeta            | Resistencias máximas (kg/cm <sup>2</sup> ) |                          |                  |                                 |                               |                                    |
|--------------------|--|--------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
|                    | Compresión paralela                        | Compresión perpendicular | Flexión estática | Cizallamiento paralelo al grano | Tensión paralela a las fibras | Tensión perpendicular a las fibras |
| C1A1               | 381.34                                     | 68.71                    | 684.59           | 98.71                           | 825.87                        | 50.58                              |
| C2A2               | 392.95                                     | 69.57                    | 676.81           | 95.85                           | 745.31                        | 69.34                              |
| C3A3               | 369.44                                     | 65.09                    | 696.93           | 104.83                          | 790.59                        | 61.18                              |
| C4A4               | 395.24                                     | 73.29                    | 687.39           | 93.00                           | 775.50                        | 64.45                              |
| C5A5               | 376.88                                     | 72.51                    | 676.37           | 75.05                           | 856.05                        | 67.71                              |
| Promedio           | 383.17                                     | 69.83                    | 684.42           | 93.49                           | 798.67                        | 62.65                              |
| D.E.               | 10.87                                      | 3.28                     | 8.49             | 11.20                           | 43.25                         | 7.44                               |
| Resistencia máxima | 372.30                                     | 66.56                    | 675.93           | 82.29                           | 755.42                        | 55.21                              |

**Figura 53**

*Resistencias Máximas de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*



La madera fue analizada en estado verde o húmedo (humedad mayor a 12%), pero la humedad promedio después de los ensayos de resistencia es de 6.79% con una desviación estándar de 0.32%, lo que sugiere que la madera se encuentra en un estado relativamente seco después de los ensayos mecánicos.

**Tabla 29**

*Humedad Posterior a los Ensayos de Resistencia de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| Humedad (%) | Compresión paralela | Compresión perpendicular | Flexión estática | Cizallamiento paralelo al grano | Tensión paralela a las fibras | Tensión perpendicular a las fibras |
|-------------|---------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| C1A1        | 6.90                | 7.84                     | 6.54             | 7.21                            | 6.53                          | 6.88                               |
| C2A2        | 6.33                | 6.07                     | 6.02             | 6.34                            | 7.01                          | 6.97                               |
| C3A3        | 7.01                | 7.56                     | 7.84             | 6.01                            | 6.87                          | 7.07                               |
| C4A4        | 6.60                | 6.98                     | 6.38             | 5.98                            | 6.98                          | 6.42                               |
| C5A5        | 7.11                | 6.50                     | 7.70             | 6.54                            | 7.05                          | 7.03                               |
| Promedio    | 6.79                | 6.99                     | 6.90             | 6.42                            | 6.89                          | 6.87                               |
| D.E.        | 0.32                | 0.73                     | 0.82             | 0.50                            | 0.21                          | 0.26                               |
| Humedad (%) | 6.47                | 6.26                     | 6.07             | 5.91                            | 6.68                          | 6.61                               |

La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil alcanza módulos de elasticidad promedio de 151,685.8 kg/cm<sup>2</sup> en compresión paralela, 130,938.5 kg/cm<sup>2</sup> en compresión perpendicular, 132,748.5 kg/cm<sup>2</sup> en flexión estática, 140,231.9 kg/cm<sup>2</sup> en cizallamiento paralelo al grano, 138,230.9 kg/cm<sup>2</sup> en tensión paralela a las fibras y 131,568.4 kg/cm<sup>2</sup> en tensión perpendicular a las fibras. El módulo de elasticidad promedio es mayor a 130,000 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una buena elasticidad y resistencia a la deformación.

Mientras que, los módulos de elasticidad mínimos son 143,003.0 kg/cm<sup>2</sup> en compresión paralela, 122,043.4 kg/cm<sup>2</sup> en compresión perpendicular, 131,187.1 kg/cm<sup>2</sup> en flexión estática, 112,577.1 kg/cm<sup>2</sup> en cizallamiento paralelo al grano, 128,996.8 kg/cm<sup>2</sup> en tensión paralela a las fibras y 106,214.0 kg/cm<sup>2</sup> en tensión perpendicular a las fibras. Los módulos de elasticidad mínimos para todas las propiedades mecánicas evaluadas superan el umbral de 95,000 kg/cm<sup>2</sup>, lo que confirma que la madera tiene una buena capacidad de resistir deformaciones bajo diferentes tipos de carga, estos valores mínimos elevados reafirman la capacidad de la madera para resistir cargas axiales intensas sin fracturarse.

En todos los casos, los módulos de elasticidad promedio y mínimos cumplen y superan los valores de 130,000 y 95,000 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, establecidos en la norma peruana E.010 para clasificar una madera en el grupo A, lo que ratifica que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil tiene una buena elasticidad y resistencia a la deformación.

Por tanto, de acuerdo a la norma E.010 (MVCS, 2014), la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil se clasifica preliminarmente dentro del grupo A, lo que indica una buena calidad y resistencia a la deformación para su uso en aplicaciones estructurales.

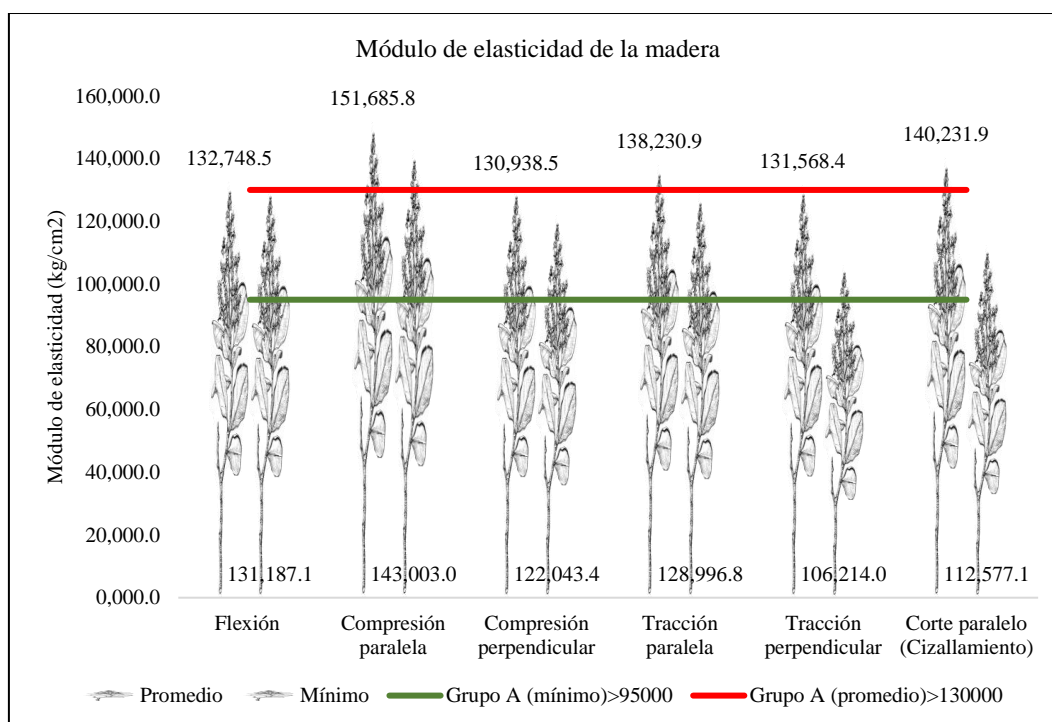
**Tabla 30**

*Módulo de Elasticidad de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ) | Flexión          | Compresión paralela | Compresión perpendicular | Tracción paralela | Tracción perpendicular | Corte paralelo (Cizallamiento) |
|---|------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|
| C1A1  | 132,781.4        | 143,003.0           | 128,836.1                | 142,939.5         | 106,214.0              | 148,063.3                      |
| C2A2  | 131,273.9        | 147,356.6           | 130,439.9                | 128,996.8         | 145,616.0              | 143,780.5                      |
| C3A3  | 135,175.0        | 158,331.9           | 122,043.4                | 136,834.2         | 128,484.7              | 157,240.8                      |
| C4A4  | 133,325.1        | 148,215.8           | 137,417.0                | 134,221.7         | 135,337.2              | 139,497.7                      |
| C5A5  | 131,187.1        | 161,521.9           | 135,956.2                | 148,162.3         | 142,189.8              | 112,577.1                      |
| Promedio                                    | <b>132,748.5</b> | <b>151,685.8</b>    | <b>130,938.5</b>         | <b>138,230.9</b>  | <b>131,568.4</b>       | <b>140,231.9</b>               |
| Máximo                                      | 135,175.0        | 161,521.9           | 137,417.0                | 148,162.3         | 145,616.0              | 157,240.8                      |
| Mínimo                                      | 131,187.1        | 143,003.0           | 122,043.4                | 128,996.8         | 106,214.0              | 112,577.1                      |
| Dev. Estándar                               | 1645.75          | 7859.63             | 6142.86                  | 7484.92           | 15626.15               | 16796.99                       |
| C.V. (%)                                    | 1.24             | 5.18                | 4.69                     | 5.41              | 11.88                  | 11.98                          |

**Figura 54**

*Módulo de Elasticidad de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### 4.1.2.1. Compresión paralela

La resistencia promedio en compresión paralela al grano es de 383.17 kg/cm<sup>2</sup>, con un rango de 369.44 a 395.24 kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores indican que la madera tiene una alta capacidad para soportar cargas axiales significativas sin deformarse, lo cual es esencial para aplicaciones estructurales donde la madera soporta pesos pesados en la dirección de las fibras.

El módulo de elasticidad en compresión paralela es de 151,685.8 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 143,003.0 a 161,521.9 kg/cm<sup>2</sup>. La alta elasticidad en compresión paralela indica una excelente capacidad de la madera para deformarse bajo carga sin fracturarse, esencial para elementos como columnas que soportan cargas axiales altas.

En la curva esfuerzo-deformación para compresión paralela, se observa que las probetas de madera presentan un comportamiento lineal hasta alcanzar su límite elástico. Este comportamiento lineal inicial indica que la madera se deforma de manera proporcional al esfuerzo aplicado. Al llegar al máximo esfuerzo (pico de la curva), la madera comienza a ceder y finalmente se quiebra.

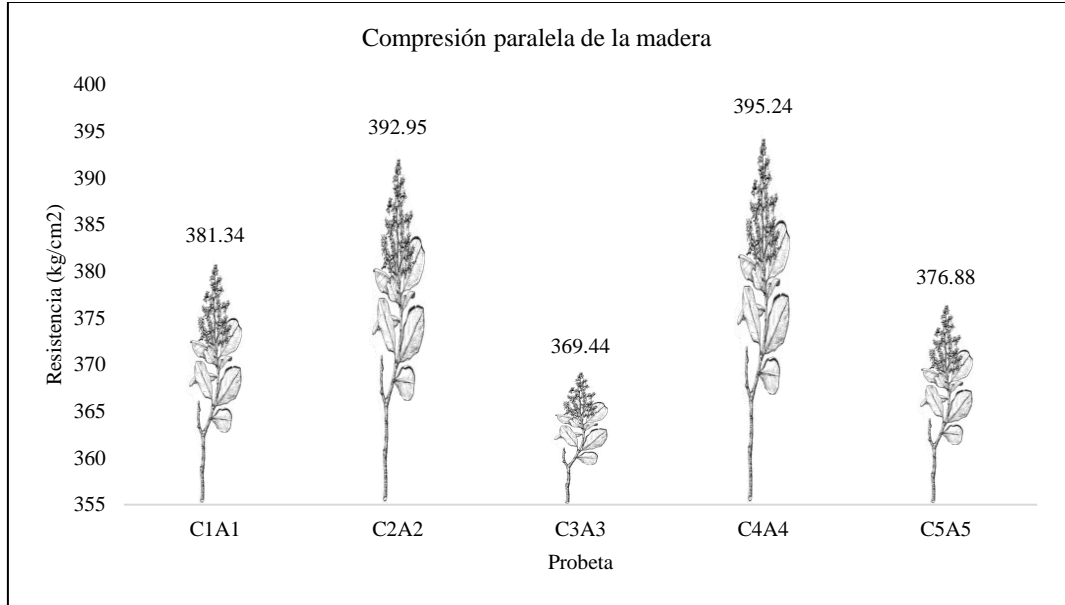
**Tabla 31**

*Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| N° | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1   | C2A2   | C3A3   | C4A4   | C5A5   |
|----|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 0.015                                 | 20.92  | 32.99  | 50.17  | 34.97  | 58.28  |
| 2  | 0.02                                  | 47.85  | 59.8   | 156.79 | 61.88  | 124.79 |
| 3  | 0.025                                 | 123.15 | 134.98 | 231.77 | 137.09 | 199.61 |
| 4  | 0.03                                  | 216.57 | 228.42 | 284.92 | 230.43 | 292.47 |
| 5  | 0.035                                 | 299.77 | 311.51 | 369.44 | 313.69 | 376.88 |
| 6  | 0.04                                  | 381.34 | 392.95 | 368.3  | 395.24 | 375.72 |
| 7  | 0.045                                 | 380.29 | 391.92 | 366.92 | 394.08 | 374.27 |

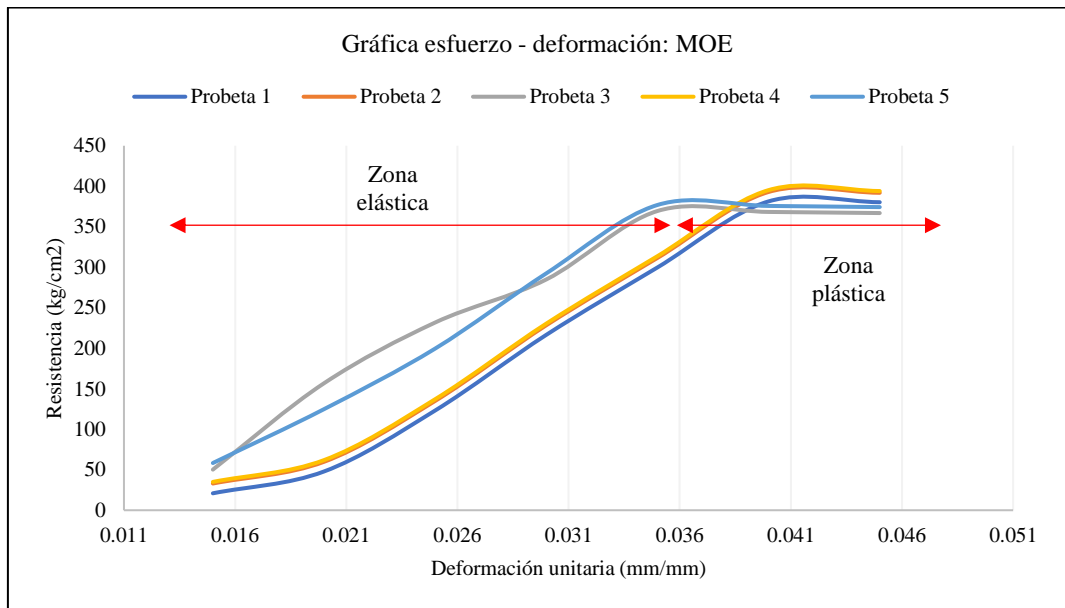
**Figura 55**

*Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 56**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### 4.1.2.2. Compresión perpendicular

La resistencia promedio en compresión perpendicular al grano es de 69.83 kg/cm<sup>2</sup>, con un rango de 65.09 a 73.29 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque esta resistencia es menor comparada con la compresión paralela, sigue siendo suficiente para la mayoría de las aplicaciones estructurales. La compresión perpendicular es crucial en las zonas de contacto y apoyo entre elementos estructurales, asegurando que la madera no se deforme excesivamente bajo cargas perpendiculares.

El módulo de elasticidad en compresión perpendicular es de 130,938.5 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 122,043.4 a 137,417.0 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque menor que la compresión paralela, sigue siendo significativamente alto, asegurando la estabilidad dimensional de la madera bajo cargas perpendiculares.

En la curva para compresión perpendicular, la madera muestra un comportamiento similar al de compresión paralela, con una fase inicial lineal. Sin embargo, la madera es menos rígida en compresión perpendicular, como lo indican las pendientes más bajas en esta dirección. Tras alcanzar el esfuerzo máximo, la madera se deforma plásticamente y finalmente falla.

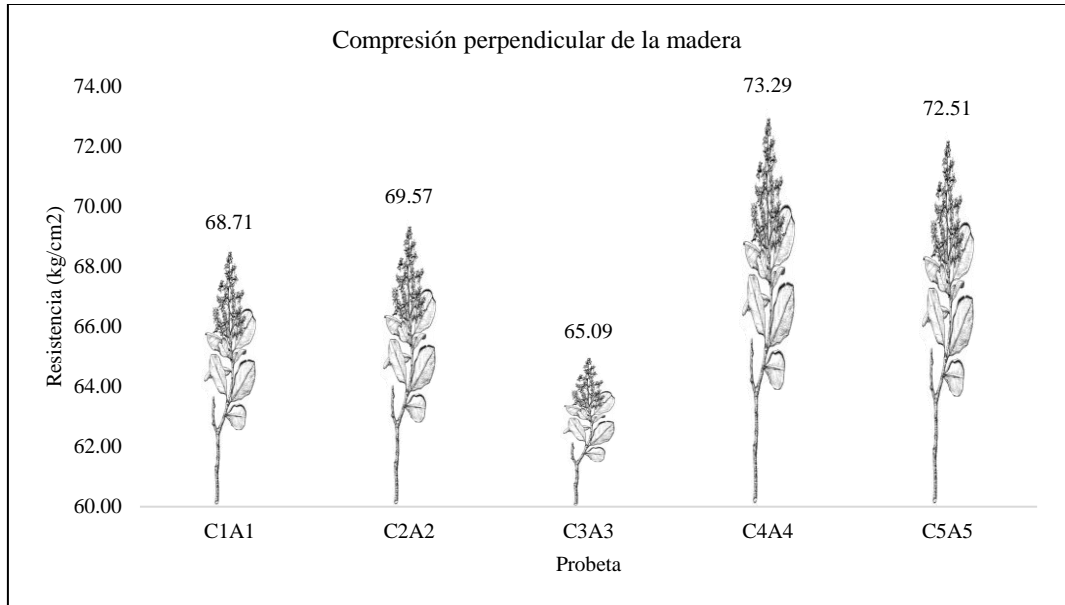
**Tabla 32**

*Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| Nº | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1  | C2A2  | C3A3  | C4A4  | C5A5  |
|----|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 0.00200                               | 20.66 | 15.68 | 14.75 | 20.97 | 18.73 |
| 2  | 0.00267                               | 28.4  | 20.03 | 26.63 | 30.67 | 30.2  |
| 3  | 0.00333                               | 38.44 | 35.07 | 36.14 | 39.07 | 39.4  |
| 4  | 0.00400                               | 49.7  | 46.13 | 46.11 | 51.25 | 50.46 |
| 5  | 0.00467                               | 60.04 | 56.18 | 53.93 | 62.33 | 63.89 |
| 6  | 0.00533                               | 68.71 | 69.57 | 65.09 | 73.29 | 72.51 |
| 7  | 0.00600                               | 66.58 | 67.65 | 63.11 | 71.51 | 70.58 |

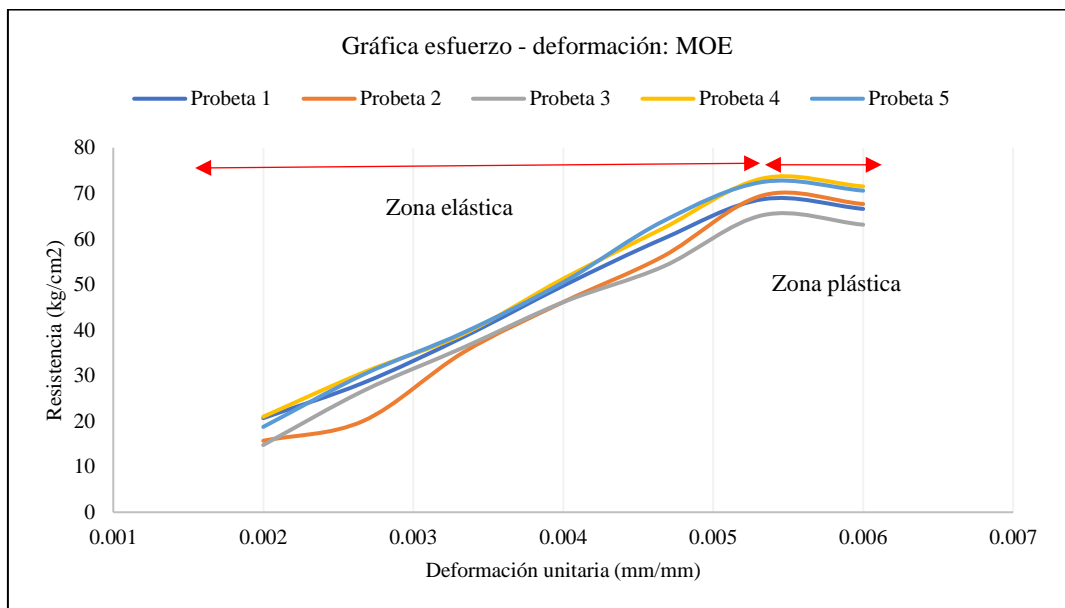
**Figura 57**

*Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 58**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



### 4.1.2.3. Flexión estática

Con una resistencia promedio de 684.42 kg/cm<sup>2</sup> en flexión estática, la madera demuestra una notable capacidad para soportar fuerzas transversales sin fracturarse. Los valores varían entre 676.37 y 696.93 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sugiere una alta resistencia uniforme. Esta propiedad es vital para vigas y otros elementos que deben soportar cargas transversales.

El módulo de elasticidad promedio en flexión es de 132,748.5 kg/cm<sup>2</sup>, con un mínimo de 131,187.10 kg/cm<sup>2</sup> y un máximo de 135,175.0 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor supera el mínimo requerido de 95,000 kg/cm<sup>2</sup> según la norma E.010, clasificando la madera en el grupo A. Esto implica que la madera es altamente flexible y puede soportar deformaciones significativas antes de fallar, adecuada para vigas y elementos estructurales sujetos a flexión.

Las curvas de flexión estática muestran cómo la madera se comporta cuando se aplica una carga que intenta doblarla. Inicialmente, la curva es lineal, indicando un comportamiento elástico. Al seguir aumentando la carga, la curva alcanza un punto máximo (esfuerzo de ruptura) y luego desciende, reflejando la rotura de la probeta.

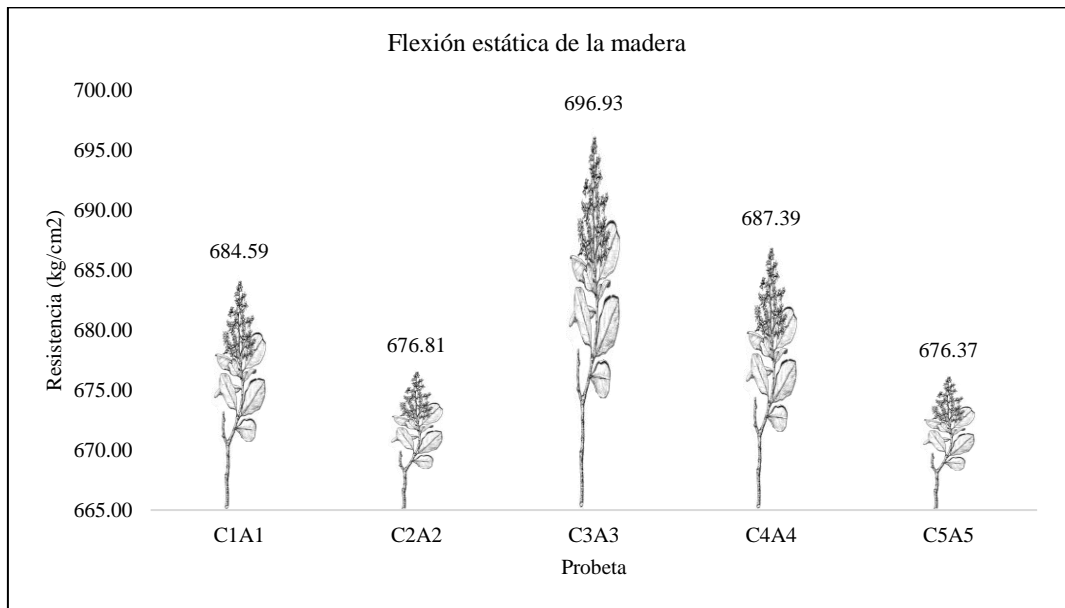
**Tabla 33**

*Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| N° | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1          | C2A2          | C3A3          | C4A4          | C5A5          |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1  | 0.17763                               | 255.76        | 142.28        | 225.01        | 331.26        | 340.95        |
| 2  | 0.18421                               | 366.80        | 236.30        | 334.21        | 383.85        | 419.46        |
| 3  | 0.19079                               | 432.83        | 308.85        | 421.68        | 446.04        | 513.31        |
| 4  | 0.19737                               | 524.74        | 424.03        | 512.52        | 539.96        | 585.83        |
| 5  | 0.20395                               | 612.23        | 577.37        | 598.20        | 585.38        | 640.01        |
| 6  | 0.21053                               | <b>684.59</b> | <b>676.81</b> | <b>696.93</b> | <b>687.39</b> | <b>676.37</b> |
| 7  | 0.21711                               | 660.80        | 661.08        | 690.34        | 653.45        | 630.56        |

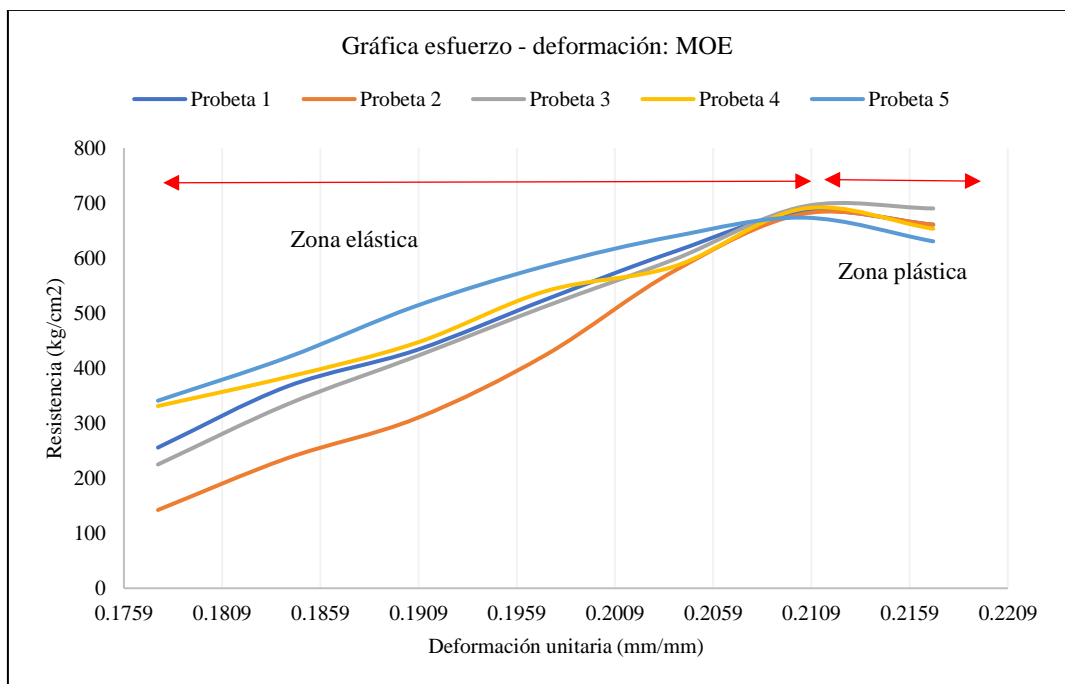
**Figura 59**

*Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 60**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### 4.1.2.4. Cizallamiento paralelo

La resistencia al cizallamiento paralelo al grano es de 93.49 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 75.05 a 104.83 kg/cm<sup>2</sup>. Esta propiedad es importante para las uniones y puntos de contacto entre elementos de madera, donde las fuerzas de cizallamiento podrían causar fallos estructurales. La resistencia moderada al cizallamiento indica que la madera puede manejar tensiones de corte razonables, siendo útil para aplicaciones en conectores y ensamblajes.

El módulo de elasticidad en cizallamiento paralelo es importante para aplicaciones donde la madera puede estar sujeta a fuerzas de corte. El módulo de elasticidad en cizallamiento paralelo es de 140,231.9 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 112,577.1 a 157,240.8 kg/cm<sup>2</sup>. Este alto valor asegura que la madera puede soportar esfuerzos de corte significativos sin fallar, crucial para la integridad de las uniones y ensamblajes.

En el ensayo de cizallamiento paralelo, la curva muestra cómo la madera resiste fuerzas que intentan deslizar una capa de madera sobre otra. La fase inicial lineal seguida de una caída abrupta indica el límite elástico y la posterior fractura por cizallamiento.

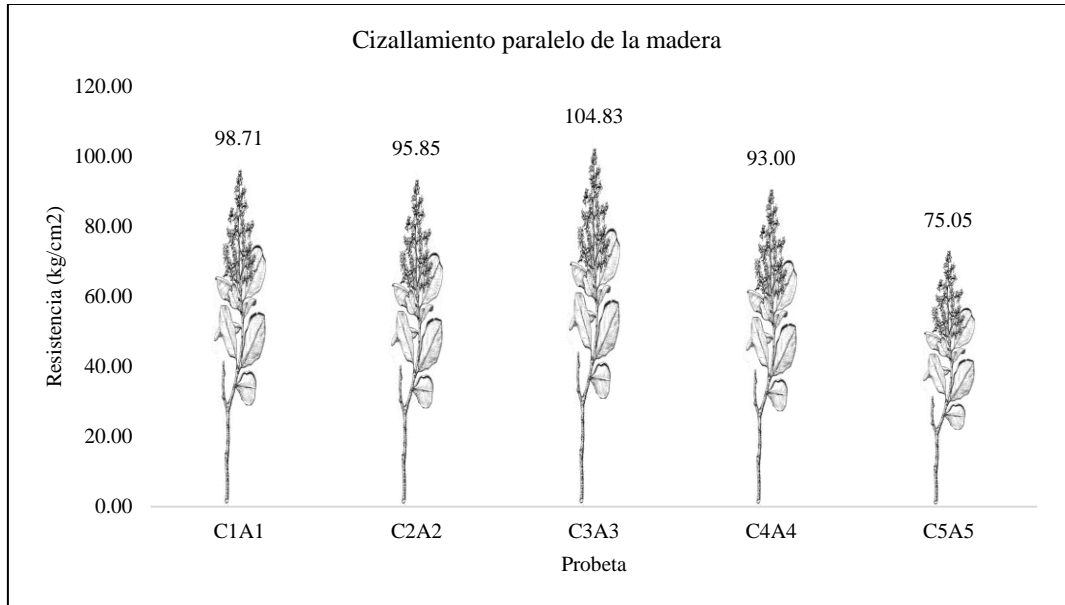
**Tabla 34**

*Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*

| N° | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1         | C2A2         | C3A3          | C4A4         | C5A5         |
|----|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 1  | 0.00100                               | 32.49        | 39.75        | 46.78         | 32.97        | 18.73        |
| 2  | 0.00120                               | 44.95        | 48.11        | 58.69         | 46.67        | 30.2         |
| 3  | 0.00140                               | 57.01        | 60.01        | 68.21         | 59.07        | 39.4         |
| 4  | 0.00160                               | 70.09        | 74.31        | 82.21         | 71.25        | 50.46        |
| 5  | 0.00180                               | 82.53        | 84.4         | 94.04         | 82.33        | 63.89        |
| 6  | 0.00200                               | <b>98.71</b> | <b>95.85</b> | <b>104.83</b> | <b>93.00</b> | <b>75.05</b> |
| 7  | 0.00220                               | 94.01        | 91.92        | 103.23        | 91.51        | 70.58        |

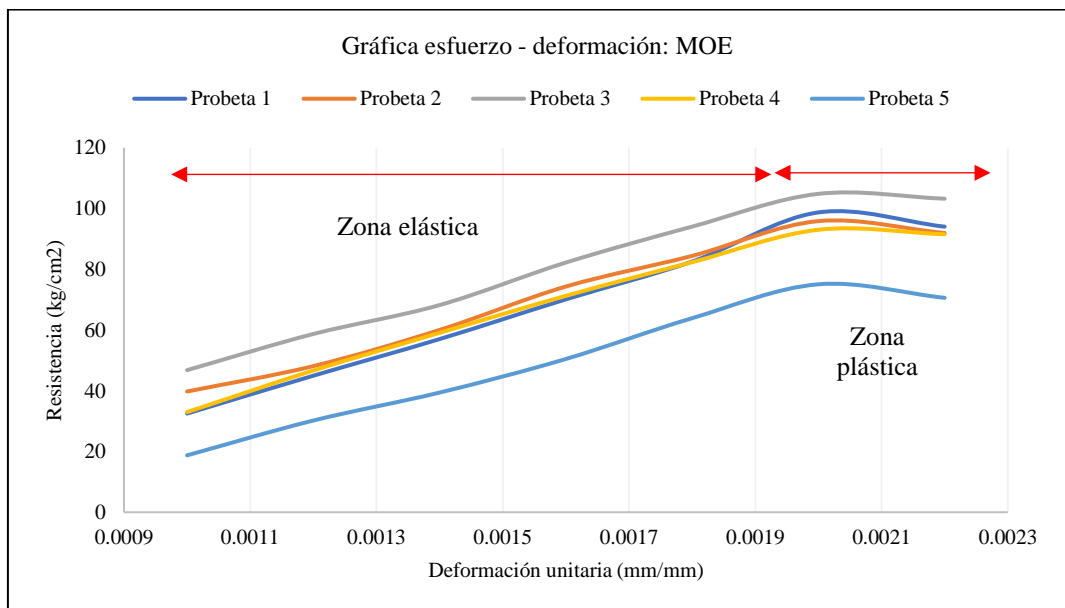
**Figura 61**

*Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 62**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### 4.1.2.5. Tensión paralela

La resistencia a la tensión paralela es extremadamente alta, con un promedio de 798.67 kg/cm<sup>2</sup> y un rango de 745.31 a 856.05 kg/cm<sup>2</sup>. Esta alta resistencia es crucial para aplicaciones donde la madera debe soportar cargas de tracción elevadas, como en cables o elementos sometidos a fuerzas de estiramiento. La capacidad de la madera para resistir altas tensiones la hace apta para usos en estructuras donde las fuerzas de tracción son predominantes.

Un módulo de elasticidad alto en tensión paralela indica una madera fuerte y resistente a la fractura cuando se aplica una carga que la estira a lo largo de las fibras. El módulo de elasticidad en tracción paralela es de 138,230.9 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 128,996.8 a 148,162.30 kg/cm<sup>2</sup>. Este alto valor indica que la madera puede soportar tensiones elevadas sin sufrir deformaciones permanentes, adecuada para elementos sometidos a cargas de tracción. Es crucial para elementos sometidos a tracción, como tirantes y soportes estructurales.

Las curvas para tensión paralela muestran un comportamiento elástico hasta alcanzar un punto máximo, seguido de una falla brusca. La tensión paralela representa cómo la madera se estira bajo una carga longitudinal.

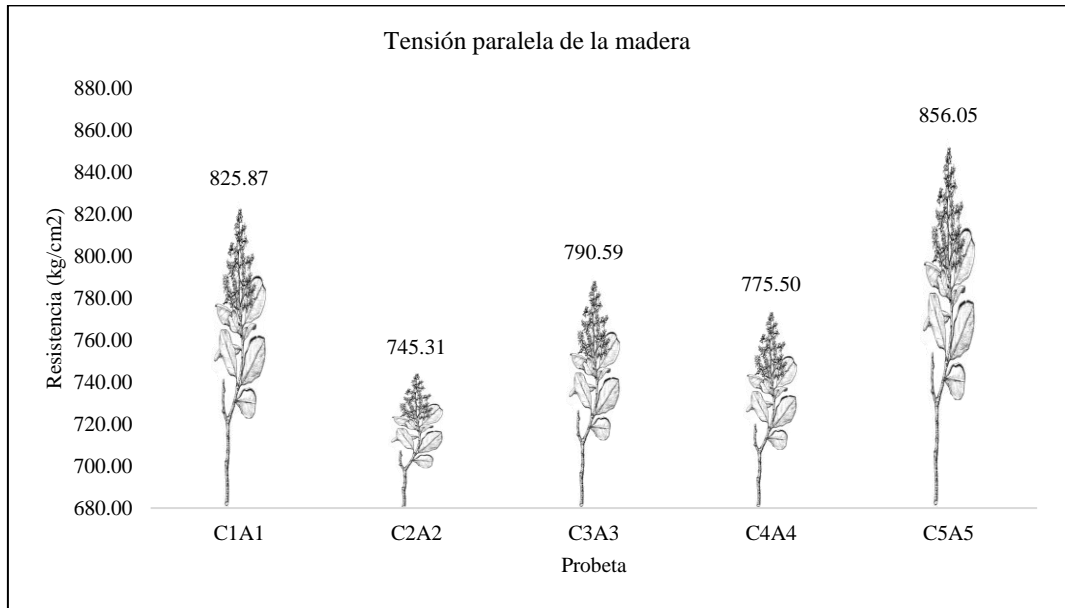
**Tabla 35**

*Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| N° | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1          | C2A2          | C3A3          | C4A4         | C5A5          |
|----|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 1  | 0.08889                               | 178.54        | 104.32        | 376.12        | 359.58       | 453.06        |
| 2  | 0.10000                               | 280.96        | 210.72        | 458.94        | 459.83       | 524.37        |
| 3  | 0.11111                               | 432.99        | 326.81        | 532.99        | 513.23       | 615.14        |
| 4  | 0.12222                               | 524.3         | 464.89        | 623.83        | 632.67       | 697.85        |
| 5  | 0.13333                               | 699.19        | 605.58        | 718.64        | 694.74       | 779.33        |
| 6  | 0.14444                               | <b>825.87</b> | <b>745.31</b> | <b>790.59</b> | <b>775.5</b> | <b>856.05</b> |
| 7  | 0.15556                               | 791.01        | 744.1         | 788.22        | 772.91       | 853.93        |

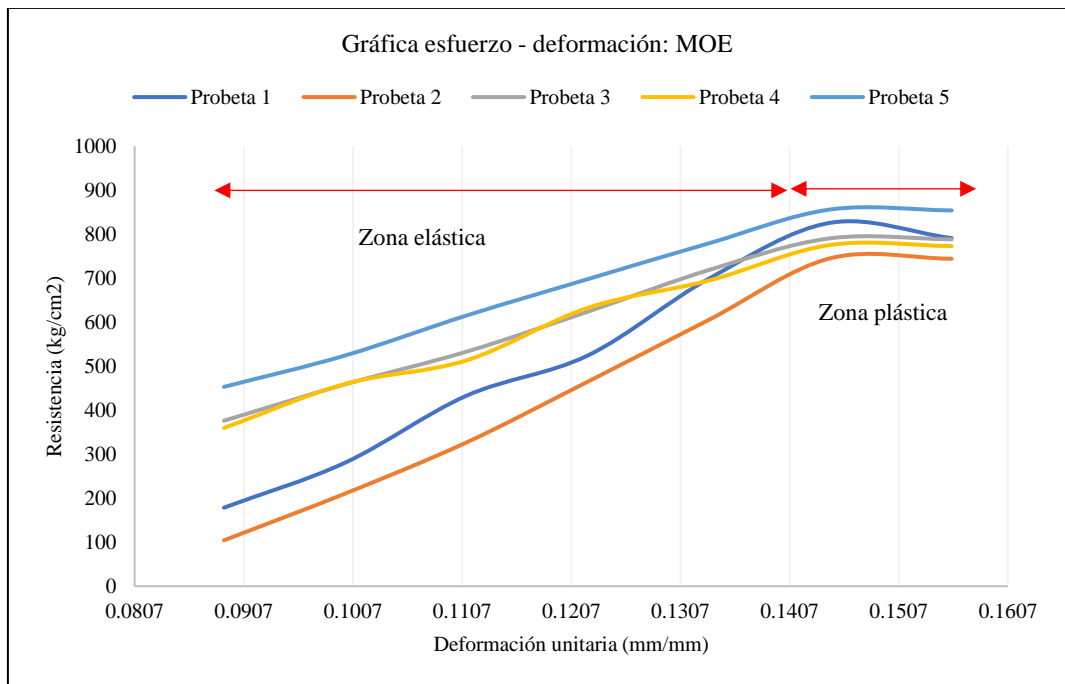
**Figura 63**

*Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 64**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### 4.1.2.6. Tensión perpendicular

La resistencia promedio en tensión perpendicular es de 62.65 kg/cm<sup>2</sup>, con valores entre 50.58 y 69.34 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque menor que la resistencia paralela, sigue siendo relevante para aplicaciones donde las fuerzas actúan perpendicularmente a las fibras. Esta menor resistencia es típica de la mayoría de las maderas debido a su estructura anisotrópica.

El módulo de elasticidad en tracción perpendicular es de 131,568.4 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con un rango de 106,214.0 a 145,616.0 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque menor en comparación con la tracción paralela, la madera muestra una buena capacidad de elasticidad en esta dirección.

En tensión perpendicular, de acuerdo al gráfico de esfuerzo – deformación la madera muestra un comportamiento menos rígido, con una menor pendiente en la fase lineal y una falla más rápida comparada con la tensión paralela. Este comportamiento refleja la menor resistencia de la madera a la tracción perpendicular a las fibras, lo cual es crucial para evitar fallas en aplicaciones donde las cargas actúan en esta dirección.

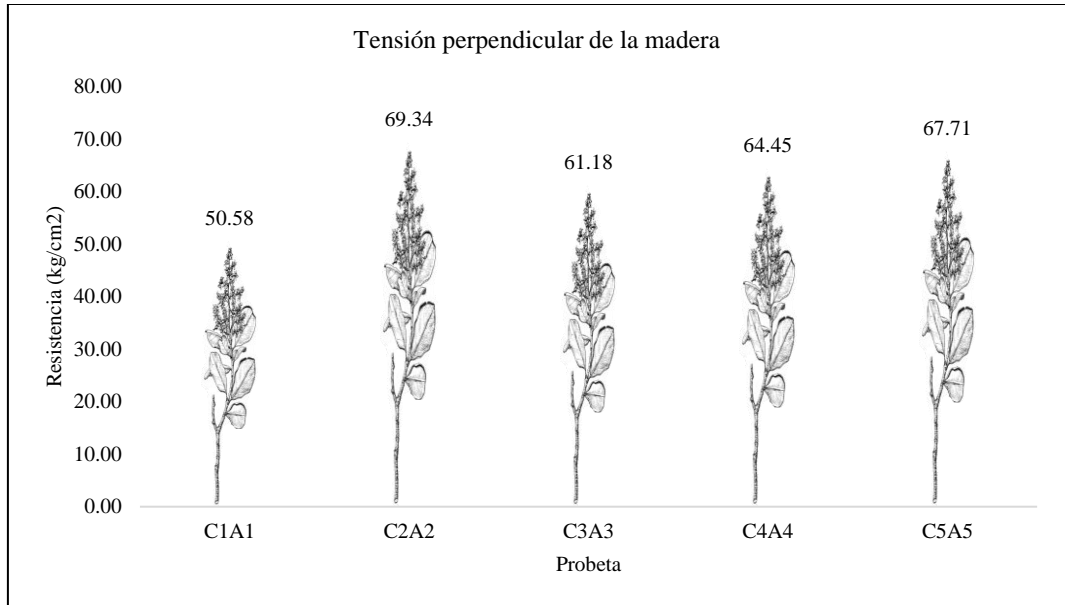
**Tabla 36**

*Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*

| Nº | Deformación unitaria ( $\Delta D/D$ ) | C1A1         | C2A2         | C3A3         | C4A4         | C5A5         |
|----|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1  | 0.00079                               | 27.28        | 44.67        | 37.13        | 40.65        | 43.95        |
| 2  | 0.00087                               | 32.05        | 49.72        | 41.69        | 45.45        | 48.41        |
| 3  | 0.00095                               | 36.88        | 54.46        | 46.77        | 49.96        | 53.52        |
| 4  | 0.00103                               | 41.62        | 59.21        | 51.22        | 54.59        | 58.1         |
| 5  | 0.00111                               | 46.41        | 64.04        | 56.02        | 59.36        | 62.73        |
| 6  | 0.00119                               | <b>50.58</b> | <b>69.34</b> | <b>61.18</b> | <b>64.45</b> | <b>67.71</b> |
| 7  | 0.00127                               | 50.41        | 68.84        | 61.08        | 64.4         | 67.66        |

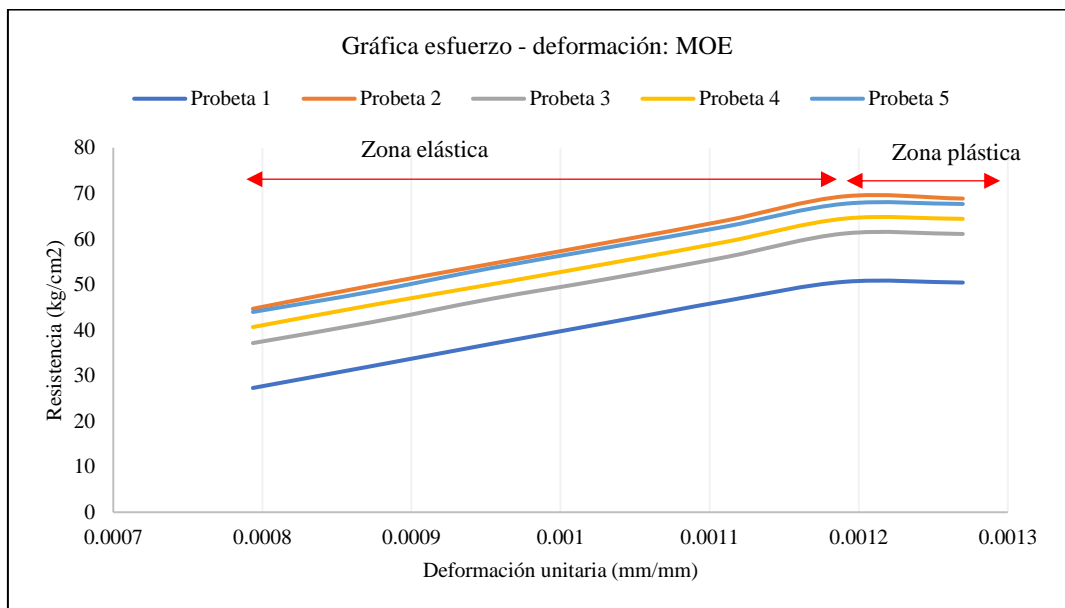
**Figura 65**

*Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



**Figura 66**

*Curvas Esfuerzo Deformación a Tensión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



#### **4.1.3. Esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”**

Los esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil son cruciales para determinar su idoneidad en aplicaciones estructurales según la norma E.010 (MVCS, 2014).

La madera muestra un esfuerzo admisible a compresión paralela de 186.15 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 128.38% del mínimo requerido por la norma E.010 para ser clasificado en el grupo A (145 kg/cm<sup>2</sup>), lo que, indica que la madera puede soportar cargas axiales elevadas sin fallar.

La madera muestra un esfuerzo admisible a compresión perpendicular de 41.60 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 103.99% del mínimo requerido por la norma E.010 para ser clasificado en el grupo A (40 kg/cm<sup>2</sup>). Este resultado indica que la madera tiene una buena resistencia a las cargas perpendiculares, lo cual es esencial para zonas de apoyo y contacto entre elementos estructurales, asegurando que no se deforme excesivamente bajo cargas perpendiculares.

La madera muestra un esfuerzo admisible a flexión estática de 211.60 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 100.76% del mínimo requerido por la norma E.010 para ser clasificado en el grupo A (210 kg/cm<sup>2</sup>). Esto sugiere que la madera tiene una alta capacidad para resistir fuerzas transversales sin fracturarse, lo cual es crucial para vigas y otros elementos que deben soportar cargas de flexión.

La madera muestra un esfuerzo admisible a cizallamiento paralelo al grano de 20.57 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 137.15% del mínimo requerido por la norma E.010 para ser clasificado en el grupo A (15 kg/cm<sup>2</sup>). Esto indica una excelente capacidad para resistir fuerzas de corte, asegurando la integridad de las uniones y ensamblajes en estructuras donde las fuerzas de cizallamiento son predominantes.

La madera muestra un esfuerzo admisible a tensión paralela a las fibras de 188.85 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 130.24% del mínimo requerido por la norma E.010 para ser clasificado en el grupo A (145 kg/cm<sup>2</sup>). Esto implica que la madera puede soportar altas cargas de tracción sin sufrir fracturas, lo que es fundamental para elementos sometidos a fuerzas de estiramiento, como tirantes y soportes.

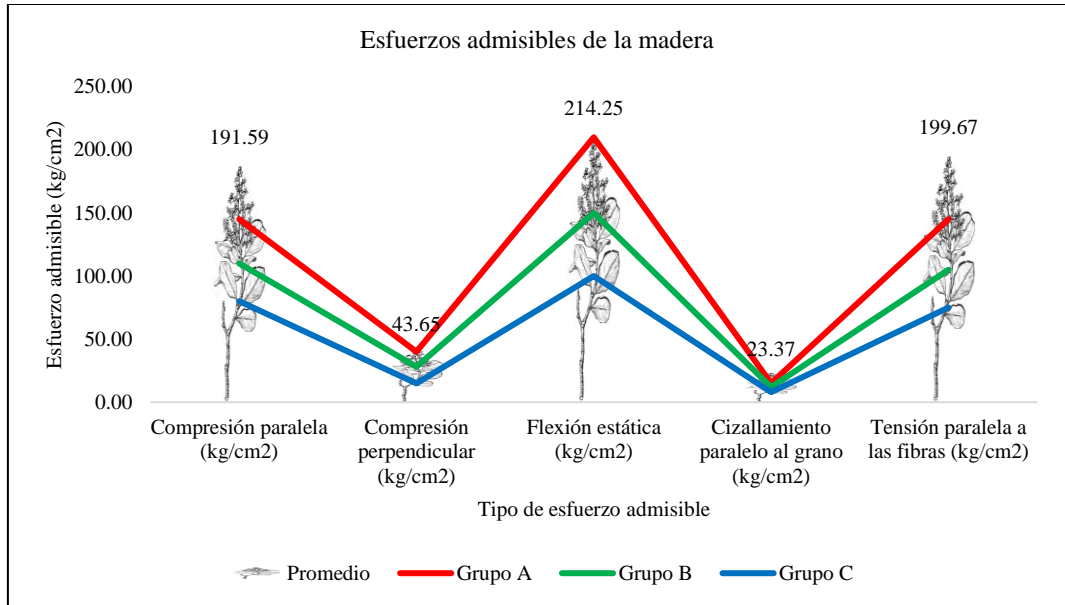
La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil cumple y excede los requisitos de la norma E.010 (MVCS, 2014) respecto a los esfuerzos admisibles. Los valores observados para compresión paralela, compresión perpendicular, flexión, cizallamiento paralelo y tensión paralela son significativamente mayores que los mínimos establecidos por la norma, clasificándola así dentro del grupo A. Esto indica que la madera tiene una excelente capacidad para resistir cargas y deformaciones, haciéndola apta para aplicaciones estructurales de alto rendimiento.

**Tabla 37** Esfuerzo Admisible de la Madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”

| Probeta      | Esfuerzo admisible (kg/cm <sup>2</sup> ) |                          |                  |                                 |                               |
|--------------|--|--------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|
|              | Compresión paralela                      | Compresión perpendicular | Flexión estática | Cizallamiento paralelo al grano | Tensión paralela a las fibras |
| C1A1         | 190.67                                   | 42.95                    | 214.31           | 24.68                           | 206.47                        |
| C2A2         | 196.475                                  | 43.48                    | 211.87           | 23.96                           | 186.33                        |
| C3A3         | 184.72                                   | 40.68                    | 218.17           | 26.21                           | 197.65                        |
| C4A4         | 197.62                                   | 45.81                    | 215.18           | 23.25                           | 193.87                        |
| C5A5         | 188.44                                   | 45.32                    | 211.73           | 18.76                           | 214.01                        |
| Promedio     | 191.59                                   | 43.65                    | 214.25           | 23.37                           | 199.67                        |
| D.E.         | 5.44                                     | 2.05                     | 2.66             | 2.80                            | 10.81                         |
| <b>F'b</b>   | <b>186.15</b>                            | <b>41.60</b>             | <b>211.60</b>    | <b>20.57</b>                    | <b>188.85</b>                 |
| <b>E.010</b> |  |                          |                  |                                 |                               |
| Grupo A      | >145                                     | >40                      | >210             | >15                             | >145                          |
| Grupo B      | >110                                     | >28                      | >150             | >12                             | >105                          |
| Grupo C      | >80                                      | >15                      | >100             | >8                              | >75                           |

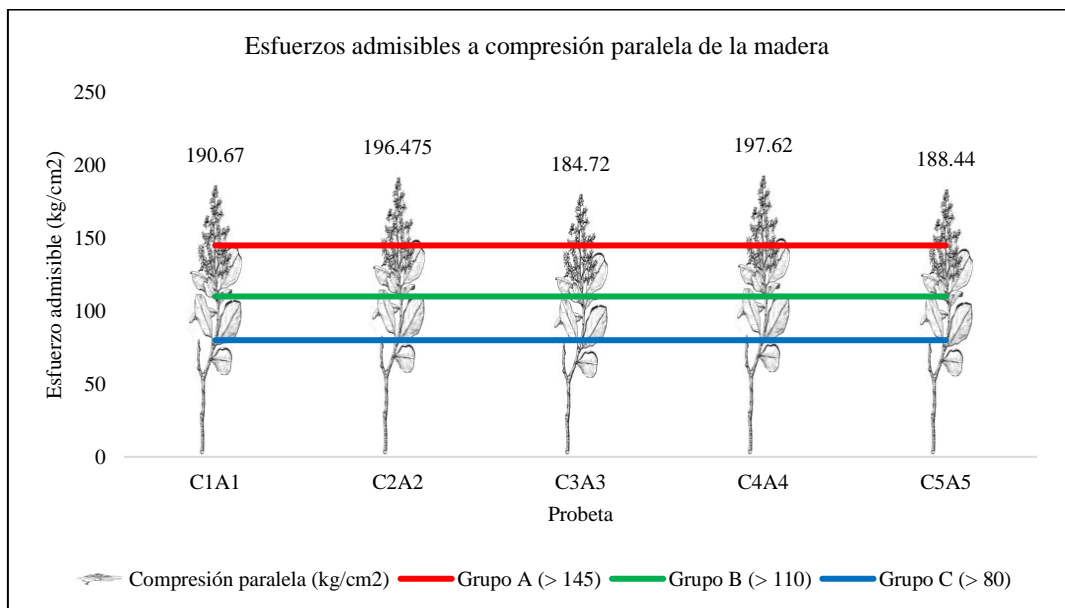
**Figura 67**

*Esfuerzo Admisible de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil.*



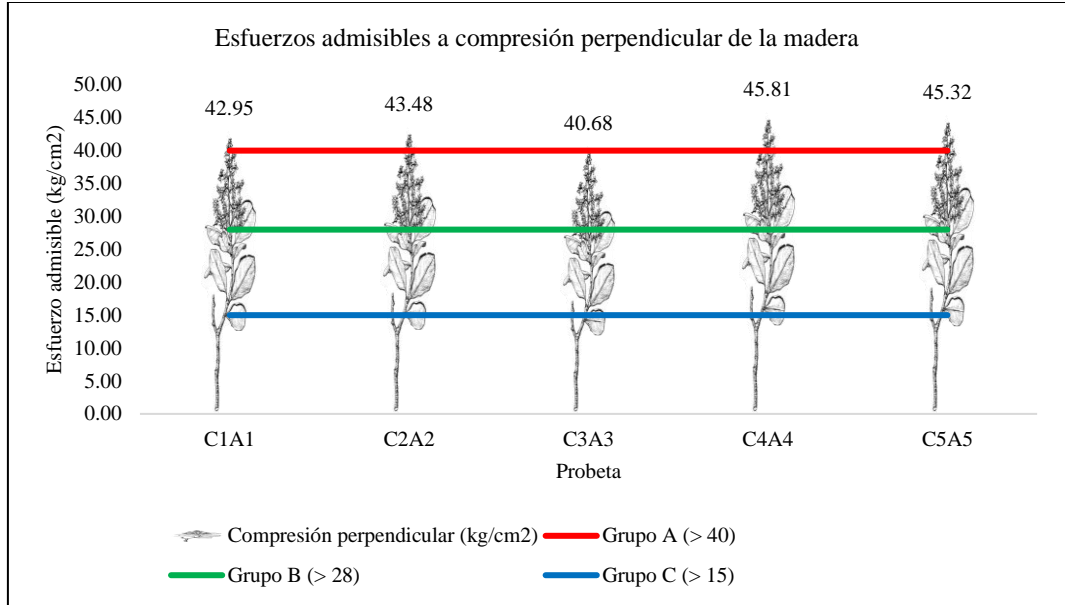
**Figura 68**

*Esfuerzo Admisible a Compresión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



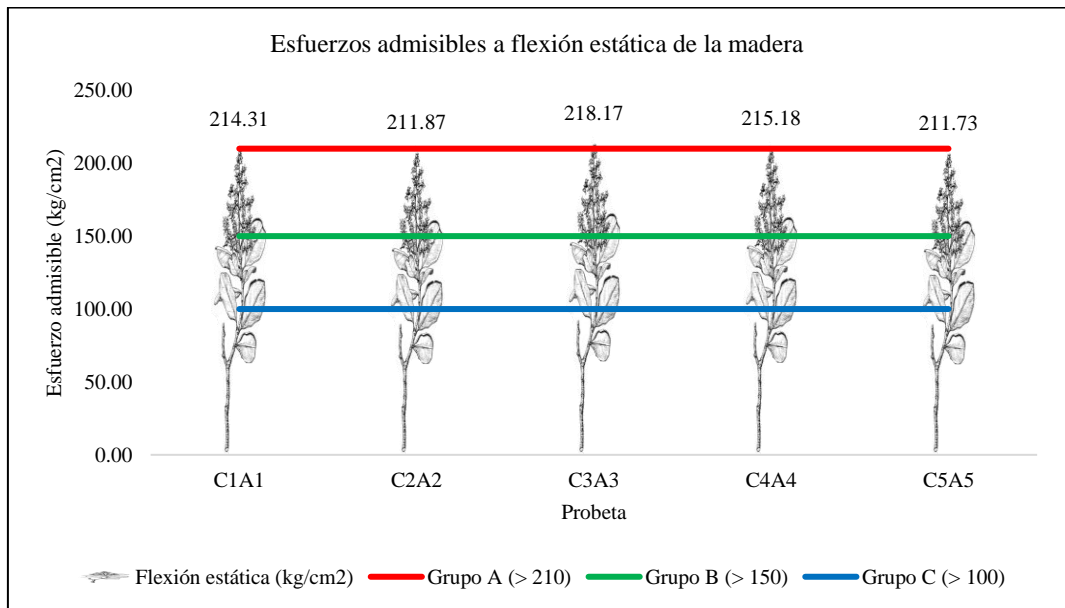
**Figura 69**

*Esfuerzo Admisible a Compresión Perpendicular de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



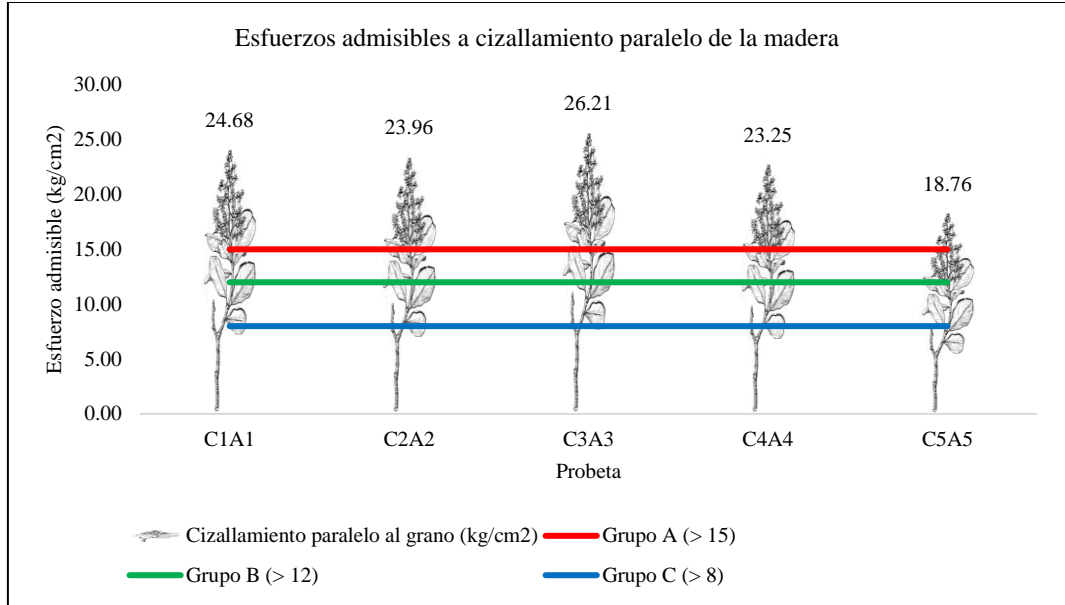
**Figura 70**

*Esfuerzo Admisible Flexión Estática de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



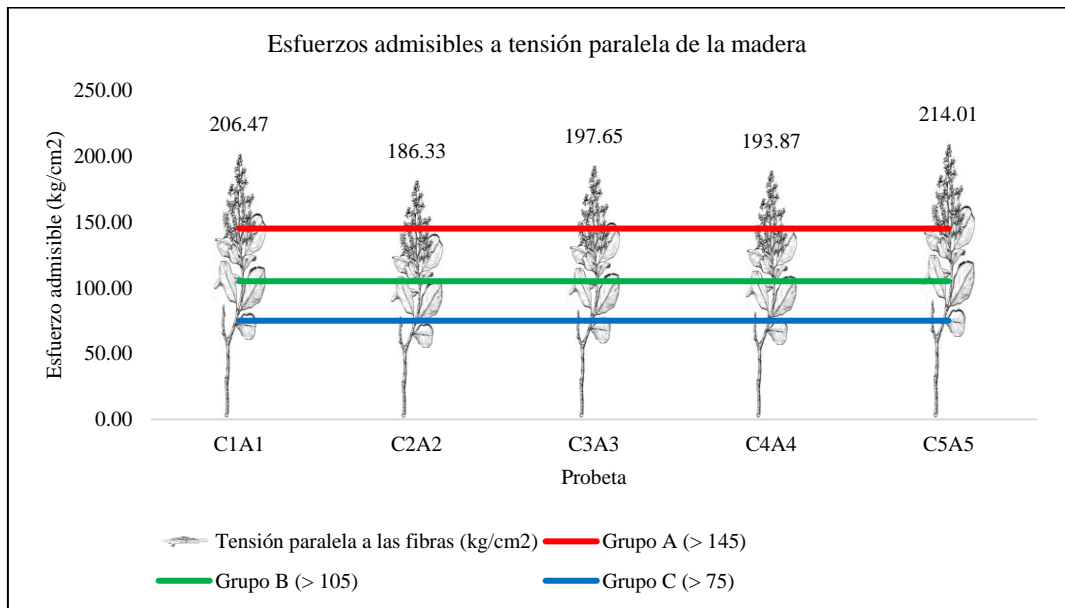
**Figura 71**

*Esfuerzo Admisible a Cizallamiento Paralelo de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



**Figura 72**

*Esfuerzo Admisible a Tensión Paralela de la Madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)” de Yaquil*



#### 4.1.4. Cobertura de losa deportiva con madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”

##### 4.1.4.1. Modelamiento arquitectónico de la cobertura de madera del coliseo deportivo de una institución educativa

La losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota, tiene una cobertura no simétrica a base de armaduras de madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de diferentes longitudes e inclinaciones, las cuales están soportadas sobre columnas de concreto armado; sobre las armaduras existe correas de madera las cuales sirven como soporte para las planchas de Aluzinc TR4 de 0.4 mm de espesor.

**Tabla 38**

*Dimensiones del Coliseo Deportivo y Cobertura de Madera*

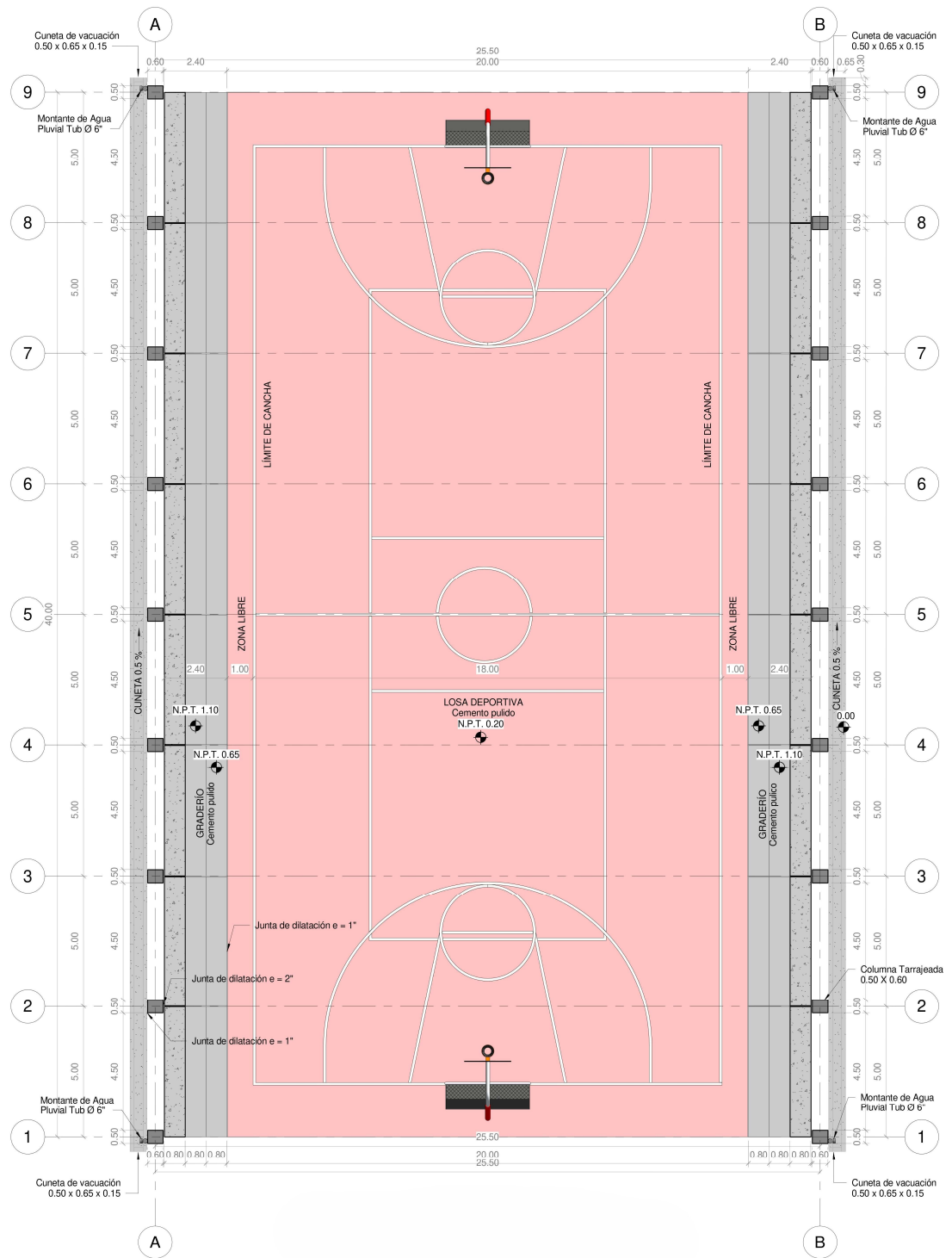
| Dimensiones del coliseo          |         |
|----------------------------------|---------|
| Largo                            | 40 m    |
| Ancho                            | 25.50 m |
| Peralte de la armadura de madera | 1 m     |

**Figura 73**

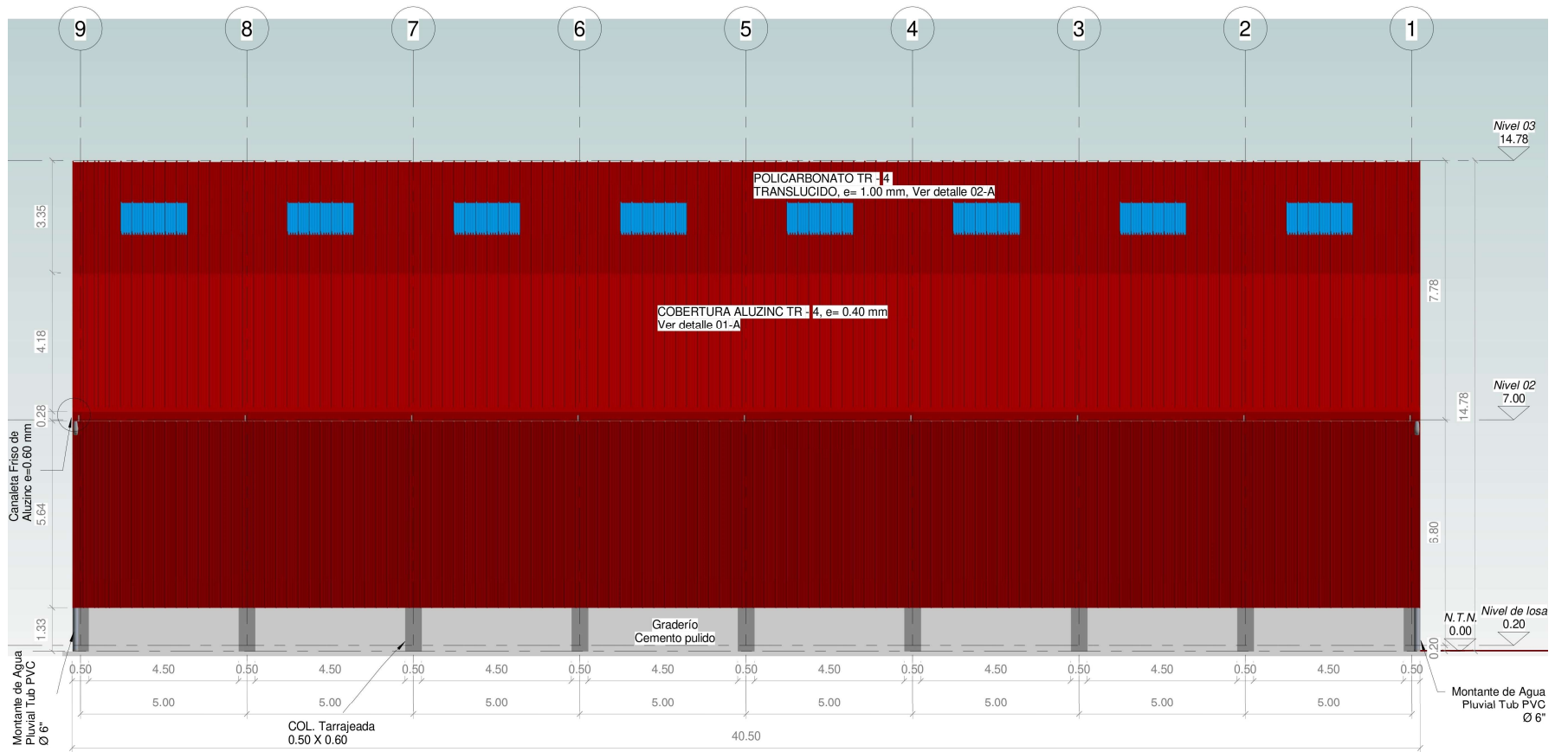
*Modelo 3D del Coliseo Deportivo del Colegio Agropecuario*



**Figura 74** Vista del Plano en Planta del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario



**Figura 75** Vista del Alzado Oeste de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario



#### 4.1.4.2. Modelamiento SAP y análisis de la cobertura frente a diferentes tipos de cargas

##### A. Verificación del desplazamiento máximo lateral

###### a) Por carga sísmica

El desplazamiento máximo se ha analizado en la parte superior de las columnas, determinando que las derivas están por debajo de las máximas permitidas, lo cual es adecuado.

**Tabla 39**

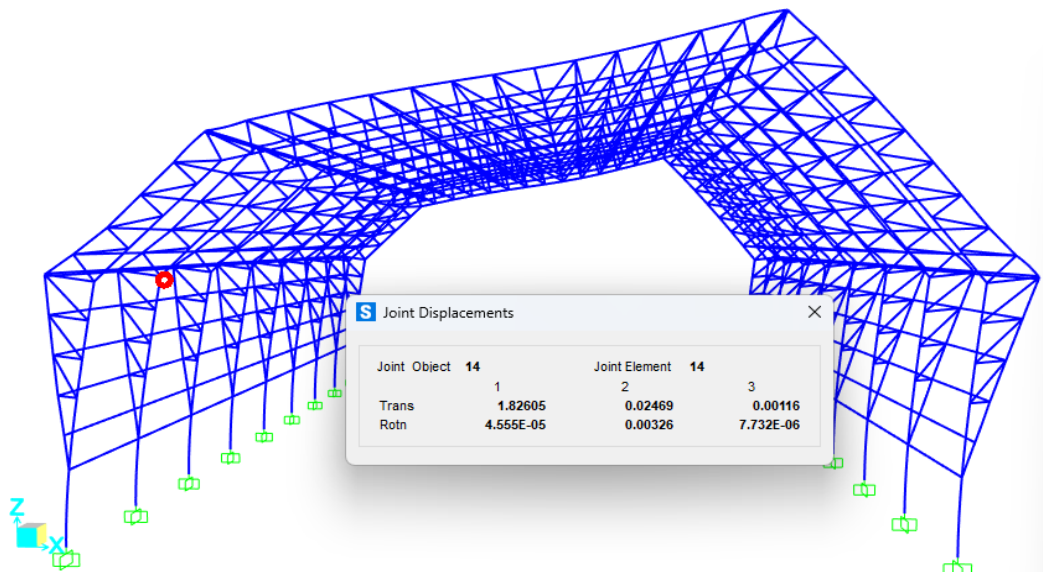
*Desplazamientos Elásticos Máximos en X e Y por Carga Sísmica*

| Dirección | Caso de carga | Desplazamiento elástico máximo producido - Dem | Desplazamiento inelástico máx. -<br>Dim=Dem*0.75*R<br>Rx=2.5; Ry=2.5 | Deriva -<br>D=Dim/h<br>h=800 cm | Deriva máxima en Concreto A., según Art. 32 de E.030 | D<Dm |
|-----------|---------------|--|--|---------------------------------|--|------|
| X         | SDx           | 1.826  | 3.424  | 0.004                           | 0.007  | ok   |
| Y         | SDy           | 0.915  | 1.715  | 0.002                           | 0.007  | ok   |

**Figura 76**

*Desplazamientos Elásticos Máximos en X por Carga Sísmica*

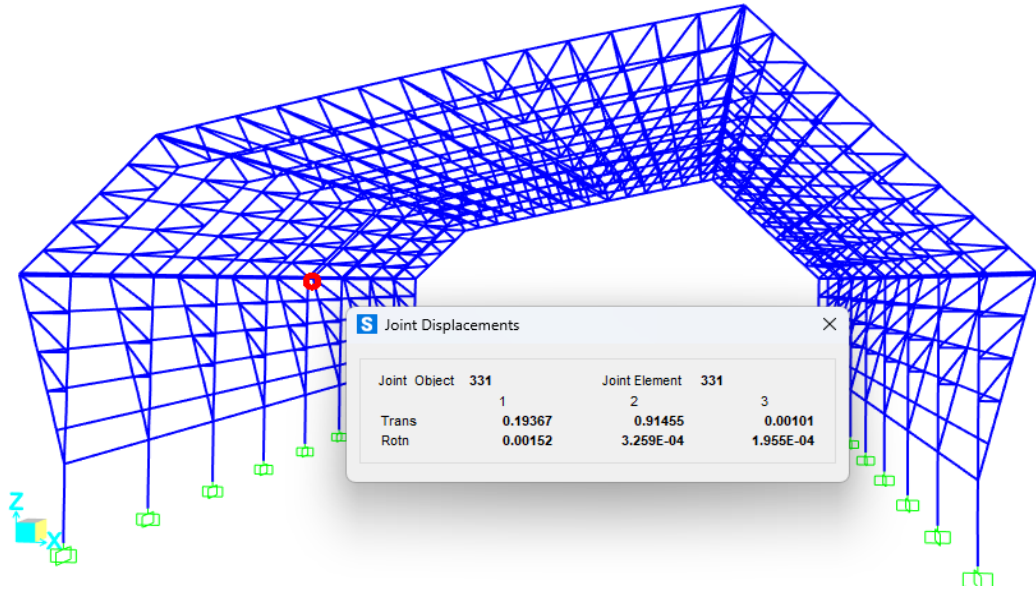
En "X"



**Figura 77**

*Desplazamientos Elásticos Máximos en Y por Carga Sísmica*

En “Y”



**b) Por carga de viento**

Se verificó mediante el criterio del máximo desplazamiento relativo entre pisos causado por el viento, el artículo 24 de la norma E.020 establece no exceder al 1% de la altura del piso (altura de las columnas). Determinando que efectivamente se cumple con la normatividad.

**Tabla 40**

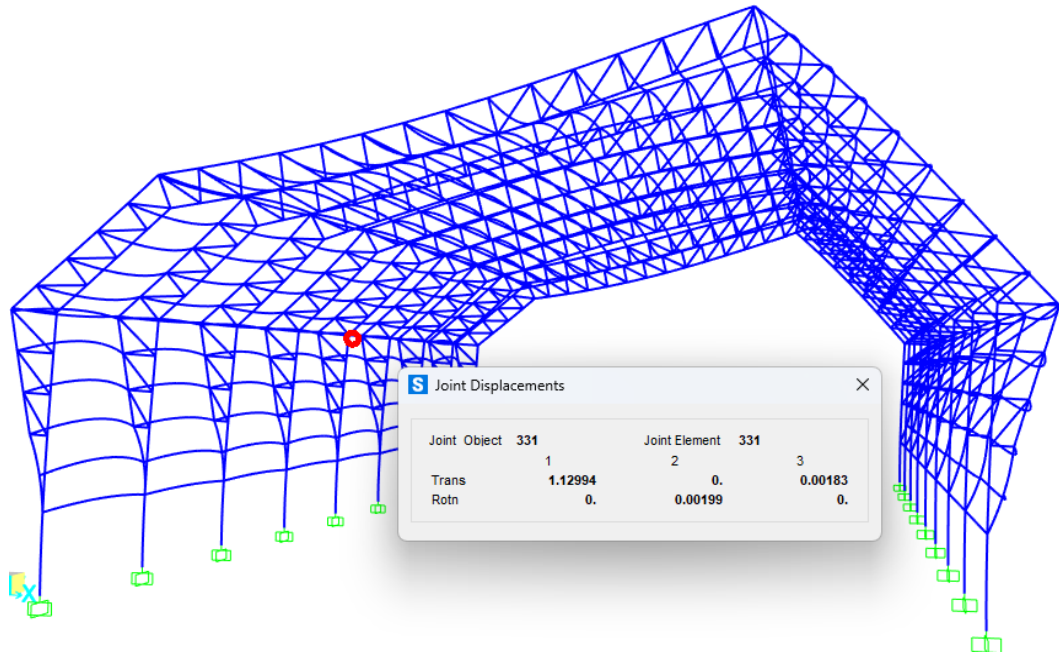
*Desplazamientos Elásticos Máximos en X e Y por Carga de Viento*

| Dirección | Caso de carga | Desplazamiento lateral máximo producido - Dl | Desplazamiento relativo máximo - $D_{rm} = 1\%h; h=800 \text{ cm};$ según Art. 24 de E.020 | Dl < $D_{rm}$ |
|-----------|---------------|--|--|---------------|
| X         | VIENTO x      | 1.130  | 8  | ok            |
| - X       | VIENTO -x     | -1.300                                       | 8  | ok            |
| Y         | VIENTO y      | 0.009  | 8  | ok            |

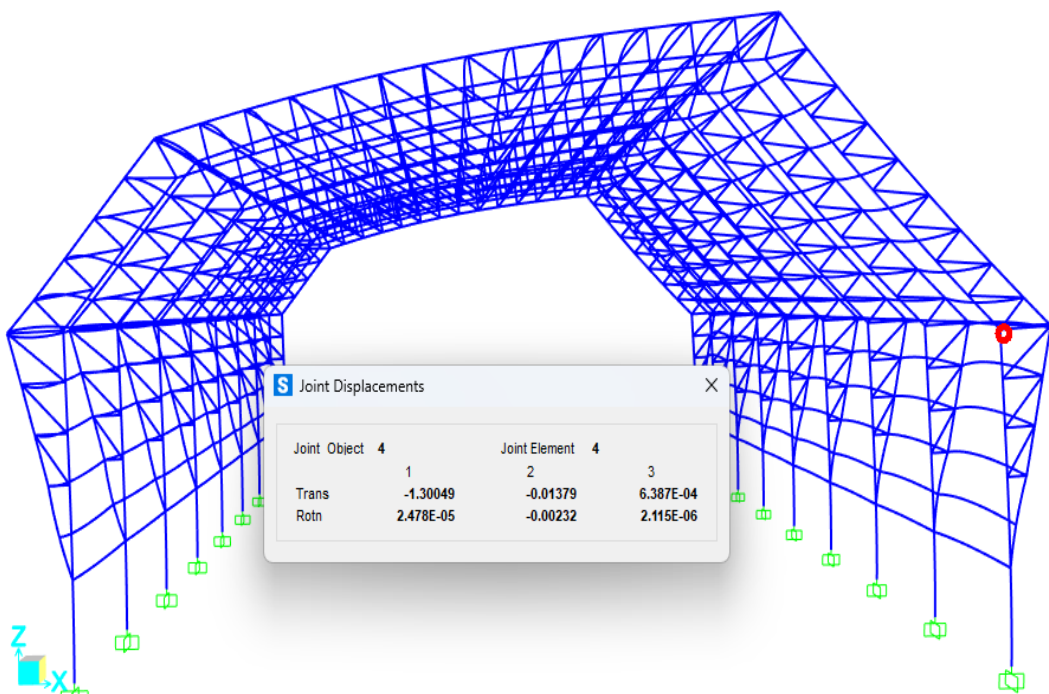
**Figura 78**

*Desplazamientos Elásticos Máximos en X por Carga de Viento*

En "X"



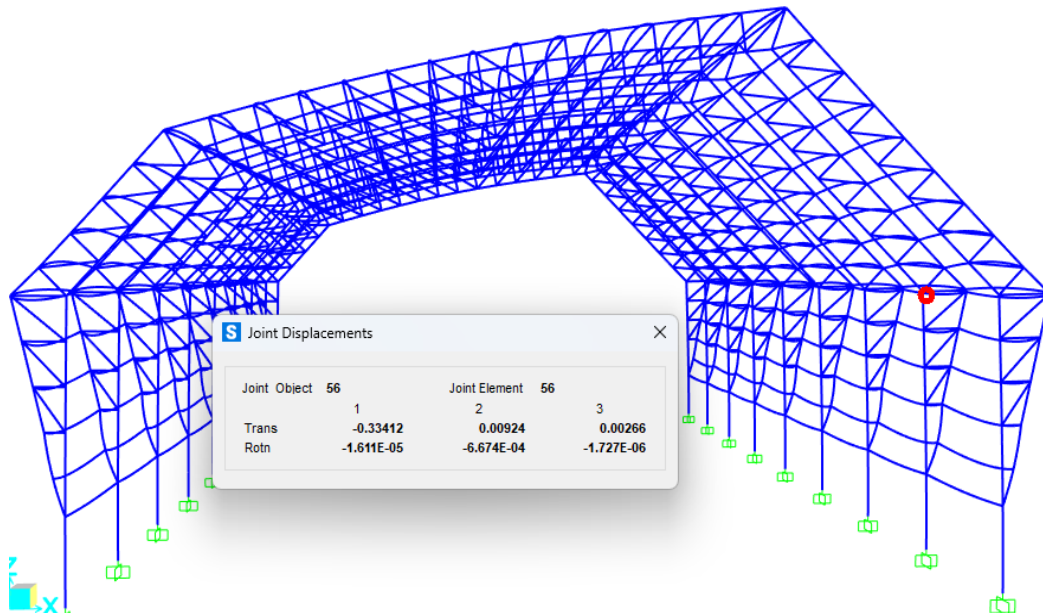
En "-X"



**Figura 79**

*Desplazamientos Elásticos Máximos en Y por Carga de Viento*

En “Y”



**B. Verificaci3n del desplazamiento máximo vertical – control de flechas**

Se verific3 mediante el criterio del máximo valor de flecha producida por la acci3n conjunta de la carga muerta más la carga viva, dicho valor para techos no debe exceder a  $l/180$ , como lo indica el artículo 25 (25.1) y TABLA 6 de la norma E.020; donde l: Luz libre de la armadura.

**Tabla 41**

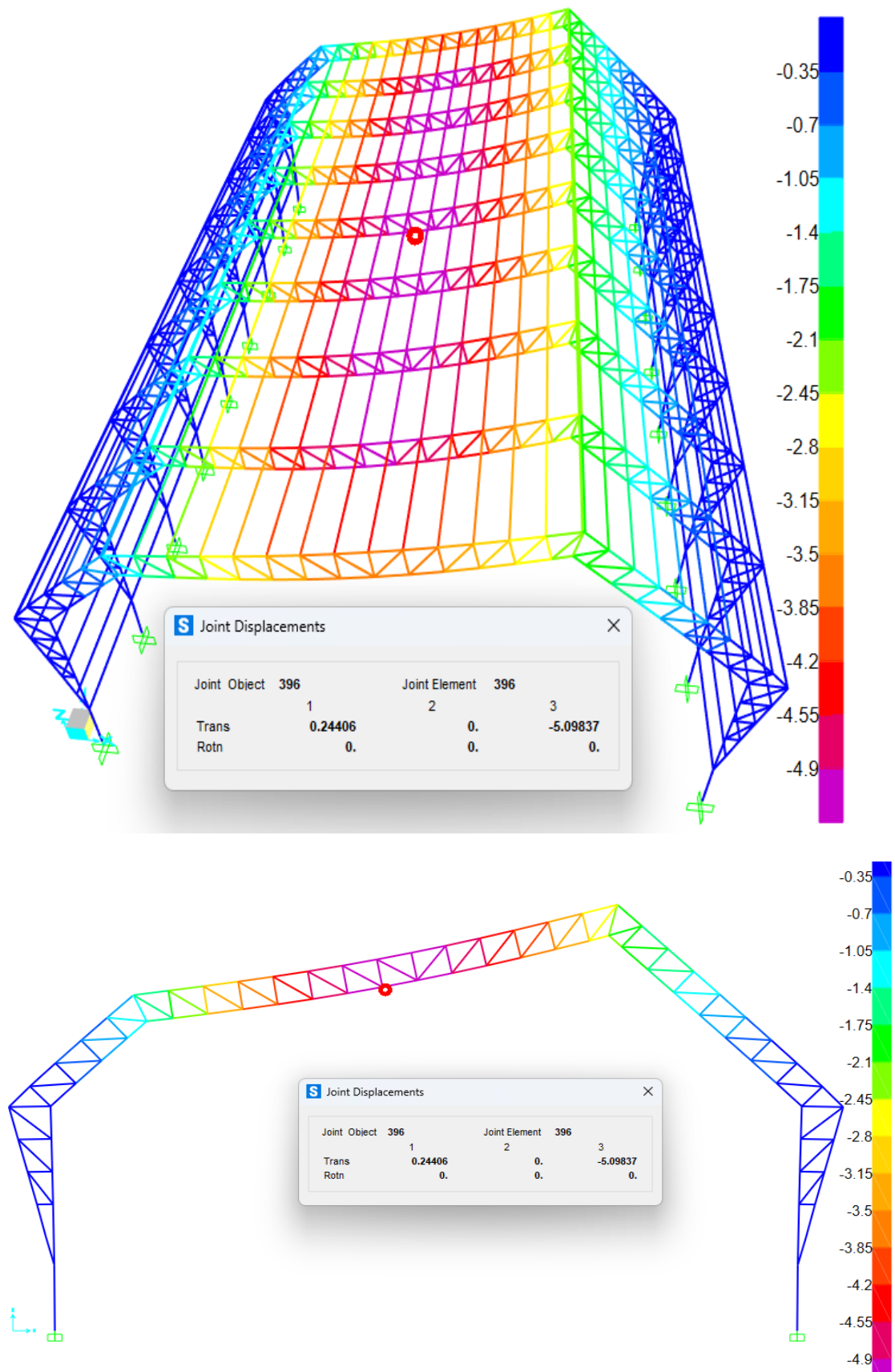
*Verificaci3n del Desplazamiento Máximo Vertical*

| Direcci3n | Caso de carga | Flecha máxima producida - F | Flecha máxima permisible - $F_m = l/180$ , según Art. 25 de E.020. | $F < F_m$ |
|-----------|---------------|-----------------------------|--|-----------|
| Z         | D+L           | -5.10                       | 14.06  | ok        |

La flecha máxima se encuentra en la parte central de la armadura correspondiente al eje 5-5, está por debajo de la máxima permitida, lo cual es adecuado.

**Figura 80**

*Desplazamiento Máximo Vertical*



### C. Verificación de la cortante mínima en la base

Se verificó de acuerdo al artículo 29 (29.4.1) de la norma E.030, donde la fuerza cortante basal dinámica no será menor al 80% de la fuerza cortante basal estática, de ser menor se escalará proporcionalmente la fuerza sísmica del análisis modal espectral, el cual afectará solo al diseño y no a los desplazamientos o deformaciones calculados anteriormente.

**Tabla 42**

*Fuerza Cortante en la Base para el Análisis Estático (Ve)*

| Dirección | Caso de carga   | Fuerza cortante en la base - Ve |
|-----------|-----------------|---------------------------------|
| X         | SE <sub>x</sub> | -61.01                          |
| Y         | SE <sub>y</sub> | -61.01                          |

**Tabla 43**

*Fuerza Cortante en la Base para el Análisis Dinámico Modal Espectral*

| Dirección | Caso de carga   | Fuerza cortante en la base - V <sub>d</sub> | Fuerza cortante mínima - 80% V <sub>e</sub> | Factor de escala |
|-----------|-----------------|---|---|------------------|
| X         | SD <sub>x</sub> | 39.59                                       | 48.80                                       | 1.23             |
| Y         | SD <sub>y</sub> | 34.07                                       | 48.80                                       | 1.43             |

La fuerza cortante basal dinámica fué menor al 80% de la fuerza cortante basal estática, por lo tanto, se aplicó el factor de escala a las fuerzas sísmicas del análisis dinámico modal espectral con 1.233 en “X” y 1.432 en “Y”; seguidamente se corre el programa y se procedió a realizar el diseño.

#### 4.1.4.3. Diseño de elementos estructurales de madera

Se ha diseñado y modelado la cobertura de madera del coliseo deportivo del colegio Agropecuario, utilizando los esfuerzos admisibles de la madera del grupo estructural A dados en la norma E.010, esto debido a que la madera utilizada “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” se clasifica dentro del grupo A.

**Tabla 44** Esfuerzo Admisible de la Madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”  
para Diseño Estructural

| Esfuerzo admisible (kg/cm <sup>2</sup> ) | Compresión<br>paralela | Compresión<br>perpendicular | Flexión<br>estática | Cizallamiento<br>paralelo al<br>grano | Tensión<br>paralela |
|--|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Fb (Esfuerzos obtenidos)                 | 186.15                 | 41.60                       | 211.60              | 20.57                                 | 188.85              |
| Grupo A (Esfuerzos de diseño)            | >145                   | >40                         | >210                | >15                                   | >145                |

**Tabla 45** Elementos de Madera Tipo A “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”

| Elemento       | Dimensiones |
|----------------|-------------|
| Brida superior | 3”x6”       |
| Brida inferior | 3”x8”       |
| Diagonal 1     | 3”x4”       |
| Diagonal 2     | 3”x6”       |
| Montante       | 3”x4”       |
| Correa         | 4”x8”       |

**Figura 81**

*Cobertura de Madera, Vista en Elevación*

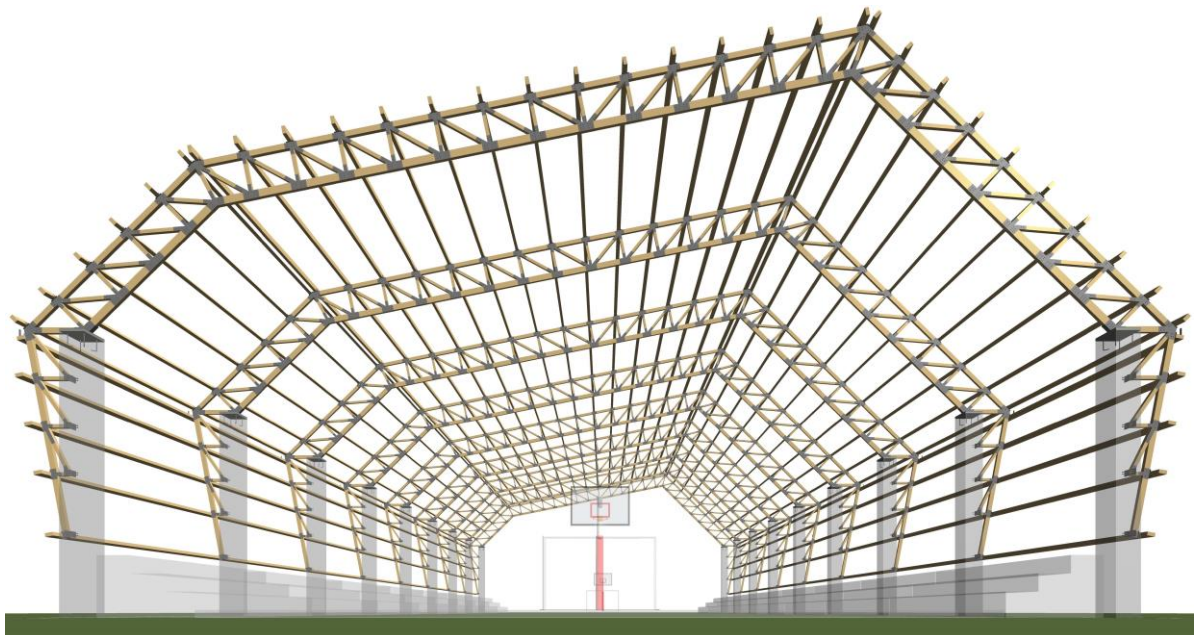
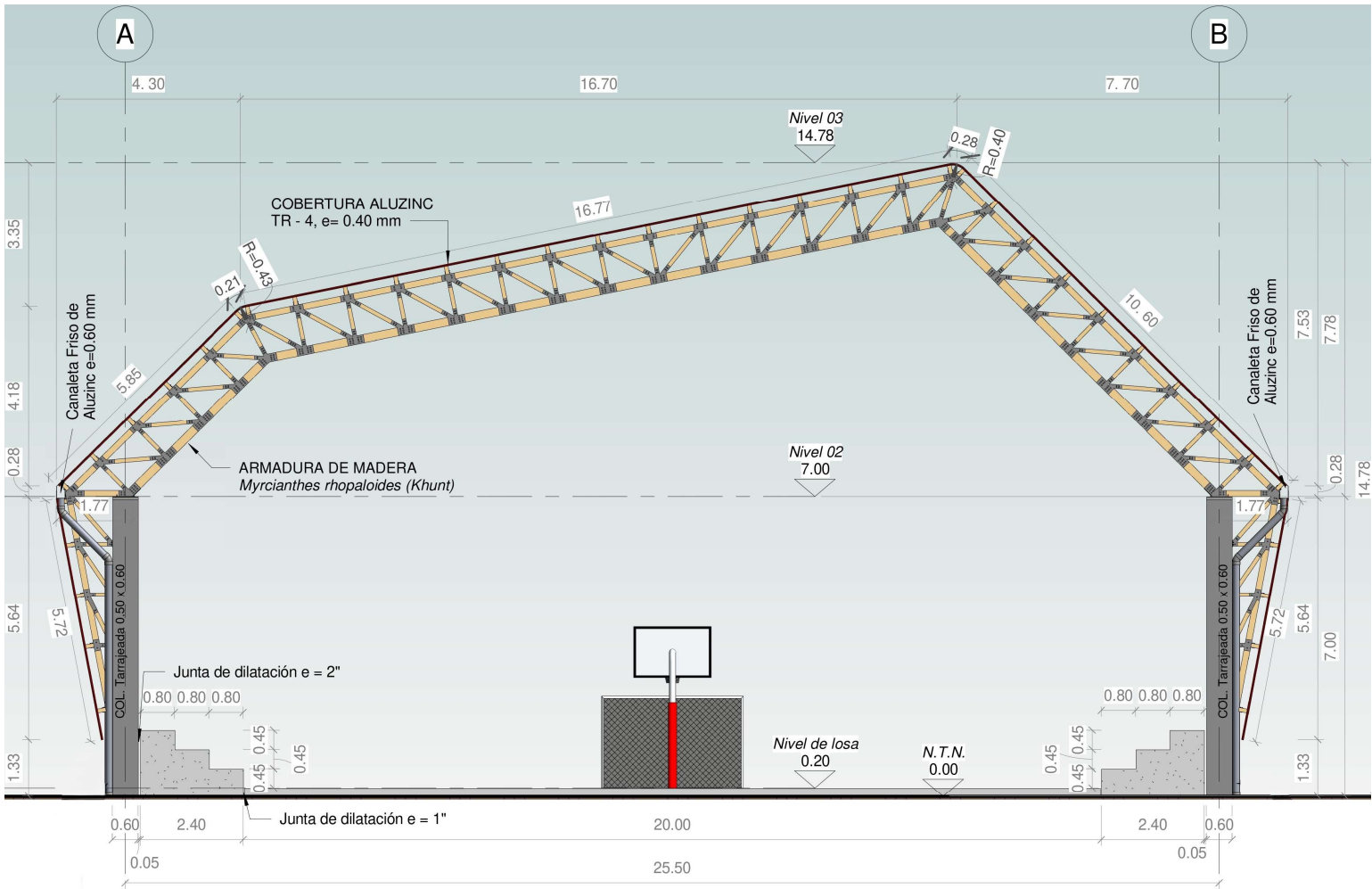
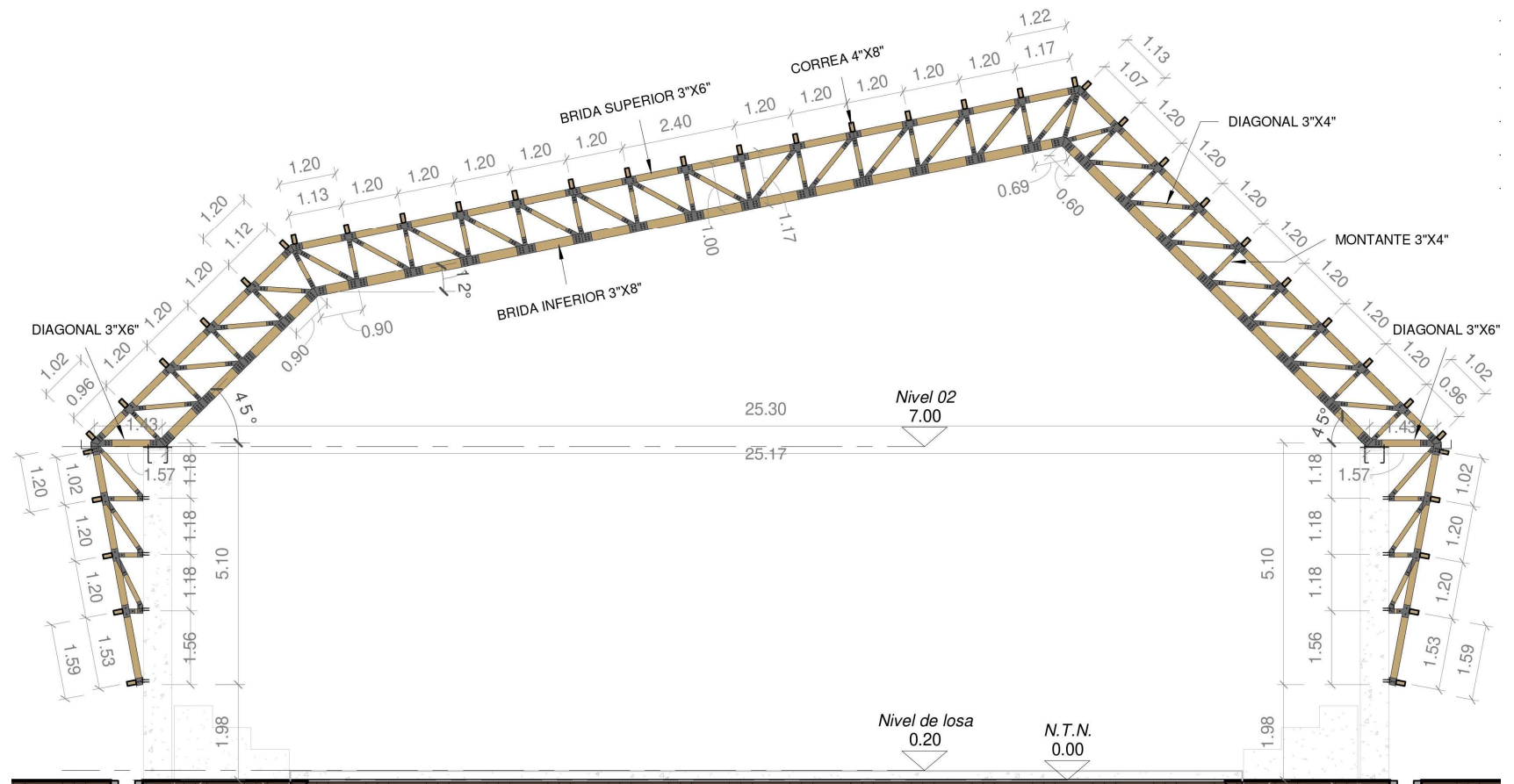


Figura 82 Cobertura de Madera, Detalle Arquitectónico



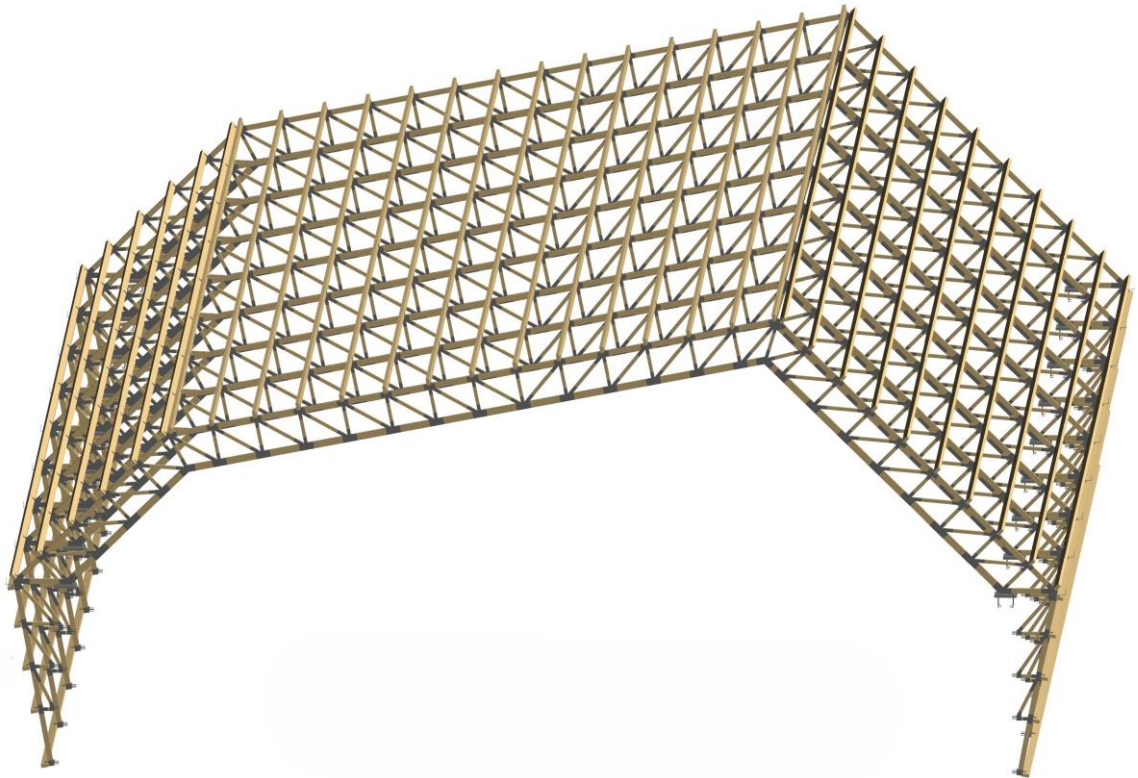
**Figura 83** Cobertura de Madera, Detalle de Dimensiones de la Armadura



Nota: (ver anexo F).

## Figura 84

Vista 3D de la Estructura de Madera



### a) Correas

Las correas se diseñan por flexión, con el momento flector máximo obtenido al actuar cargas permanentes más la sobrecarga de servicio simultáneamente (D+L) y al actuar la sobrecarga de servicio sola (L); al utilizar correas de sección transversal 4" x 8" (9 cm x 19 cm) el esfuerzo admisible en el elemento sometido a flexión ( $f_{adm}$ ) es de 45.38 kgf/cm<sup>2</sup>, pero la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*" presenta 210 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a flexión, por tanto, cumple; la correa trabaja a un 22% de su capacidad, sin embargo, no es posible disminuirla para optimizar su capacidad ya que no cumpliría con la inercia y módulo de sección Z requeridos por limitación de deflexiones.

**Tabla 46***Deflexiones Máximas Admisibles*

| Cargas   | Deflexiones  | Cumple |
|----------|--|--------|
| Para D+L | $L/200 = 2.50 \text{ cm} > \Delta D+L = 1.29 \text{ cm}$                 | Ok     |
| Para L   | $L/350 = 1.43 \text{ cm} > \Delta L = 0.92 \text{ cm}$                   | Ok     |
|          | $\Delta \text{ máx adm L} = 1.3 \text{ cm} > \Delta L = 0.92 \text{ cm}$ | Ok     |
|          | Según artículo 5(5.2) Norma E.010  |        |

**Tabla 47***Verificación de los Esfuerzos Admisibles en Correas*

| Tipo de carga            | Esfuerzo admisible                              | Cumple |
|--------------------------|---|--------|
| Flexión                  | $45.38 \text{ kgf/cm}^2 < 210 \text{ kgf/cm}^2$ | Ok     |
| Cortante paralelo        | $1.59 \text{ kgf/cm}^2 < 15 \text{ kgf/cm}^2$   | Ok     |
| Compresión perpendicular | $4.85 \text{ kgf/cm}^2 < 40 \text{ kgf/cm}^2$   | Ok     |

**b) Armadura**

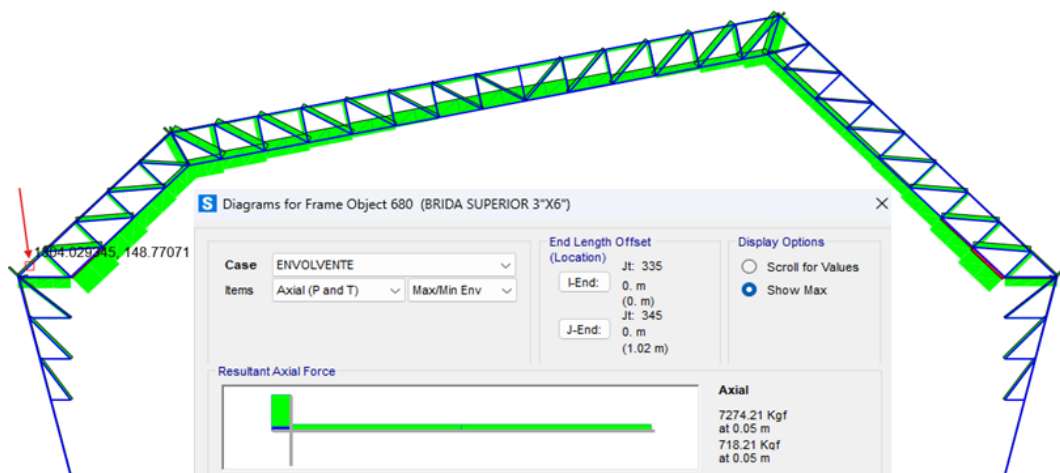
La armadura tipo Pratt, se diseña tomando el elemento que presenta la fuerza interna más alta, tanto para la brida superior, brida inferior, montantes y diagonales; la sección mayor que se obtiene del diseño de cada elemento se uniformiza para cada uno de los componentes de la armadura respectivamente.

**Tabla 48**

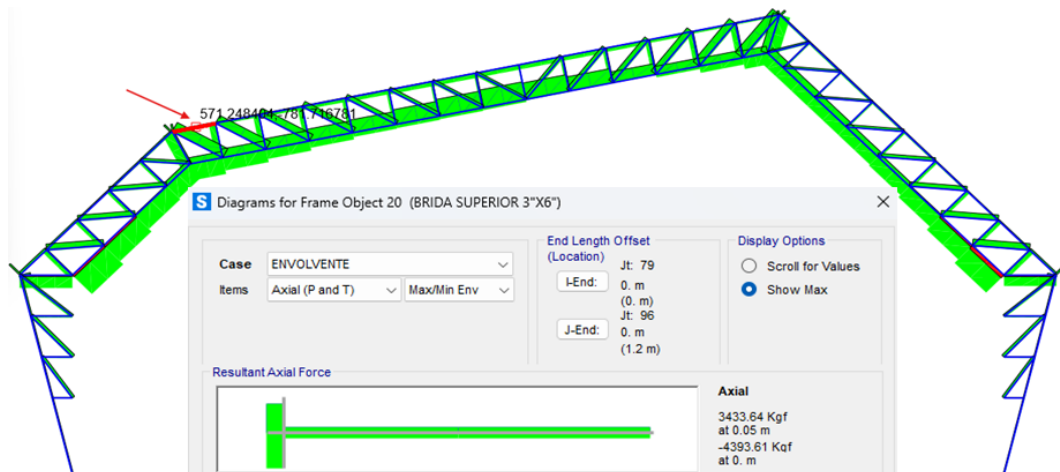
*Verificación de los Esfuerzos Admisibles en la Armadura*

| Elemento                    | Dimensiones | Cálculo de esbeltez | Cálculo de carga admisible     | Cumple | Demanda de capacidad (D/C) |
|-----------------------------|-------------|---------------------|--------------------------------|--------|----------------------------|
| Brida superior a tracción   | 3"x6"       | 12.55 < 80          | 13195 kgf ><br>7274.21 kgf     | Ok     | 0.55                       |
| Brida superior a compresión | 3"x6"       | 14.77 < 50          | 11193.19 kgf ><br>4393.61 kgf  | Ok     | 0.39                       |
| Brida inferior a tracción   | 3"x8"       | 14.77 < 80          | 17907.50 kgf ><br>8723.25 kgf  | Ok     | 0.49                       |
| Brida inferior a compresión | 3"x8"       | 14.77 < 50          | 15190.76 kgf ><br>13384.63 kgf | Ok     | 0.88                       |
| Diagonal a tracción         | 3"x4"       | 19.20 < 80          | 8482.50 kgf ><br>4874.15 kgf   | Ok     | 0.57                       |
| Diagonal a compresión       | 3"x4"       | 17.60 < 50          | 9158.15 kgf ><br>6402.60 kgf   | Ok     | 0.70                       |
| Montante a tracción         | 3"x4"       | 14.03 < 80          | 8482.50 kgf ><br>3467.79 kgf   | Ok     | 0.41                       |
| Montante a compresión       | 3"x4"       | 14.03 < 50          | 7434.33 kgf ><br>4935.12 kgf   | Ok     | 0.66                       |

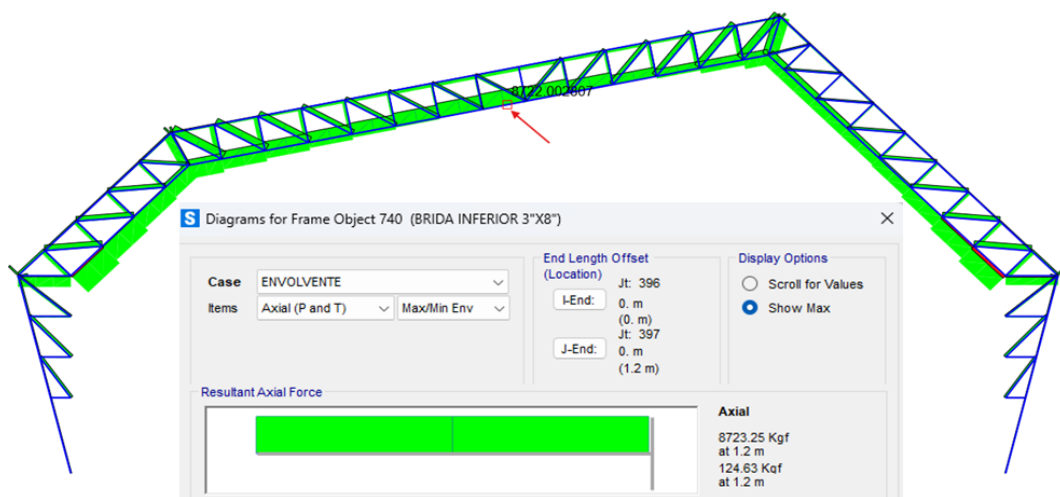
**Figura 85** *Carga Axial Máxima a Tracción en Brida Superior, Eje 5-5*



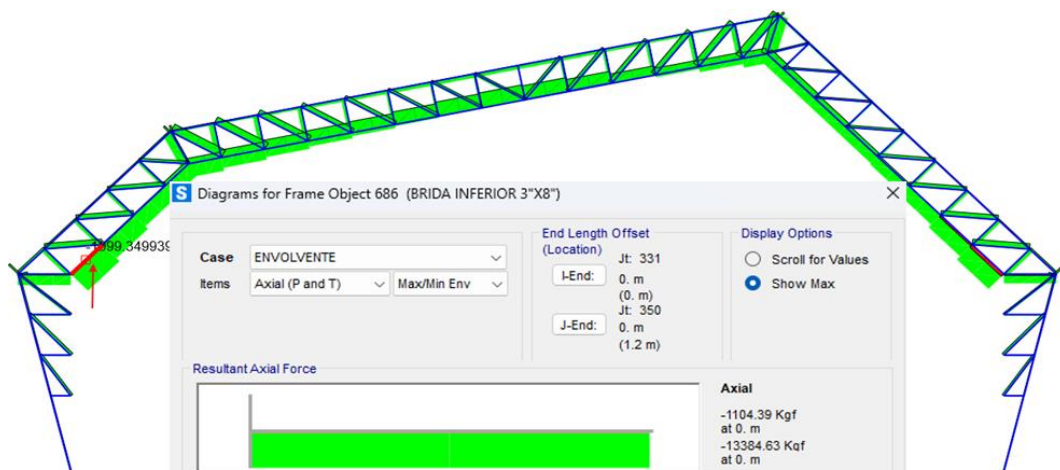
**Figura 86** Carga Axial Máxima a Compresión en Brida Superior, Eje 2-2



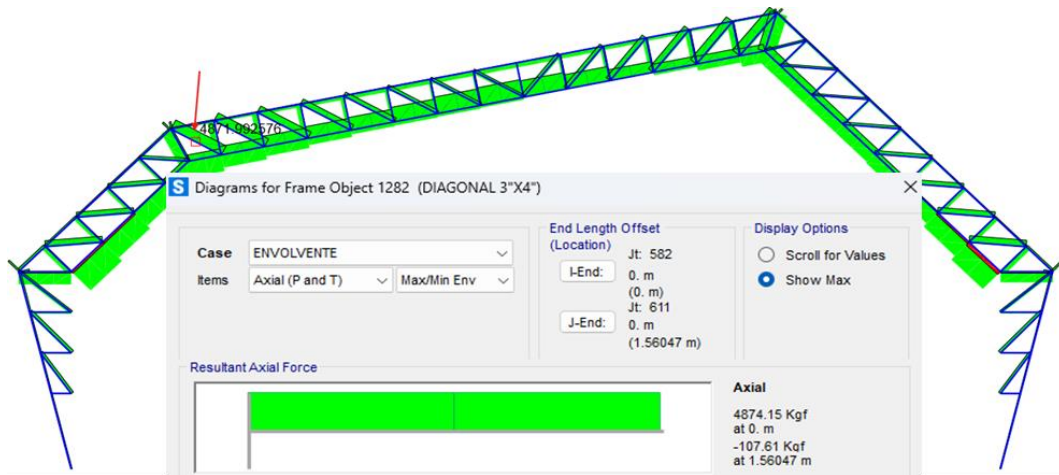
**Figura 87** Carga Axial Máxima a Tracción en Brida Inferior, Eje 5-5



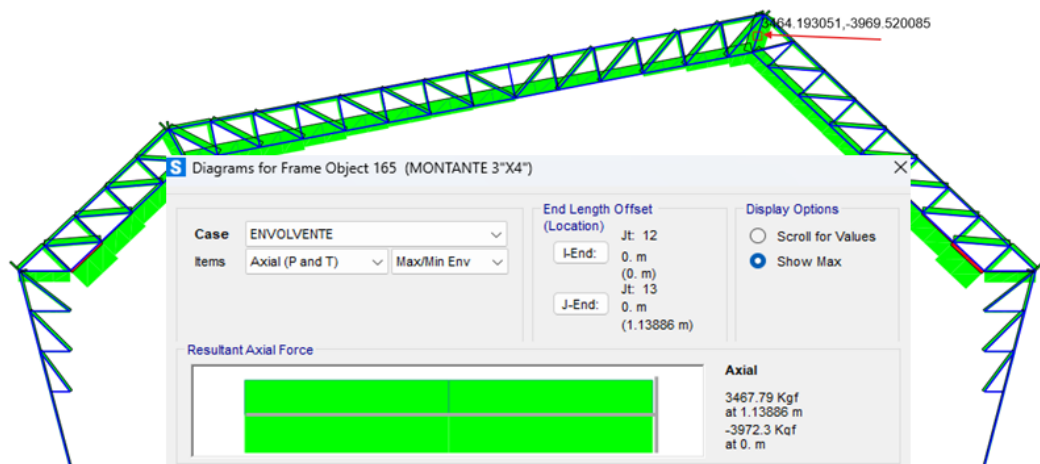
**Figura 88** Carga Axial Máxima a Compresión en Brida Inferior, Eje 5-5



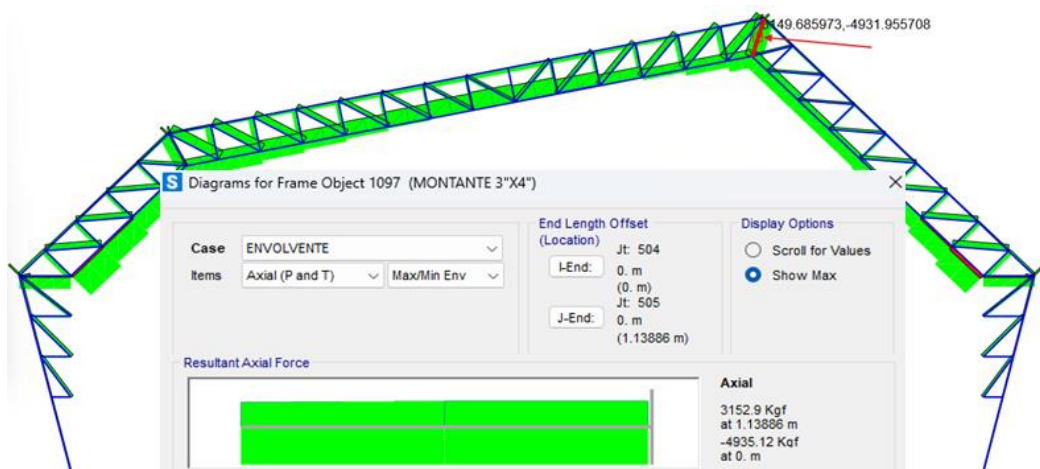
**Figura 89** Carga Axial Máxima a Tracción en Diagonales, Eje 8-8



**Figura 90** Carga Axial Máxima a Tracción en Montantes, Eje 1-1



**Figura 91** Carga Axial Máxima a Compresión en Montantes, Eje 7-7



#### 4.1.4.4. Diseño de uniones en madera

Se realizó el diseño de las uniones de madera para el proyecto, identificando ocho tipos de uniones. Cada una de estas uniones fue diseñada para cumplir con los requerimientos estructurales específicos del proyecto, asegurando la integridad y la estabilidad de la estructura de madera. Además, se diseñó una placa base para la conexión de las columnas, garantizando una distribución adecuada de las cargas y la correcta fijación de los elementos estructurales.

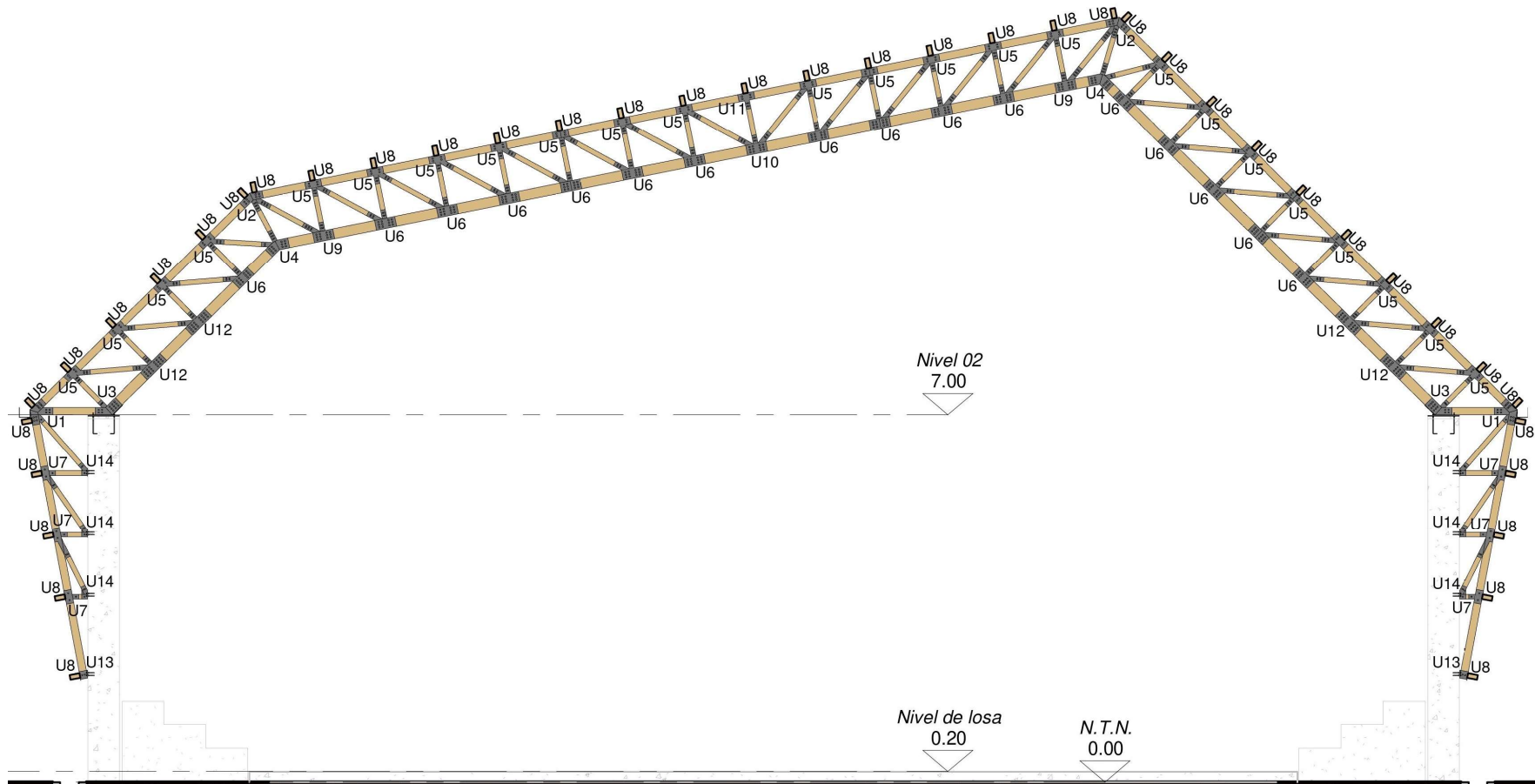
**Tabla 49**

*Tipos de Uniones para la Conexión de la Madera*

| Unión                    | Pernos                                     |
|--------------------------|--|
| Tipo 1                   | PL 3/32"; 14 per 5/8" + 01 per 1/2"        |
| Tipo 2                   | PL 3/32"; 08 per 5/8" + 12 per 1/2"        |
| Tipo 3                   | PL 3/32"; 13 per 5/8" + 02 per 1/2"        |
| Tipo 4                   | PL 3/32"; 12 per 5/8" + 08 per 1/2"        |
| Tipo 5                   | PL 3/32"; 4 per 5/8" + 08 per 1/2"         |
| Tipo 6                   | PL 3/32"; 12 per 5/8" + 08 per 1/2"        |
| Tipo 7                   | PL 3/32"; 05 per 1/2"                      |
| Tipo 8                   | PL 3/32"; 04 per 3/8"                      |
| Placa base sobre columna | Placa base 60cm x 50cm x 5/8"; 04 per 5/8" |

**Figura 92**

*Distribución de Uniones*



**Figura 93 Vista en Planta de la Estructura de Madera de la Cobertura del  
Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario**

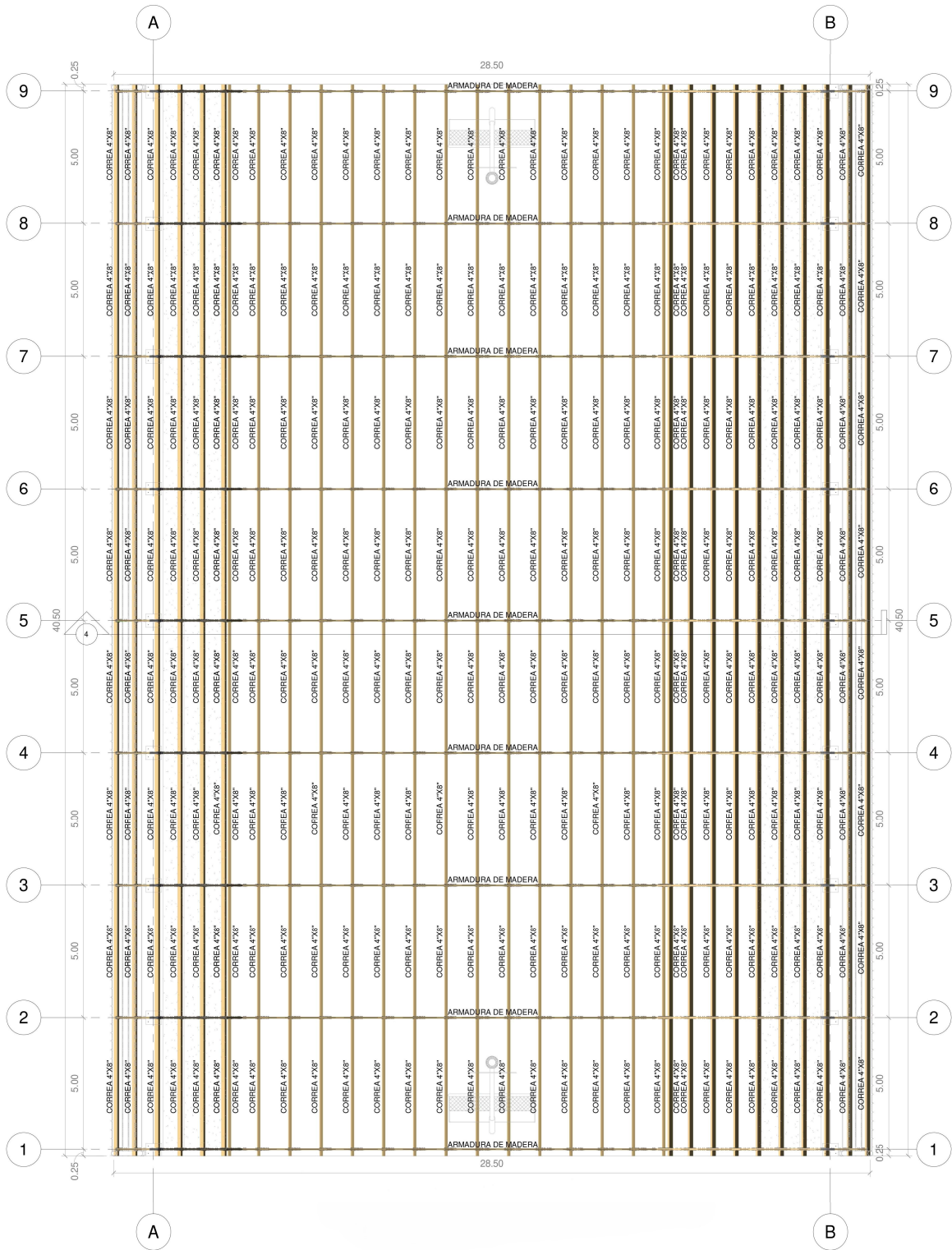
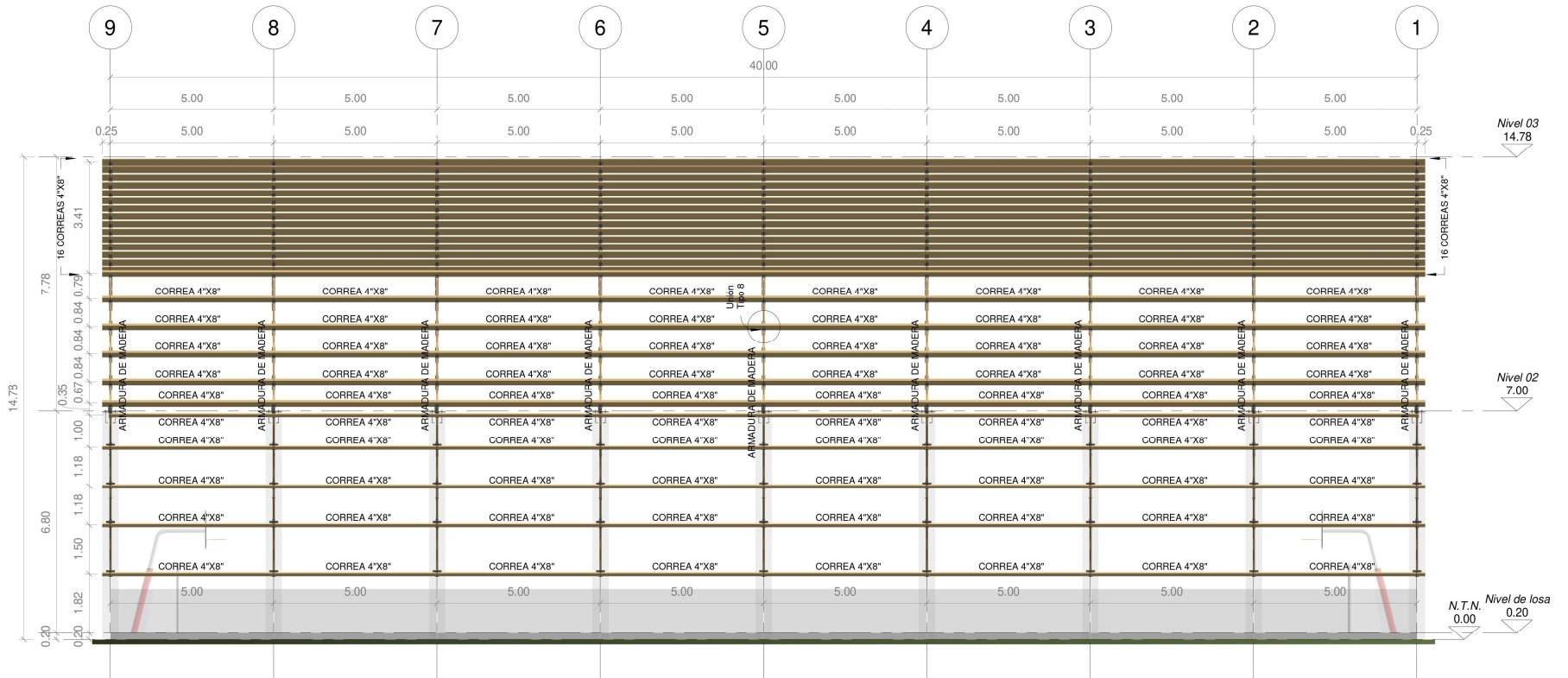


Figura 94 Vista del Alzado Oeste de la Estructura de Madera de la Cobertura del Techo del Coliseo Deportivo de la I.E. Agropecuario



Nota: (ver anexo F).



## 4.2. Contrastación de hipótesis

Para evaluar si la madera *Myrcianthes rhopaloides* (Khunt) del centro poblado Yaquil - Conchán posee esfuerzos admisibles que cumplen con los requisitos de resistencia especificados en la norma E.010 (MVCS, 2014), permitiendo su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota, se realizó una contrastación de hipótesis utilizando la prueba t-student en Minitab 22. La hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) se definen como sigue para cada tipo de esfuerzo admisible:

Para Compresión Paralela al Grano:

- ( $H_0$ ): El esfuerzo admisible a compresión paralela al grano es menor o igual a  $145 \text{ kg/cm}^2$ .
- ( $H_1$ ): El esfuerzo admisible a compresión paralela al grano es mayor a  $145 \text{ kg/cm}^2$ .

Para Compresión Perpendicular al Grano:

- ( $H_0$ ): El esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano es menor o igual a  $40 \text{ kg/cm}^2$ .
- ( $H_1$ ): El esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano es mayor a  $40 \text{ kg/cm}^2$ .

Para Flexión Estática:

- ( $H_0$ ): El esfuerzo admisible a flexión estática es menor o igual a  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
- ( $H_1$ ): El esfuerzo admisible a flexión estática es mayor a  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para Cizallamiento Paralelo al Grano:

- ( $H_0$ ): El esfuerzo admisible a cizallamiento paralelo al grano es menor o igual a  $15 \text{ kg/cm}^2$ .

- (H1): El esfuerzo admisible a cizallamiento paralelo al grano es mayor a 15 kg/cm<sup>2</sup>.

Para Tensión Paralela a las Fibras:

- (Ho): El esfuerzo admisible a tensión paralela a las fibras es menor o igual a 145 kg/cm<sup>2</sup>.
- (H1): El esfuerzo admisible a tensión paralela a las fibras es mayor a 145 kg/cm<sup>2</sup>.

Para realizar esta evaluación, se recolectaron las mediciones de los esfuerzos admisibles para cada tipo de esfuerzo y se ingresaron en Minitab 22. Se ejecutó la prueba t-student con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05, correspondiente a un nivel de confianza del 95%. Minitab 22 calculó el valor p para cada prueba t-student, y se compararon estos valores p con el nivel de significancia. Si el valor p era menor a 0.05, se rechazaba la hipótesis nula (Ho) y se aceptaba la hipótesis alternativa (H1).

Los resultados de las pruebas t-Student realizadas con Minitab 22 muestran que para todos los tipos de esfuerzos evaluados (compresión paralela, compresión perpendicular, flexión, cizallamiento paralelo y tensión paralela), los valores admisibles de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*" superan significativamente los mínimos requeridos por la norma E.010 (MVCS, 2014). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H1) en todos los casos, confirmando que esta madera cumple con los requisitos para ser clasificada dentro del grupo A según la norma E.010. Este hallazgo destaca la alta calidad y resistencia de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*", haciéndola apta para aplicaciones estructurales exigentes.

**Tabla 50***Prueba de Hipótesis (t-student) de la Densidad Básica de la madera**“Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*

| Densidad básica | Prueba                               | Valor T | Valor p |
|-----------------|--------------------------------------|---------|---------|
| Grupo A         | Ho: $\mu = 0.71$<br>Hi: $\mu > 0.71$ | 99.50   | 0.000   |

**Tabla 51***Prueba de Hipótesis (t-student) de los Módulos de Elasticidad Mínimo de la**madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*Ho:  $\mu = 95,000$ Hi:  $\mu > 95,000$ 

| Módulo de elasticidad              | Valor T | Valor p |
|------------------------------------|---------|---------|
| Compresión paralela                | 25.37   | 0.000   |
| Compresión perpendicular           | 13.29   | 0.000   |
| Flexión estática                   | 54.58   | 0.000   |
| Cizallamiento paralelo al grano    | 6.02    | 0.002   |
| Tensión paralela a las fibras      | 12.91   | 0.000   |
| Tensión perpendicular a las fibras | 5.23    | 0.003   |

**Tabla 52***Prueba de Hipótesis (t-student) de los Módulos de Elasticidad Promedio de la**madera “Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*Ho:  $\mu = 130,000$ Hi:  $\mu > 130,000$ 

| Módulo de elasticidad              | Valor T | Valor p |
|------------------------------------|---------|---------|
| Compresión paralela                | 7.07    | 0.001   |
| Compresión perpendicular           | 0.36    | 0.367   |
| Flexión estática                   | 4.04    | 0.008   |
| Cizallamiento paralelo al grano    | 1.36    | 0.122   |
| Tensión paralela a las fibras      | 2.46    | 0.035   |
| Tensión perpendicular a las fibras | 0.22    | 0.417   |

**Tabla 53**

*Prueba de Hipótesis (t-student) de los Esfuerzos Admisibles de la madera*

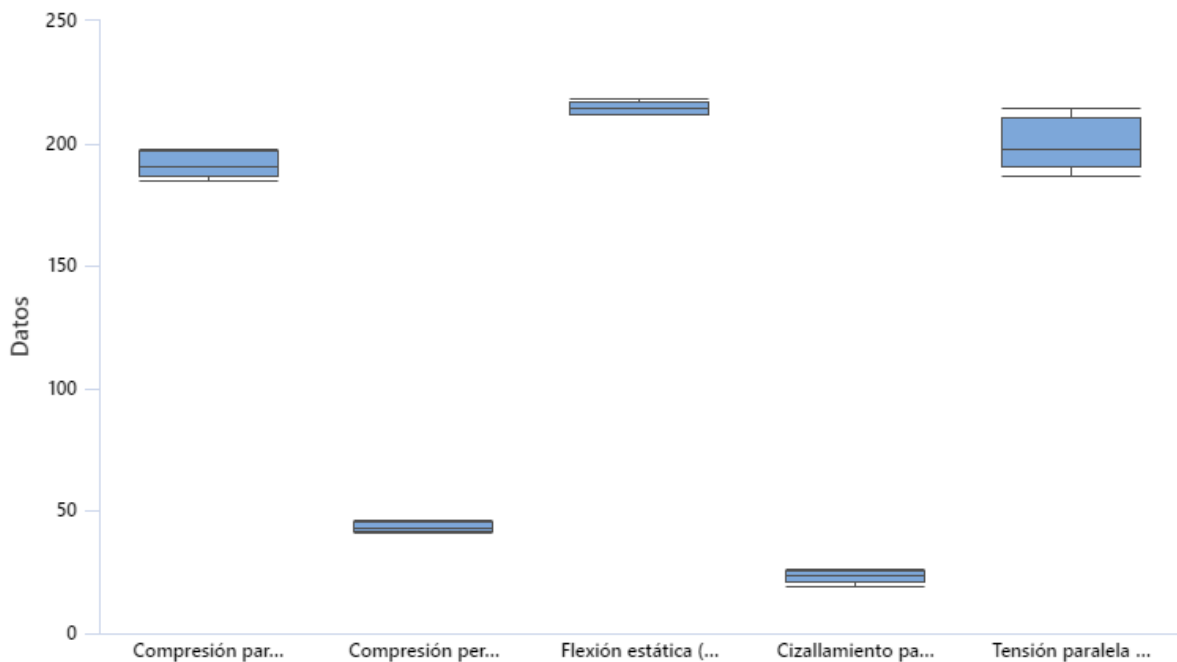
*“Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*

| Esfuerzo admisible              | Prueba   | Valor T | Valor p |
|---------------------------------|--|---------|---------|
| Compresión paralela             | H <sub>0</sub> : $\mu = 145$<br>H <sub>1</sub> : $\mu > 145$ | 19.16   | 0.000   |
| Compresión perpendicular        | H <sub>0</sub> : $\mu = 40$<br>H <sub>1</sub> : $\mu > 40$   | 3.98    | 0.008   |
| Flexión estática                | H <sub>0</sub> : $\mu = 210$<br>H <sub>1</sub> : $\mu > 210$ | 3.58    | 0.012   |
| Cizallamiento paralelo al grano | H <sub>0</sub> : $\mu = 15$<br>H <sub>1</sub> : $\mu > 15$   | 6.69    | 0.001   |
| Tensión paralela a las fibras   | H <sub>0</sub> : $\mu = 145$<br>H <sub>1</sub> : $\mu > 145$ | 11.31   | 0.000   |

**Figura 96**

*Gráfico de Cajas de los Esfuerzos Admisibles de la madera “Myrcianthes*

*rhopaloides (Khunt)”*



### 4.3. Discusión de resultados

La densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” en Yaquil es relativamente alta en comparación con otras maderas evaluadas en estudios internacionales y nacionales. Kherais et al. (2024) reportaron densidades en rangos de 263-512 kg/m<sup>3</sup> para maderas naturales y tratadas, Arriaga et al. (2023) determinaron densidades de 350-420 kg/m<sup>3</sup> para maderas europeas y norteamericanas, Augustina et al. (2023) encontraron que la densidad de la madera Samana era 320 kg/m<sup>3</sup>, Barbu et al. (2023) determinó que la densidad de la madera de Paulownia era 245-275 kg/m<sup>3</sup>, Chura & Muchica (2020) encontraron que la madera de pino tenía 450 kg/m<sup>3</sup>, Silva (2022) encontró que la madera *Polylepis Multijuga* (quinua) de Lajas alcanzó 510 kg/m<sup>3</sup>, y Vásquez & Silva (2023) determinaron que la densidad básica de la madera pino de Chalamarca alcanzó 500 kg/m<sup>3</sup>. Mientras que la densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” fue considerablemente mayor (1,000 kg/m<sup>3</sup>), lo que sugiere una madera más densa y potencialmente más resistente. Esta diferencia en la densidad es un indicativo positivo para su uso en aplicaciones estructurales, ya que una mayor densidad suele correlacionar con mejores propiedades mecánicas y mayor durabilidad.

No obstante, la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” adquiere densidades básicas similares a las de la madera *Pona (Socratea Exorrhiza)* que alcanza 1,007 kg/m<sup>3</sup> según Rubio (2021), que la madera de eucalipto de Chalamarca que alcanza 790 kg/m<sup>3</sup> de acuerdo a Chuquimango (2021) y que la madera *Clethra Obovata* de Choropampa que alcanza 1,010 kg/m<sup>3</sup> según Sánchez (2023), por lo que, todos los tipos de madera al obtener densidades básicas

mayores a  $710 \text{ kg/m}^3$  se categorizan preliminarmente en el grupo “A” de acuerdo a la norma E.010 (MVCS, 2014).

Las propiedades mecánicas mostraron que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil posee un módulo de ruptura (MOR) y un módulo de elasticidad (MOE) que se comparan favorablemente con otras especies evaluadas internacionalmente.

La resistencia máxima de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil a compresión paralela y perpendicular alcanza valores de  $372.30$  y  $66.56 \text{ kg/cm}^2$ . Resultados superiores a los de la madera de Paulownia estudiada por Barbu et al. (2023) que alcanzó  $234.54 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a compresión paralela, a la madera quinua de Lajas que alcanzó  $194.36$  y  $116.15 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a compresión paralela y perpendicular, y a la madera marupa que alcanzó  $252 \text{ kg/cm}^2$  según Sanchez (2023). Mientras que, la madera de pino Oocarpa alcanzó resultados similares con resistencia de  $307.10 \text{ kg/cm}^2$  según Guerra (2019). Pero siendo superada por la madera *Vatairea sp* que alcanza  $503.84 \text{ kg/cm}^2$  de acuerdo a Ruthes et al. (2022) y por la madera eucalipto de Chalamarca que alcanza  $500.88 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a compresión paralela según Chuquimango (2021). No obstante, aun cuando hay maderas más y menos resistentes que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil esta ha demostrado buena capacidad mecánica a compresión axial.

La resistencia máxima de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil a tensión o tracción paralela y perpendicular alcanza valores de  $755.42$  y  $55.21 \text{ kg/cm}^2$ . Siendo inferior a la madera pino Oocarpa estudiada por Guerra (2019) que alcanzó  $1015.04 \text{ kg/cm}^2$ . Pero superior a la madera quinua de Lajas que alcanzaba  $105.79$  y  $47.06 \text{ kg/cm}^2$  a tensión paralela y perpendicular

respectivamente, de acuerdo a Silva (2022). Así mismo, alcanza menor tensión paralela que la madera eucalipto (2094.87 kg/cm<sup>2</sup>), pero mayor tensión perpendicular (54.24 kg/cm<sup>2</sup>) según Chuquimango (2021). La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil presenta buena capacidad mecánica a tensión, lo que lo hace favorable para su uso en armaduras de techo.

La resistencia máxima de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil a flexión estática alcanza en promedio 675.93 kg/cm<sup>2</sup>. Resistencia mecánica superior a la madera de Paulownia que alcanza 418.08 kg/cm<sup>2</sup> a flexión de acuerdo a Barbu et al. (2023), a la madera de pino de Cajamarca que alcanza 530.35 kg/cm<sup>2</sup> según Guarniz (2020) y a la madera pino Oocarpa que alcanza 307.10 kg/cm<sup>2</sup> según Guerra (2019). Pero inferior a la madera de eucalipto de Chalamarca que alcanza 745.46 kg/cm<sup>2</sup>según Chuquimango (2021). Aunque, alcanzando similar resistencia a flexión (612.34 kg/cm<sup>2</sup>) que la madera conchana de Choropampa estudiada por Sánchez (2023) quien también argumenta que, maderas con resistencias altas a flexión pueden ser utilizadas como vigas en la construcción del techo de viviendas u otras edificaciones.

La resistencia máxima a cizallamiento paralelo (corte paralelo) de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil es en promedio 82.29 kg/cm<sup>2</sup>. Superior a la madera pino Oocarpa estudiada por Guerra (2019) que alcanza tan solo 61.93 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte, a la madera marupa estudiada por Sanchez (2023) que alcanza 55.61 kg/cm<sup>2</sup> y a la madera quinua de Lajas que alcanza 70.40 kg/cm<sup>2</sup> según Silva (2022), pero ligeramente inferior a la madera eucalipto de Chalamarca estudiada por Chuquimango (2021) que alcanza 123.30 kg/cm<sup>2</sup>. Esto indica una excelente capacidad para resistir fuerzas de corte,

asegurando la integridad de las uniones y ensamblajes en estructuras donde las fuerzas de cizallamiento son predominantes.

A flexión, compresión paralela, compresión perpendicular, tracción paralela, tracción perpendicular y corte paralelo la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil obtuvo módulos de elasticidad de 132,748.5, 151,685.8, 130,938.5, 138,230.9, 131,568.4, 140,231.90 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Los valores obtenidos superan los reportados por Arriaga et al. (2023) para maderas convencionales (MOR: 246-250 kg/cm<sup>2</sup> y MOE: 7400-11000 N/mm<sup>2</sup>), por Augustina et al. (2023) para la madera Samana (48,523.80 kg/cm<sup>2</sup>), por Guerra (2019) para la madera de pino-Oocarpa con MOE de 87,435.91 kg/cm<sup>2</sup>, por Sanchez (2023) para la madera de Marupa que alcanza tan solo 58,793.33 kg/cm<sup>2</sup>, por Chura & Muchica (2020) cuya madera de pino alcanzaba MOE promedio de 76,601.80 kg/cm<sup>2</sup>, y los módulos de elasticidad de maderas naturales y tratadas analizadas por Kherais et al. (2024) que alcanzan, 114,310.19 kg/cm<sup>2</sup>. Pero cercanos, a los obtenidos por la madera de pino de Chalamarca estudiada por Vásquez & Silva (2023) que superaban el MOE de 90,000 kg/cm<sup>2</sup>, pero que en flexión estática el MOE fue de 55,000 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que, no comparte la misma clasificación que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”.

La madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de acuerdo al MOE se clasifica preliminarmente en el grupo A de acuerdo a la norma E.010 (MVCS, 2014), debido a que supera el MOE mínimo de 95,000 kg/cm<sup>2</sup>, pero en promedio también alcanza módulos de elasticidad superiores a 130,000 kg/cm<sup>2</sup>, tal como, la madera de eucalipto de Chalamarca estudiada por Chuquimango (2021) y la madera conchana de Choropampa estudiada por Sánchez (2023).

Este hallazgo destaca la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” como una opción viable para estructuras que requieran alta resistencia y rigidez. Además, las propiedades comparadas con las de vigas de madera contralaminadas (Wen & Xiao, 2023) confirman su competitividad en términos de capacidad de carga y resistencia a la flexión, compresión y tensión, por lo que, esta madera se puede utilizar favorablemente en usos estructurales para coberturas de edificaciones (Techos) como armadura, correas, uniones y/o ensamblajes.

A partir de las resistencias determinadas se calculan los esfuerzos admisibles a compresión, flexión, tensión y corte. Los cuales deben superar los límites dados en la norma E.010 (MVCS, 2014), para ser considerados dentro del grupo de clasificación A, B o C.

El esfuerzo admisible a compresión paralela y perpendicular promedio es de 186.15 y 41.60 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, por lo que supera la resistencia mínima de 145 y 40 kg/cm<sup>2</sup>, especificado para el grupo A, en el cual se clasifica según la norma E.010 (MVCS, 2014). Tal como, la madera de Paulownia que adquiere 193.75 kg/cm<sup>2</sup> de esfuerzo admisible a compresión paralela según Barbu et al. (2023). Pero superiores a la madera *pinus maximonoi* estudiada por Rosario (2023) que alcanza tan solo 107.10 kg/cm<sup>2</sup>, a la madera eucalipto de Chalamarca que alcanza 24.52 kg/cm<sup>2</sup> por Chuquimango (2021) y a la madera ecológica elaborada de bambú que alcanza 132.56 kg/cm<sup>2</sup> analizada por Barreto & Poicón (2020). Mientras que, la madera *pinus radiata* de Chalamarca estudiada por Vásquez & Silva (2023) alcanza esfuerzos admisibles de 90.25 y 112.53 kg/cm<sup>2</sup> a compresión paralela y perpendicular, respectivamente, por tanto, tiene capacidad mecánica a compresión paralela inferior a la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” y superior a compresión perpendicular. Así mismo, la

madera quinua de Lajas estudiada por Silva (2022) alcanzaba esfuerzo admisible a compresión paralela inferior ( $97.18 \text{ kg/cm}^2$ ), pero superior a compresión perpendicular ( $72.60 \text{ kg/cm}^2$ ) que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Conchán.

El esfuerzo admisible a tensión paralela y corte paralelo (cizallamiento) promedio es de  $188.85$  y  $20.57 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, por lo que supera la resistencia mínima de  $145$  y  $15 \text{ kg/cm}^2$ , especificado para el grupo A, en el cual se clasifica según la norma E.010 (MVCS, 2014). La tensión paralela de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil es mayor que, la madera marupa estudiada por Sanchez (2023) que tan solo alcanza  $21.30 \text{ kg/cm}^2$ , que la madera quinua de Lajas estudiada por Silva (2022) que tan solo alcanza  $66.12 \text{ kg/cm}^2$  a tensión paralela y  $17.60 \text{ kg/cm}^2$  a corte paralelo. Pero similares a el esfuerzo admisible a tensión paralela ( $163.15 \text{ kg/cm}^2$ ) determinado por Barreto & Poicón (2020) para la madera ecológica elaborada de bambú, a la madera de pino de Chalamarca ( $143.63 \text{ kg/cm}^2$  de esfuerzo admisible a tracción paralela) estudiada por Vásquez & Silva (2023) y a la madera sauce de Cabracancha estudiada por Burga (2022) que alcanza esfuerzos admisibles a tracción paralela de  $182.68 \text{ kg/cm}^2$ . Mientras que, a corte paralelo supera la capacidad admisible de otras maderas, como sauce que alcanza  $10.86 \text{ kg/cm}^2$  (Burga, 2022) y pino que alcanza  $8.10 \text{ kg/cm}^2$  (Vásquez & Silva, 2023).

El esfuerzo admisible a flexión estática promedio es de  $211.60 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que supera la resistencia mínima de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , especificado para el grupo A, en el cual se clasifica según la norma E.010 (MVCS, 2014). Pero es inferior al esfuerzo admisible de la madera sauce de Cabracancha estudiada por Burga (2022) que alcanzó  $255.89$  a  $373.01 \text{ kg/cm}^2$ , y a la capacidad mecánica ( $305.92$

kg/cm<sup>2</sup>) sugerida por Zhao et al. (2023) para su uso en armaduras que cubren grandes distancias, no obstante, el último autor argumenta que la rigidez puede incrementarse con un diseño estructural adecuado. Aunque alcanza mayores esfuerzos admisibles a flexión estática que la madera *pinus maximinoi* estudiada por Rosario (2023) que tan solo adquiere 132.10 kg/cm<sup>2</sup>, que la madera *pinus radiata* estudiada por Chura & Muchica (2020) que alcanza 89.09 kg/cm<sup>2</sup>, que la madera *pinus radiata* de Chalamarca analizada por Vásquez & Silva (2023) que tan solo adquiere 81.79 kg/cm<sup>2</sup> y que la madera quinua de Lajas que adquiere 105.98 kg/cm<sup>2</sup> de esfuerzo admisible a flexión según Silva (2022). Pero en todos los casos la madera puede ser utilizada para uso estructural, siempre y cuando se realice el diseño específico de la misma. Así lo demuestra, Sánchez (2023) quien utilizó la madera conchana de similar capacidad mecánica a flexión que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” como vigas, correas y armaduras para coberturas de un techo.

Los esfuerzos admisibles calculados para la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil, muestran que puede soportar cargas significativas, lo que la hace adecuada para usos estructurales. Comparativamente, los valores de esfuerzo admisible superan los reportados para maderas como la *Pinus maximinoi* (Rosales, 2023) y la Simarouba amara (Sanchez, 2023), que se utilizan en diversas aplicaciones constructivas. Estos resultados sugieren que la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” puede ser clasificada en un grupo de madera con alta capacidad estructural, similar a las maderas del grupo “A” como la Pona (Rubio, 2021), lo que proporciona una base sólida para su uso en la construcción de estructuras grandes y resistentes.

Utilizando los esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad y densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil se ha planteado su uso estructural en la conformación de techos deportivos, tal como, Robinson (2019) quien realizó el análisis estructural de la madera de San Paolo Fuori en cerchas, y Byzov et al. (2020) quien planteó el uso de la madera para formar vigas en I con esfuerzos admisibles adecuados para la construcción de viviendas de poca altura.

El diseño estructural de la cobertura de la losa deportiva se benefició de las propiedades mecánicas superiores de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”. Inspirándose en el trabajo de Murata (2019) con maderas de gran luz, se diseñó una estructura que maximiza la resistencia y rigidez de la “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”, garantizando estabilidad y durabilidad. Además, los resultados de estudios como el de Kabasakal et al. (2023) y Zhao et al. (2023) sobre vigas compuestas sugieren que el uso de materiales híbridos o tratamientos superficiales podría mejorar aún más el desempeño de la estructura. En comparación con otros materiales estructurales como el bambú (Barreto & Poicón, 2020) y la madera laminada (Parthasarathy et al., 2021), la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” ofrece una alternativa competitiva y sostenible para la construcción de coberturas, garantizando una estructura robusta y económica para la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau”.

Las derivas y deformaciones admisibles en la cobertura de madera de la losa deportiva cumplen con los lineamientos normativos tal como, Espitia & Tamayo (2021) quienes plantearon un sistema entramado liviano de madera para viviendas de mediana altura en Medellín. Siendo así, el coliseo de 40 m x 25.5 m con cobertura de madera integrada por armaduras, cerchas, uniones y una placa

base presenta derivas dentro del rango de las normas y manuales, cumpliendo con los criterios normativos, como el techo diseñado por Cruz (2020) con madera tornillo para una edificación de 10 m x 18 m, formando deriva elástica e inelástica de 0.0013 y 0.0068.

En conclusión, la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil presenta una alta densidad básica y excelentes propiedades mecánicas, haciéndola una opción viable y competitiva para aplicaciones estructurales de gran exigencia. Los esfuerzos admisibles calculados indican su capacidad para soportar cargas significativas, y su uso en el diseño de la cobertura de la losa deportiva demuestra su potencial en proyectos de construcción de gran escala y durabilidad. Estos resultados no solo destacan la importancia de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*”, sino que también abren nuevas posibilidades para su uso sostenible y eficiente en diversas aplicaciones estructurales.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

De forma general se ha concluido que, la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil – Conchán conserva valores de densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles que cumplen con los requisitos especificados en la norma E.010, para formar parte del grupo A de clasificación de la madera, permitiendo su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota. Siendo las conclusiones específicas:

- 1) La densidad básica de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” de Yaquil en promedio es  $1,000 \text{ kg/m}^3$ . Este valor sitúa a la madera dentro de la categoría de densidad alta/media (grupo A), lo que sugiere potencial y buena resistencia.
- 2) Las propiedades mecánicas de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” han sido evaluadas y los resultados indican que esta madera posee resistencia a la compresión paralela al grano de  $372.30 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a la compresión perpendicular al grano de  $66.56 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a la flexión estática de  $675.93 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a cizallamiento paralelo al grano de  $82.29 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a tracción paralela al grano de  $755.42 \text{ kg/cm}^2$ , resistencia a tracción perpendicular al grano de  $55.21 \text{ kg/cm}^2$  y módulos de elasticidad promedio de  $130,938.5$  a  $151,685.8 \text{ kg/cm}^2$ . Estos valores demuestran que la madera tiene una capacidad considerable para soportar cargas mecánicas, haciéndola adecuada para su uso en estructuras.

- 3) Los esfuerzos admisibles de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*", resultan en esfuerzo de compresión paralela admisible de  $186.15 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo a compresión perpendicular admisible de  $41.60 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo de flexión admisible de  $211.60 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo de cizallamiento paralelo al grano admisible de  $20.57 \text{ kg/cm}^2$ , esfuerzo de tracción paralela admisible de  $188.85 \text{ kg/cm}^2$ . Por lo que, se categorizan en el grupo A de acuerdo a la norma E.010.
- 4) Utilizando los datos obtenidos de las propiedades mecánicas de la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*", se ha planteado un diseño optimizado para la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario "Almirante Miguel Grau" de  $40 \text{ m} \times 25.5 \text{ m}$ . El diseño propuesto con correas de  $4'' \times 8''$ , brida superior de  $3'' \times 6''$ , brida inferior de  $3'' \times 8''$ , diagonal 1 de  $3'' \times 4''$  y diagonal 2 de  $3'' \times 6''$  y montante  $3'' \times 4''$ , asegura la estabilidad estructural y aprovechando al máximo las características inherentes de la madera para crear una estructura segura, funcional y estéticamente agradable para la comunidad educativa de Chota.

## **5.2. Recomendaciones y/o sugerencias**

Se recomienda utilizar la madera "*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*" para aplicaciones estructurales como vigas, correas y armaduras de madera para la construcción de coberturas de techo, previo diseño, modelamiento y análisis estructural, considerando la clasificación de la madera (grupo A).

Además, se sugiere implementar un control de calidad riguroso al momento de seleccionar la madera para asegurar que la densidad media especificada se mantenga consistente en todas las piezas utilizadas en la construcción de la cobertura.

Se sugiere llevar a cabo pruebas adicionales en diferentes condiciones ambientales para evaluar la variabilidad de las propiedades mecánicas bajo distintas situaciones climáticas. Esto ayudará a prever el comportamiento de la madera a largo plazo y garantizará que las estructuras construidas mantengan su integridad y seguridad a lo largo del tiempo.

Se recomienda utilizar los valores de esfuerzos admisibles obtenidos como referencia para la elaboración de manuales de diseño estructural específicos para esta madera. Asimismo, es importante considerar un factor de seguridad adecuado en el diseño de las estructuras para compensar posibles variaciones en las propiedades de la madera y asegurar la estabilidad estructural.

Se sugiere que el diseño propuesto sea revisado y validado por ingenieros estructurales experimentados antes de su implementación. Además, se recomienda realizar un prototipo a escala para evaluar la ejecución práctica del diseño y realizar ajustes si es necesario.

Por último, es importante establecer un programa de mantenimiento regular para la estructura de madera, asegurando así su durabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS

- Abad , H. L., & León, G. (2020). *Evaluación estructural de un domo de acero de grandes luces con cobertura flexible en Paita, Piura*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3555>
- Alarcón, J. E., & Olarte, J. F. (2013). *Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia del municipio de Pitalito-Huila*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrícola, Universidad Surcolombiana].
- Alonso, V. (2018). *Ley de Hooke*. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56089072/ley\\_de\\_hook-libre.pdf?1521349645=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLAS\\_FUERZAS\\_Y\\_SU\\_MEDICION\\_LE\\_Y\\_DE\\_HOOKE.pdf&Expires=1716862174&Signature=SL~aQ0JsX7B1L1HV BepwEX9VSvEcN-sBiKkOMuzkZb-cNhCdq0X](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56089072/ley_de_hook-libre.pdf?1521349645=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLAS_FUERZAS_Y_SU_MEDICION_LE_Y_DE_HOOKE.pdf&Expires=1716862174&Signature=SL~aQ0JsX7B1L1HV BepwEX9VSvEcN-sBiKkOMuzkZb-cNhCdq0X)
- Arriaga, F., Wang, X., Iñiguez-González, G., Llana, D. F., Esteban, M., & Niemz, P. (2023). Mechanical properties of wood: a review. *Forests*, 14(6), 1202. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f14061202>
- ASCE/SEI 7-16. (2017). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers (ASCE).
- Asociación del futbol argentino. (2011). *Reglamento General*. [https://www.afa.com.ar/upload/torneo/Reglamento\\_General\\_AFA.pdf](https://www.afa.com.ar/upload/torneo/Reglamento_General_AFA.pdf)
- Augustina, S., Marbun, S. S., Trisatya, D. R., Santoso, E. B., Pramadani, D., Afni, N., & Gerardin, P. (2023). Dimensional Stability and Mechanical Properties of Citric Acid Impregnated Samama Wood (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb) Havil) at High Curing Temperatures. *ournal of the Korean Wood Science and Technology*, 51(6), 431-446. <https://doi.org/https://doi.org/10.5658/WOOD.2023.51.6.431>
- Bacón, C., & Diaz, W. (2016). *Determinación de los esfuerzos admisibles d ela madera de Pino Radiata para el diseño de elementos estructurales para viviendas en Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16751/bacon\\_llc.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16751/bacon_llc.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Barbu, M. C., Tudor, E. M., Buresova, K., & Petutschnigg, A. (2023). Assessment of physical and mechanical properties considering the stem height and cross-section of paulownia tomentosa (thunb.) steud. x elongata (SY Hu) wood. *Forests*, 14(3), 589. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f14030589>
- Barreto , I., & Poicón, E. A. (2020). *Diseño estructural de una cubierta ecológica de Bambú para losas deportivas multiusos en la ciudad de Piura*. [Tesis de grado, Universidad Nacional César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54409>
- Belmonte, E., & Torres, T. (2020). *Teminología básica de uso común en botánica*. Universidad de Tarapacá. <http://sb.uta.cl/libros/MANUAL%20BOTANICA.pdf>
- Benitez, R. A. (2020). *Comportamento estrutural de painéis Cross-Laminated Timber sob cargas perpendiculares ao seu plano: abordagem experimental e numérica*.
- Burga, D. J. (2022). *Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce “Salix alba” en relación con su edad, C.P. Cabracancha, Chota, 2020*. [Tesis para optar título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/202>
- Byzov, V. E., Melekhov, V. I., & Toropov, A. S. (2020). Production of wooden I beams from angular elements for low-rise housing. *Materials Science and Engineering*, 896(1), 012048. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/896/1/012048/meta>
- Cabrera, V. H., & Vedoya, D. E. (2018). *Análisis de estructuras de tracción: modelos analógicos y lectura de la imagen. In X Congreso Regional de Tecnología enArquitectura*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71319>
- Calvo, C. F., Cotrina, A. D., Cuffre, A. G., Ott, M., Piter, J. C., Stefani, P. M., . . . Vivian, A. (2007). *Propiedades de hinchamiento y contracción en la madera de Eucalyptus grandis de argentina*. Argentina.
- Campos, R. (2007). *Madera*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Carballo, J. C., Isidro, E. P., Gómez, H. N., Álvarez, C. R., & Torres, G. R. (2022). Análisis de riesgo en puente peatonal tipo armadura utilizando sensores. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 9(18), 1-10.
- Chuquimango, A. (2021). *Evaluación De La Madera Eucalipto Con Fines Estructurales,Chalamarca (Sector Tierra Negra), Chota, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/173>

- Chura, N. S., & Muchica, J. (2020). *Factibilidad del uso de la madera Pinus radiata como material estructural para la construcción de tijerales en la región Puno*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4354>
- Claudet, A. (2015). *Coliseo deportivo multiusos en Lima Norte*. [Tesis de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas]. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/91411161/Proyecto\\_20profesional\\_20Augusto\\_20Claudet-libre.pdf?1663889607=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DColiseo\\_deportivo\\_multiusos\\_en\\_Lima\\_nort.pdf&Expires=1716914381&Signature=ICqUp5gXoc8kSrgOOWr](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/91411161/Proyecto_20profesional_20Augusto_20Claudet-libre.pdf?1663889607=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DColiseo_deportivo_multiusos_en_Lima_nort.pdf&Expires=1716914381&Signature=ICqUp5gXoc8kSrgOOWr)
- Cotrina, V. E. (2017). *Diseño de techo estructural parabólico usando el Reglamento Nacional de Edificaciones y el software SAP 2000 para el coliseo deportivo Juan Honores de la Provincia de Ascope - La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/23865>
- Crocetti, R. (2016). Large-span timber structures. *In Proceedings of the World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*, 1-23.
- da Silva, J. I. (2024). Vergalhões de GFRP em substituição aos de aço na armadura de concreto armado. *Revista Foco*, 17(3), e4705-e4715.
- De La Cruz, J. E. (2020). *Análisis comparativo económico entre un sistema estructural con diseño y un sistema convencional utilizando madera tornillo para el diseño de una iglesia con 180 m2 de un nivel en la localidad de San Martín de Pangoa*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3552>
- Del Real, Y. (2012). *Construcción de Casas de Madera*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Díaz, E., & Peñaloza, R. (2018). *Diseño a nivel de anteproyecto de un coliseo deportivo para la parroquia de Ricaurte considerando una configuración estructural adecuada*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31514>
- Dietsch, P., & Brandner, R. (2015). Self-tapping screws and threaded rods as reinforcement for structural timber elements – A state-of-the-art report. *Construction and Building Materials*(97), 78-89. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815004717>

- Dussán, J., Piedrahita, L., & Rojas, I. (2018). *Comparación de los métodos de diseño ASD y LRFD de una edificación de pórticos de madera con diagonales en Bogotá*. [Tesis de grado, Universidad la Gran Colombia]. [https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5322/Comparaci%c3%b3n\\_m%c3%a9todos\\_ASDyLRFD\\_edificaci%c3%b3n\\_p%c3%b3rticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5322/Comparaci%c3%b3n_m%c3%a9todos_ASDyLRFD_edificaci%c3%b3n_p%c3%b3rticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- El Peruano. (28 de diciembre de 2021). Envíos de maderas crecieron 32.2% reporte de Adex. *El Peruano*. [https://elperuano.pe/noticia/136269-envios-de-maderas-crecieron-322#:~:text=27%2F12%2F2021%20Las%20exportaciones,Asociaci%C3%B3n%20de%20Exportadores%20\(Adex\)](https://elperuano.pe/noticia/136269-envios-de-maderas-crecieron-322#:~:text=27%2F12%2F2021%20Las%20exportaciones,Asociaci%C3%B3n%20de%20Exportadores%20(Adex))
- Espitia, J., & Tamayo, V. (2021). *Factibilidad técnica y económica de un sistema de entramado liviano de madera para viviendas de mediana altura en las laderas de Medellín*. [Tesis de grado, Universidad EIA]. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/3410>
- Estrada, Z., & Bustamante, N. (2020). *Aserrado de la madera en bosques tropicales: Manual de campo frente al cambio climático*. Tercer Sol. <https://fliphtml5.com/qgpbd/sbao/basic/>
- FAO. (2019). *Estadísticas de productos forestales. Producción y consumo de productos forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>
- Fernández-Alonso, J., & Hernández-Schmidt, M. (2007). Catálogo de la flora vascular de la cuenca alta del río Subachoque (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia*, 29(1), 73-104.
- Field Museum of Natural History. (2022). *Myrcianthes rhapaloides (kunth) mcyaugh*. FIELD. <https://plantidtools.fieldmuseum.org/es/rrc/catalogue/158365>
- Fisher, J. M., & Kloiber, L. A. (2006). *Steel Design Ghide: Base Plate and Anchor Road Design, 2da edition*. American Institute of Steel Construction, Inc.
- Franco, J., Martínez, M., Hernández, L., Arévalo, D., Herrera, M., & Gómez, C. (2022). Análisis de la Resistencia a Corte de Conectores Tipo Ángulo en Losas de Hormigón Armado sobre Estructura Metálica. *Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad del Zulia*, 45(1). <https://doi.org/10.22209/rt.v45n1a04>

- Fuentes, E., Zaldumbide, P., & Moscoso, M. A. (2023). Barreras para introducir madera maciza en la construcción en Ecuador—estudio exploratorio: Limitaciones de la madera maciza en Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 15(2), 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v15i2.2985>
- Galambos, T. V. (1998). *Guide to stability design criteria for metal structures*. John Wiley & Sons. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W\\_a0-8wiHdwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Connections+are+critical+points+where+structural+elements+join+and+transfer+loads,+playing+an+essential+role+in+the+overall+stability+of+the+structure&ots=xU6o73u-mG&sig=vcMIBsGOqIUU](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=W_a0-8wiHdwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Connections+are+critical+points+where+structural+elements+join+and+transfer+loads,+playing+an+essential+role+in+the+overall+stability+of+the+structure&ots=xU6o73u-mG&sig=vcMIBsGOqIUU)
- González, E. (2016). *Estructuras de retícula triangular : transformaciones constructivas de las edificaciones*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/42929/>
- González, M. (2002). Aspectos éticos de la investigación cualitativa. *Revista Iberoamericana de educación*, 1(29), 85-103. <https://doi.org/https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/20984/rie29a04.pdf?sequen>
- Grande, N., & Grande, R. (2009). *Comparación del siseño de elementos de acero estructural por el metodo de esfuerzos admisibles (ASD) y el de factores de carga y resistencia (LRFD)*. [Tesis de grado, Universidad Del Salvador]. [https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2193/1/Comparaci%C3%B3n\\_del\\_dise%C3%B1o\\_de\\_elementos\\_de\\_acero\\_estructural\\_por\\_rel\\_m%C3%A9todo\\_de\\_esfuerzos\\_admisibles.pdf](https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2193/1/Comparaci%C3%B3n_del_dise%C3%B1o_de_elementos_de_acero_estructural_por_rel_m%C3%A9todo_de_esfuerzos_admisibles.pdf)
- Guarniz, C. A. (2020). *Resistencia a flexión de vigas macizas y vigas laminadas para dos tipos de maderas, en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/24776>
- Guerra, G. J. (2019). *Determinación de las propiedades mecánicas de la madera de la especie pino Oocarpa producida en la región suroeste de Chiquimula y su aplicación en vigas ensambladas tipo I*. [Maestría thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12359/>
- Guerrero, P. P., & Pozo, K. N. (2016). *Evaluación de la actividad antioxidante bioautográfica de cinco variedades de aceites esenciales andinos (Aristeguietia glutinosa; Myrcianthes rhopaloides; Ambrosia arborescens; Lantana camara; Minthostachys mollis)*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12184>

- Guffante, I. D. (2013). *Screening de Actividad Antioxidante y Citotóxica en Artemia salina de: Arcytophillum thymifolium, Salvia squalens, Justicia chlorostachya, Mycianthes rhopaloides, Dalea mutisii*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2559>
- Hernández, S. A. (2010). *Comportamiento elástico de la madera. Teoría y aplicaciones*. [Tesis de maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/174](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/174)
- Herrero, M. (2012). *Diseño y cálculo estructural de un estadio de futbol*. [Tesis de grado, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/6264>
- Hussein, M. M., Nassar, K., & Darwish, M. (2019). Mechanical properties of Egyptian casuarina wood. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(12), 04019293.
- INACAL. (25 de diciembre de 2015). NTP 251.013 MADERA. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (25 de diciembre de 2015). NTP 251.016 MADERA. Método para determinar la compresión perpendicular al grano. 3ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (20 de diciembre de 2016). NTP 251.009 MADERA Y CARPINTERÍA PARA CONSTRUCCIÓN. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. 2ª Edición. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (06 de septiembre de 2017). NTP 251.085 MADERAS. Determinación de la tensión paralela a las fibras. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (17 de julio de 2019). NTP 251.011 MADERA. Método para determinar la densidad. 3ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (17 de julio de 2019). NTP 251.017 MADERA. Método para determinar la flexión estática. 3ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (10 de julio de 2020). NTP 251.014 MADERA. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano. 4ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (04 de diciembre de 2020). NTP 251.086 MADERA. Determinación de la tensión perpendicular a las fibras. 3ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.

- INACAL. (08 de febrero de 2023). NTP 251.008 MADERA Y CARPINTERÍA PARA CONSTRUCCIÓN. Selección y colección de muestras. 3ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INEI. (2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares Acceso a servicios básicos. Censos nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística.
- Johansen, K. W. (1949). Theory of timber connections. *International Association of Bridge and Structural Engineering Publications*(9), 249-262. <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=bse-me-001%3A1949%3A9%3A%3A18>
- Junta de Acuerdo de Cartagena. (2022). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. <https://construccion suce.wordpress.com/2022/01/05/manual-de-diseno-para-maderas-del-grupo-andino/>
- Kabasakal, Y., Baysal, E., Babahan-Bircan, I., Altay, C., & Toker, H. (2023). Investigation of some physical and mechanical properties of wood coated with plant-oil based epoxide nanocomposite materials. *Progress in Organic Coatings*(107383), 176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107383>
- Kherais, M., Csébfalvi, A., Len, A., Fülöp, A., & Pál-Schreiner, J. (2024). The effect of moisture content on the mechanical properties of wood structure. *Pollack Periodica*, 19(1), 41-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1556/606.2023.00917>
- Lachaud, S., Catesson, A., & Bonnemain, J. (1999). Structure and functions of the vascular cambium. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 322(8), 633-650. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0764446999801036>
- López, B. J. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera "quinilla" manilkara bidentata como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019*. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1269>
- Lusambo, E. (2020). *Low-cost high-quality roof construction with round timber*. [Universidad de Zambia, Tesis de grado]. <http://dspace.unza.zm/handle/123456789/6752>
- Lusambo, E. (2020). *Low-cost high-quality roof construction with round timber*. [Tesis de grado, Universidad de Zambia]. <https://dspace.unza.zm/handle/123456789/6752>

- Maromi, I. (2010). *Norma E 010 Madera*. Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento.
- Mata, J. (2011). *Influencia de la humedad de la madera en la evaluación de las propiedades mecánicas del pino silvestre mediante técnicas no destructivas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. [https://oa.upm.es/36492/1/PFC\\_JAIME\\_DE\\_LA\\_MATA\\_JIMENEZ.pdf](https://oa.upm.es/36492/1/PFC_JAIME_DE_LA_MATA_JIMENEZ.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *La madera: Conceptos clave para su identificación botánica*. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/lamaderacuartas\\_baja\\_tcm30-536229.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/lamaderacuartas_baja_tcm30-536229.pdf)
- Molina, F. Q. (2016). La construcción con madera en la ciudad de Cuenca– Ecuador. *Estudios sobre Arte Actual*(4), 14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5634816>
- Moya-Roque, R., & González, G. (2013). Esfuerzos admisibles de diseño por grado estructural para nueve maderas de plantación de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11(26).
- Murata, R. (2019). Spanning 9m with various combinations of small and short lumber– Structural Design of Kindergarten in Date City. *In Proceedings of IASS Annual Symposia*(20), 1-6. <https://doi.org/https://congress.cimne.com/formandforce2019/admin/files/fileabstract/a253.pdf>
- MVCS. (2006). E.020 Cargas. En Minsiterio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-8). Instituto de la Construcción y Gerencia. [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2006\\_E\\_020.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_020.pdf)
- MVCS. (2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones, norma E.010 "Madera"*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/2018\\_E030\\_RM-355-2018-VIVIENDA\\_Peruano.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf)

- Ordoñez, P. K., & Lugo, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en Perú*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Ordoñez, P., & Lugo, Y. (2016). *Estructura de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6834/ORDO%c3%91EZ\\_PATRICIA\\_LUGO\\_YESSENIA\\_ESTRUCTURAS\\_MADERA\\_APLICADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6834/ORDO%c3%91EZ_PATRICIA_LUGO_YESSENIA_ESTRUCTURAS_MADERA_APLICADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pacheco, C. A. (2006). *Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra de la Guadua Angustifolia*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia].
- Parthasarathy, A., Mahalingam, S., Chethala, S., & Vidjeapriya, R. (2021). Comparative Analysis of 3D Steel and Glulam Trusses Using ABAQUS. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1197(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1197/1/012006>
- Pérez, A. (2014). *Comparación de ensayos a compresión de madera estructural mediante norma UNE y norma ASTM*. [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6569/TFM-L150.pdf?sequence=1>
- Pérez, M. d. (05 de diciembre de 2018). *Cuáles son las medidas de una cancha múltiple?* Parque y grama: <https://www.parqueygrama.com/cancha-multiple-medidas/>
- Perez, S. L. (2019). *Determinación de algunas propiedades mecánicas de la madera de la especie *Septotheca tessmannii* Ulbr (*Utucuro*), y su variabilidad en tres niveles longitudinales del fuste, procedentes de los distritos de Callería e tres niveles longitudinales del fuste*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4192>
- Pino, N. (2017). *Evaluación estructural y propuesta de reparación de una nave de madera laminada para el Campus Sur de la Universidad de Chile- Santiago*. [Tesis de grado, Universidad de Chile].
- Robinson, E. C. (2019). Structural análisis of Wood trusses of San Paolo Fuori Le Mura, Rome, Italy. *Structural Studies. Repairs and Maintenance of Heritage Rome*, 191(1), 163-173. <https://doi.org/10.2495/STR190141>
- Rosales, V. (2023). *Propiedades mecánicas de la madera de *Pinus maximinoi* de diecinueve años de Oxapampa-Perú*. [Tesis de grado, Universidad Agraria la Molina]. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Propiedades+mec%](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Propiedades+mec%)

- C3%A1nicas+de+la+madera+de+Pinus+maximinoi+de+diecinueve+a%C3%B1os+de+Oxapampa%E2%80%93Per%C3%BA&btnG=#d=gs\_cit&t=1716695909120&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3ArIjr6kEnhM4J%3Ascholar.google.
- Rubio, Y. A. (2021). *Análisis de densidad básica de la madera de Pona (Socratea Excorrhiza) y su categorización dentro de los grupos de la madera de acuerdo a la norma E.010, en el Valle del Monzón, provincia de Huamalies, departamento de Huánuco – 2019*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3118>
- Ruthes, H. C., Mascarenhas, F. J., Soares, L. S., Aquino, V. B., Arroyo, F. N., Fraga, I. F., & Lahr, F. A. (2022). Influence of moisture content on physical and mechanical properties of Vatairea SP wood. *Revista Árvore*, 46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1806-908820220000006>
- Saénz, A. M. (2014). *Análisis comparativo entre la aplicación del reglamento LFRD y el RNC-07 para el diseño sísmico de una estructura de madera de dos plantas considerando respuesta local de sitio en Managua, Nicaragua*. [Tesis de postgrado, Universidad Centroamericana]. <https://core.ac.uk/download/pdf/35141978.pdf>
- Sanchez, E. M. (2023). *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín-Distrito de Tournavista, Provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco*. [Tesis de grado, Universidad ]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3491525>
- Sánchez, L. (2023). *Caracterización física, mecánica y elástica de la madera "Clethra Obovata", utilizada como viga maciza en construcciones de viviendas, Choropampa, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/427>
- Schweingruber, F. H. (2007). *Wood structure and environment*. Springer Science & Business Media. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=t5fVEqRnyjoC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Wood+structure&ots=T2y9Su-ULi&sig=\\_QGUvBrTsm4PoTZfmjZIWCDGOCI#v=onepage&q=Wood%20structure&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=t5fVEqRnyjoC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Wood+structure&ots=T2y9Su-ULi&sig=_QGUvBrTsm4PoTZfmjZIWCDGOCI#v=onepage&q=Wood%20structure&f=false)

- Silva, L. E. (2022). *Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera Polylepis Multijuga, Olmos Alto, Lajas, Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/206>
- Sotomayor, J. (2014). *Caracterización mecánica de la madera con métodos no destructivos*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [http://www.fitecma.umich.mx/files/3414/4535/8032/Libro\\_CaracterizaciOn\\_mecAnica\\_de\\_la\\_madera\\_con\\_MND\\_\\_2014.pdf](http://www.fitecma.umich.mx/files/3414/4535/8032/Libro_CaracterizaciOn_mecAnica_de_la_madera_con_MND__2014.pdf)
- Su, P. (2015). *Sorption of Metal Ions to Wood, Pulp and Bark Materials*.
- The Plant List. (2013). *Myrcianthes rhopaloides (Kunth) McVaugh*. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-131772>
- Urban, C. A. (2013). Construcción de estructuras de madera. *Construcción de estructuras de madera*, 1-433.
- Valdera, C. A. (2020). *Comparación de las propiedades físico-mecánicas de las maderas eucalipto, tornillo y copaiba para encofrados en obra, 2019*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/26227>
- Vásquez, R., & Silva, J. (2023). Propiedades físico mecánicas de Pinusradiatay su aplicación en el diseño estructural de viviendas. *RevistaCienciaNor@ndina*, 6(2), 160-176. <https://doi.org/https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/177/277>
- Vedoya, D. E., Prat, E. S., Boccolini, V., & Morán, R. (2015). *Las leyes naturales del mínimo esfuerzo y de la economía de la sustancia aplicada a problemas de diseño de estructuras de grandes luces*. Universidad Nacional del Nordeste. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/28981>
- Vedoya, D., Prat, E., Boccolini, V., & Morán, R. (2015). *Las leyes naturales del mínimo esfuerzo y de la economía de la sustancia aplicada a problemas de diseño de estructuras de grandes luces*. Universidad Nacional del Nordeste. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/28981>
- Verástegui, M. (2016). *Determinación de esfuerzos admisibles en madera seca para las especies Mashonaste y Panguana*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/5465>
- Wang, J., Cao, X., & Liu, H. (2021). A review of the long-term effects of humidity on the mechanical properties of wood and wood-based products. *European Journal of*

- Wood and Wood Products*, 79(2), 245-259.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-020-01623-9>
- Wen, J., & Xiao, Y. (2023). The flexural behavior of cross laminated bamboo and timber (CLBT) and cross laminated timber (CLT) beams. *Construction and Building Materials*, 408(8), 133739.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133739>
- WWF. (25 de Octubre de 2021). Madera peruana, un recurso para construir un país sostenible. *Our News*. <https://www.wwf.org.pe/?370991/Madera-peruana-un-recurso-para-construir-un-pais-sostenible#:~:text=Solo%20en%20el%202020%2C%20la,Ecuador%20sus%2010%20principales%20mercados>
- Zhao, Y., Yuan, Y., Wang, C. L., & Meng, S. (2023). Experimental and finite element analysis of flexural performance of steel-timber composite beams connected by hybrid-anchored screws. *Engineering Structures*, 292, 116503.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116503>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### *Anexo A. Matriz de consistencia*

**Tesis:** Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**Tesista:** Elver Mejía Leiva

| Formulación del problema   | Objetivos   | Hipótesis   | Variables  | Dimensiones   | Metodología   |
|--|---|---|--|---|---|
| ¿Cuáles son los esfuerzos admisibles de la madera <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> del centro poblado Yaquil - Conchán, y en qué medida cumple con los requisitos de resistencia de la norma E.010 (MVCS, 2014) para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario? | <b>Objetivo General</b><br>Evaluar los esfuerzos admisibles de la madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau”, de la ciudad de Chota. | La madera <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> del centro poblado Yaquil - Conchán posee esfuerzos admisibles que cumplen con los requisitos de resistencia especificados en la norma E.010 (MVCS, 2014), permitiendo su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la Institución Educativa Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota. | Esfuerzos admisibles de la madera                        | Propiedades físicas de la madera                            | Enfoque: cuantitativo<br><br>Tipo: aplicada<br><br>Diseño de investigación: descriptivo, causal simple<br><br>Muestra: cinco árboles de “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del bosque montano del centro poblado Yaquil |
|  | <b>Objetivos Específicos</b><br>Determinar la densidad básica de la madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del centro poblado Yaquil.  |   |  | Propiedades mecánicas de la madera                          |   |
|  | Determinar las propiedades mecánicas (compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, cizallamiento paralelo al grano, tensión paralela a las fibras, tensión perpendicular a las fibras) de la madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del centro poblado Yaquil.         |   |  | Esfuerzos admisibles de la madera                           |   |
|  | Determinar los esfuerzos admisibles (compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, cizallamiento, tensión paralela) de la madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del centro poblado Yaquil.   |   |  | Clasificación estructural de la madera                      |   |
|  | Plantear el diseño de la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario “Almirante Miguel Grau” de la ciudad de Chota, utilizando la madera “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” del centro poblado Yaquil - Conchán.   |   | Utilización estructural en cobertura para losa deportiva | Diseño de la armadura de madera<br><br>Análisis estructural |   |

**Anexo B. Panel fotográfico**

Fotografía 1. Vista del Bosque de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



Fotografía 2. Árboles “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



Fotografía 3. Tesista en el Bosque de Árboles “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



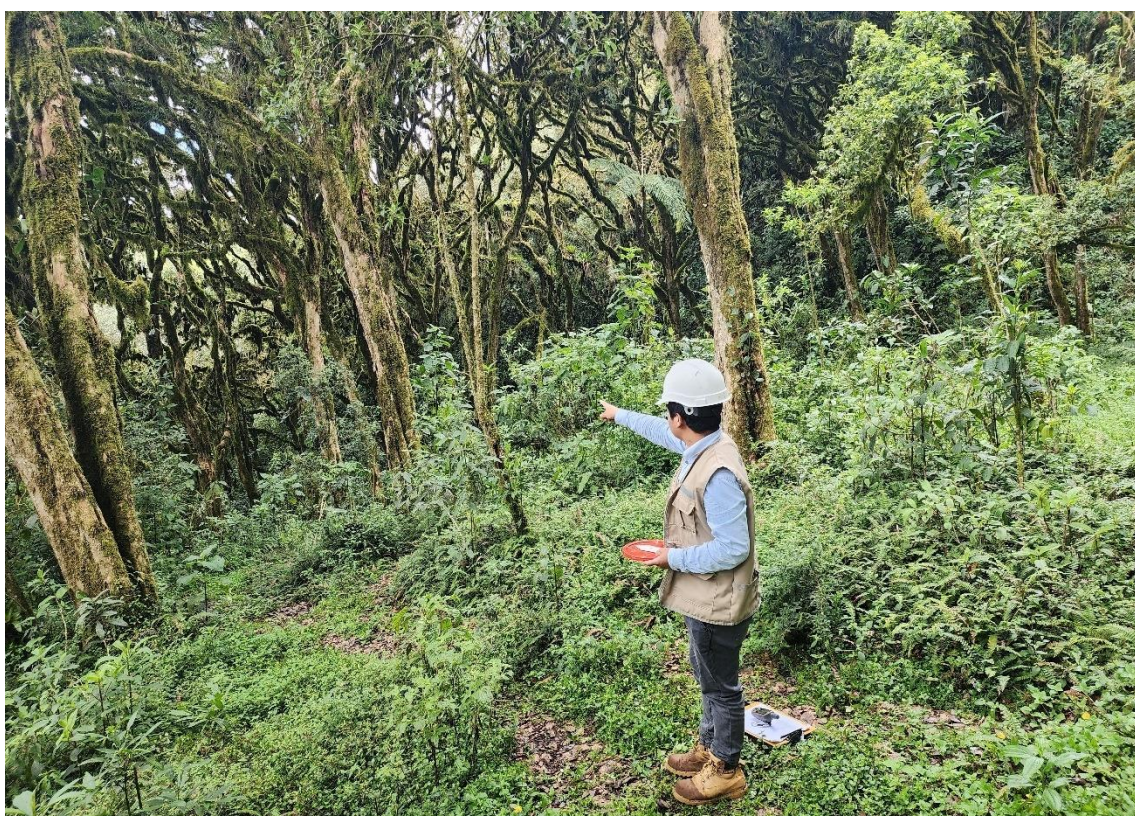
Fotografía 4. Recorrido inicial por el bosque de Árboles “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



Fotografía 5. Inicio del proceso de muestro en el bosque de Yaquil



Fotografía 6. Selección de la dirección que se tomará para encontrar el árbol de muestreo



Fotografía 7. Árbol 1 de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” que forma parte de la muestra



Fotografía 8. Árbol 2 de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” que forma parte de la muestra



Fotografía 9. Árbol 3 de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” que forma parte de la muestra



Fotografía 10. Árbol 4 de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” que forma parte de la muestra



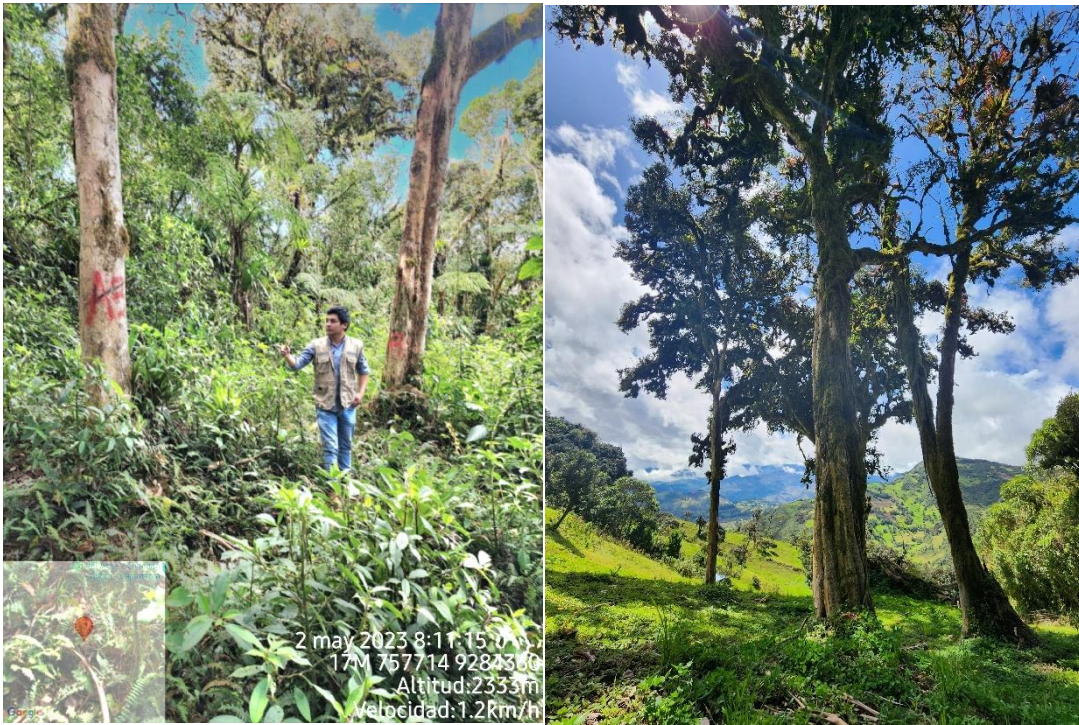
Fotografía 11. Árbol 5 de “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” que forma parte de la muestra



Fotografía 12. Proceso en el que se indicó que árboles forman parte de la muestra al equipo de tala



Fotografía 13. Corte de los árboles que forman parte de la muestra de estudio



Fotografía 14. Corte de los árboles que forman parte de la muestra de estudio



Fotografía 15. Indicaciones para el cortado de la madera en trozas



Fotografía 16. Cortado de trozas de la madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



Fotografía 17. Trozas de la madera “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)”



Fotografía 18. Demarcación para el corte de viguetas a partir de las trozas



Fotografía 19. Corte de viguetas a partir de las trozas de la madera



Fotografía 20. Viguetas obtenidas de la madera



Fotografía 21. Codificación de las viguetas obtenidas de la madera



Fotografía 22. Traslado de las viguetas de madera hacia la carpintería donde se elaborarán las probetas



Fotografía 23. Tesista en la carpintería donde se han elaborado las probetas



Fotografía 24. Probetas de madera cortadas para ser trasladadas a los respectivos laboratorios



Fotografía 25. Prueba del contenido de humedad en el serrín de la madera



Fotografía 26. Prueba del contenido de humedad en las probetas de madera

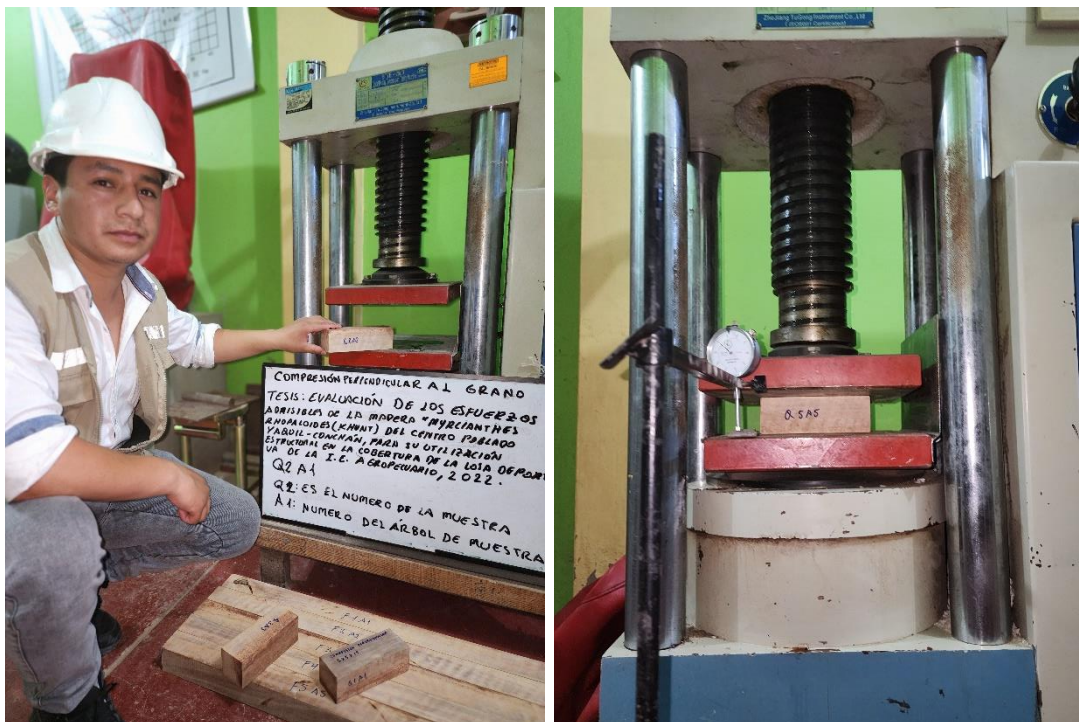




Fotografía 29. Probetas sometidas al ensayo de compresión paralela



Fotografía 30. Ensayo de compresión perpendicular en la madera



Fotografía 31. Probeta sometida a cargas de compresión perpendicular



Fotografía 32. Pesado de las probetas para la realización del ensayo de flexión estática



Fotografía 33. Relación del ensayo de flexión estática en la madera



Fotografía 34. Probetas en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo previo a la realización de los ensayos mecánicos



Fotografía 35. Probetas en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo previo a la realización de los ensayos mecánicos



Fotografía 36. Realización de los ensayos mecánicos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo



Fotografía 37. Vista longitudinal de la losa deportiva del colegio Agropecuario para la cual se ha diseñado su cobertura de madera



Fotografía 38. Vista diagonal de la losa deportiva del colegio Agropecuario para la cual se ha diseñado su cobertura de madera



### *Anexo C. Características visuales de los árboles del bosque*

Se identificaron y midieron árboles *Myrcianthes rhopaloides kunth*, de la familia Myrtaceae, genero *Myrcianthes*, del bosque de Yaquil, Conchán, al azar, a fin de determinar características superficiales de los mismos, como altura, diámetro, entre otras características visuales de la especie forestal.

**Tabla 54**

*Mediciones de los Árboles “Myrcianthes rhopaloides kunth” de Yaquil*

| N° | CAP (cm) | AT (m) | DAP (m) | AB (m2) |
|----|----------|--------|---------|---------|
| 1  | 134      | 15     | 0.427   | 0.143   |
| 2  | 92       | 20     | 0.293   | 0.067   |
| 3  | 104      | 14     | 0.331   | 0.086   |
| 4  | 128      | 6      | 0.407   | 0.130   |
| 5  | 120      | 25     | 0.382   | 0.115   |
| 6  | 140      | 20     | 0.446   | 0.156   |
| 7  | 105      | 27     | 0.334   | 0.088   |
| 8  | 132      | 21     | 0.420   | 0.139   |
| 9  | 136      | 27     | 0.433   | 0.147   |
| 10 | 115      | 20     | 0.366   | 0.105   |
| 11 | 153      | 21     | 0.487   | 0.186   |
| 12 | 128      | 17     | 0.407   | 0.130   |
| 13 | 172      | 29     | 0.547   | 0.235   |
| 14 | 190      | 27     | 0.860   | 0.300   |
| 15 | 180      | 25     | 0.650   | 0.273   |

Nota: CAP es la circunferencia del árbol a 1.30 m del suelo, AT es altura total, DAP es el diámetro del tronco del árbol, AB es el área basal del árbol.

*Anexo D. Resultados de los ensayos de laboratorio a la madera*



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

---

### REPORTE DE ENSAYOS EN MADERA

*“Myrcianthes rhopaloides (Khunt)”*

**Solicitante:**

ELVER MEJÍA LEIVA.

**Tesis:**

EVALUACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA “MYRCIANTHES RHOPALOIDES (KHUNT)” DEL CENTRO POBLADO YAQUIL - CONCHÁN, PARA SU UTILIZACIÓN ESTRUCTURAL EN LA COBERTURA DE LA LOSA DEPORTIVA DE LA I.E. AGROPECUARIO, 2022.

**Fecha:**

Mayo 2023.

**Laboratorio:**

Materiales compuestos.

**Condición:**

Todas las muestras fueron puestas en laboratorio.

**Normas utilizadas para la realización de ensayos:**

ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO - NTP 251.013.  
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP 251.010 -  
POSTERIOR AL ENSAYO DE CIZALLAMIENTO.

ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS - NTP 251.085.  
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP 251.010 -  
POSTERIOR AL ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.

TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS - NTP 251.086.  
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP 251.010 -  
POSTERIOR AL ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.

**Cantidad total de ensayos realizados:**

30 ensayos.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

### REPORTE DE ENSAYOS MADERA – 006 -2023



**CONDICIÓN:** Muestras puestas en laboratorio

**OBSERVACIÓN DE MUESTRAS:** Variabilidad de sección en muestras, desalineación de perforaciones; acondicionamiento a medidas según norma de ensayo. Las áreas de sección se utilizaron valores promedios según tipo de ensayo y medidas de muestras puestas en laboratorio.

**NORMA DE ENSAYO:** Norma técnica peruana (NTP)

**EQUIPO:** Maquina de ensayos universales – 60 Tn

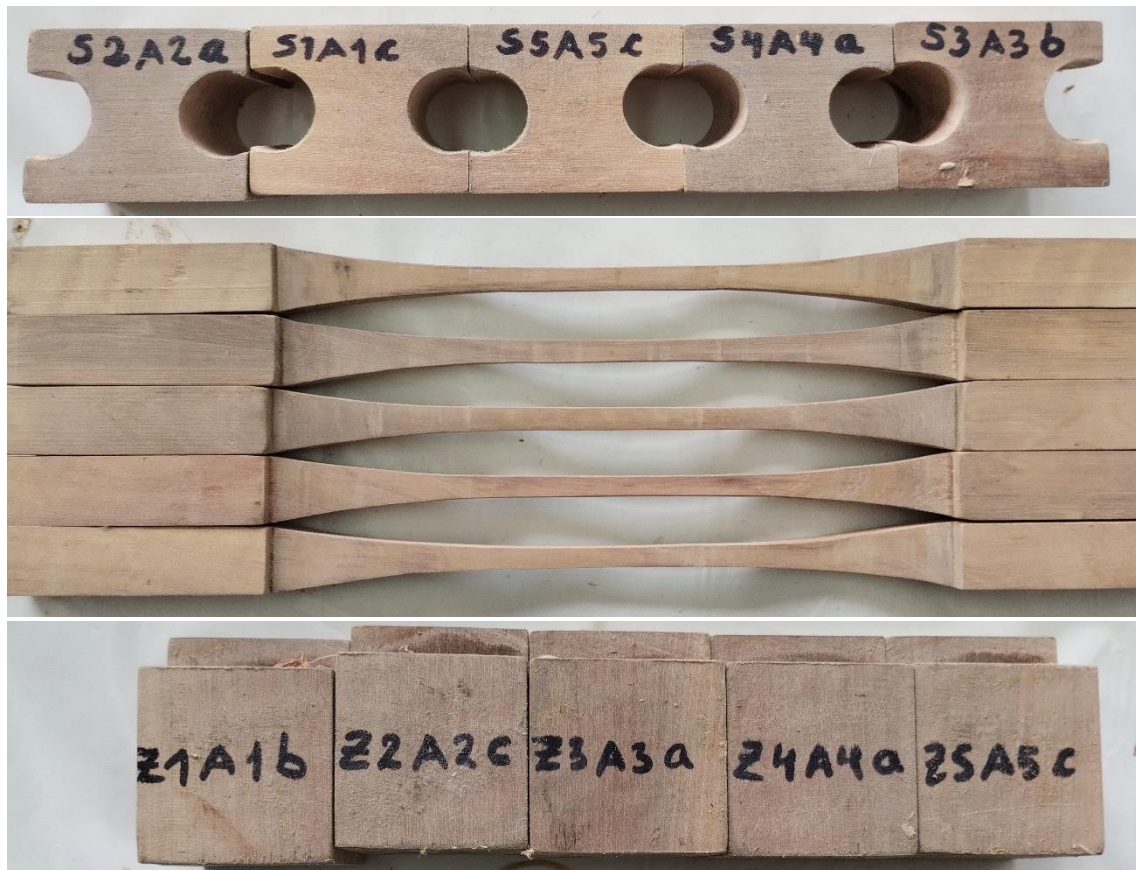


Fig. N°1. Muestras de madera *Myrcianthes rhopaloides*, puestas en laboratorio.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

### REPORTE DE ENSAYOS MADERA – 006 -2023



#### ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA (NTP 251.085)

Tabla N°1. Datos obtenidos de ensayo a tensión paralela a la fibra

| Código de muestra | Fuerza de ruptura (KN) | Área de Sección (mm <sup>2</sup> ) | Tensión de ruptura (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| T2A2A             | 3.3                    | 40.5                               | 80.99                    |
| T5A5C             | 3.0                    | 40.5                               | 73.09                    |
| T4A4A             | 3.1                    | 40.5                               | 77.53                    |
| T3A3C             | 3.1                    | 40.5                               | 76.05                    |
| T1A1B             | 3.4                    | 40.5                               | 83.95                    |

#### ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA (NTP 251.086)

Tabla N°2. Datos obtenidos de ensayo de tensión perpendicular a la fibra

| Código de muestra | Fuerza de ruptura (KN) | Área de Sección (mm <sup>2</sup> ) | Tensión de ruptura (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| S3A3B             | 6.2                    | 1250                               | 4.96                     |
| S5A5C             | 8.5                    | 1250                               | 6.80                     |
| S4A4A             | 7.5                    | 1250                               | 6.00                     |
| S1A1C             | 7.9                    | 1250                               | 6.32                     |
| S2A2A             | 8.3                    | 1250                               | 6.64                     |

#### ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013)

Tabla N°3. Datos obtenidos de ensayo de Cizallamiento paralelo al grano

| Código de muestra | Fuerza de ruptura (KN) | Área de Sección (mm <sup>2</sup> ) | Tensión de ruptura (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Z1A1B             | 24.2                   | 2500                               | 9.68                     |
| Z3A3A             | 23.5                   | 2500                               | 9.40                     |
| Z4A4A             | 25.7                   | 2500                               | 10.28                    |
| Z5A5C             | 22.8                   | 2500                               | 9.12                     |
| Z5A2C             | 18.4                   | 2500                               | 7.36                     |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

### REPORTE DE ENSAYOS MADERA – 006 -2023



#### CONTENIDO DE HUMEDAD MUESTRAS DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA (NTP 339.403)

Tabla N°4. Datos obtenidos para determinar contenido de humedad muestras tensión paralela

| Código de muestra | Masa inicial (g) | Masa final (g) | Contenido de humedad (%) |
|-------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| T2A2A             | 143.5716         | 134.77105      | 6.53                     |
| T5A5C             | 144.5123         | 135.045603     | 7.01                     |
| T4A4A             | 142.0913         | 132.957144     | 6.87                     |
| T3A3C             | 146.0946         | 136.562535     | 6.98                     |
| T1A1B             | 147.4874         | 137.774311     | 7.05                     |

#### CONTENIDO DE HUMEDAD MUESTRAS DE ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR (NTP 339.403)

Tabla N°5. Datos obtenidos para determinar contenido de humedad muestras tensión perpendicular

| Código de muestra | Masa inicial (g) | Masa final (g) | Contenido de humedad (%) |
|-------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| S3A3B             | 119.4606         | 111.770771     | 6.88                     |
| S5A5C             | 112.902          | 105.54548      | 6.97                     |
| S4A4A             | 113.0202         | 105.557299     | 7.07                     |
| S1A1C             | 113.2631         | 106.430276     | 6.42                     |
| S2A2A             | 113.9611         | 106.475848     | 7.03                     |

#### CONTENIDO DE HUMEDAD MUESTRAS DE ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 339.403)

Tabla N°6. Datos obtenidos para determinar contenido de humedad muestras cizallamiento



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

---

| Código de muestra | Masa inicial (g) | Masa final (g) | Contenido de humedad (%) |
|-------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| Z1A1B             | 137.907          | 128.63259      | 7.21                     |
| Z3A3A             | 151.9558         | 142.896182     | 6.34                     |
| Z4A4A             | 145.0167         | 136.795302     | 6.01                     |
| Z5A5C             | 139.3067         | 131.446216     | 5.98                     |
| Z5A2C             | 142.0715         | 133.350385     | 6.54                     |

Contenido de humedad (%) =  $[(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso final}] \times 100$

Donde:

Peso inicial: Peso de la muestra de madera en su estado inicial (peso húmedo).

Peso final: Peso de la muestra de madera completamente seca (peso seco).

Temperatura de secado: 100 °C

Tiempo de secado: 48 horas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento Académico de Ingeniería de Materiales**

**TENSIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” -  
 NTP 251.085**

|  |                     |
|--|---------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar  | N° DE ÁRBOL : 2     |
| NOMBRE CIENTÍFICO : “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” | MUESTRA N° : 2      |
| FAMILIA : Myrtaceae  | PROCEDENCIA : T2A2A |

T#: Número de la muestra.

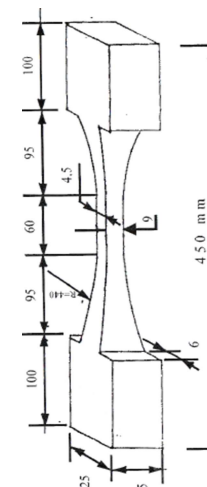
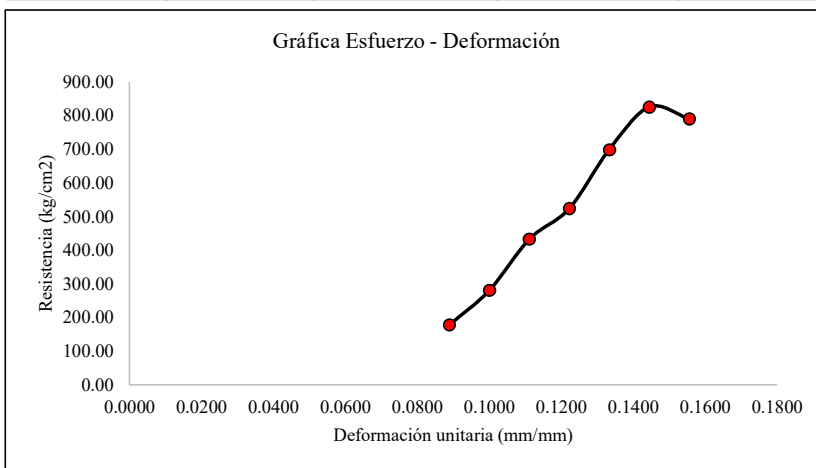
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Area de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm) L |
|---------|------------------|-------|------|---|------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                    |
| T2A2A   | 45.00            | 2.50  | 2.50 | 0.405                                   | 25                                 |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 72.31                 | 40.00               | 0.0889                      | 178.54                                   | 50,215.28                                   |
| 2  | 113.79                | 45.00               | 0.1000                      | 280.96                                   | 70,240.74                                   |
| 3  | 175.36                | 50.00               | 0.1111                      | 432.99                                   | 97,422.22                                   |
| 4  | 212.34                | 55.00               | 0.1222                      | 524.30                                   | 107,242.42                                  |
| 5  | 283.17                | 60.00               | 0.1333                      | 699.19                                   | 131,097.22                                  |
| 6  | 334.48                | 65.00               | 0.1444                      | 825.87                                   | 142,939.47                                  |
| 7  | 320.36                | 70.00               | 0.1556                      | 791.01                                   | 127,126.98                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 825.87 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 142,939.47 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” - NTP 251.085

|                   |  |             |         |
|-------------------|--|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                   | N° DE ÁRBOL | : 5     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” | MUESTRA N°  | : 5     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                  | PROCEDENCIA | : T5A5C |

T#: Número de la muestra.

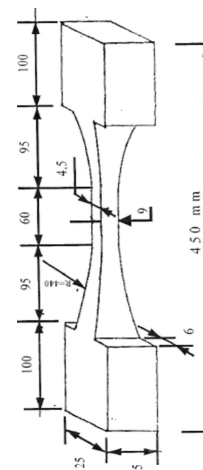
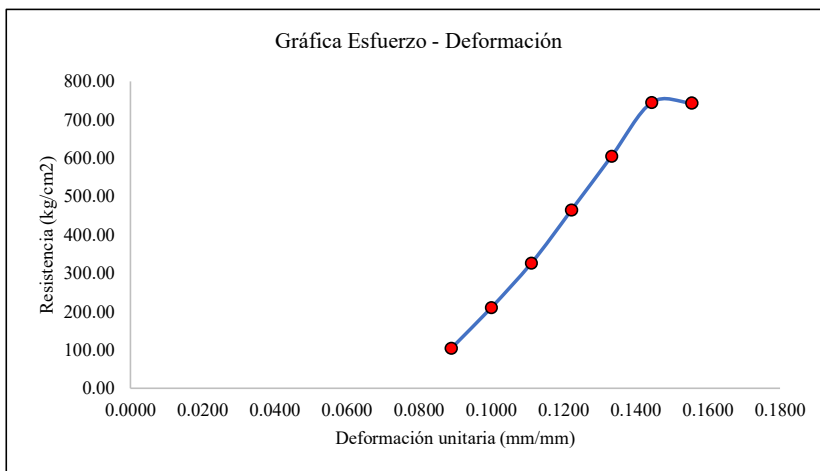
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| T5A5C   | 45.00            | 2.50  | 2.50 | 0.405                              | 25                          |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 42.25                 | 40.00               | 0.0889                      | 104.32                                   | 29,340.28                                   |
| 2  | 85.34                 | 45.00               | 0.1000                      | 210.72                                   | 52,679.01                                   |
| 3  | 132.36                | 50.00               | 0.1111                      | 326.81                                   | 73,533.33                                   |
| 4  | 188.28                | 55.00               | 0.1222                      | 464.89                                   | 95,090.91                                   |
| 5  | 245.26                | 60.00               | 0.1333                      | 605.58                                   | 113,546.30                                  |
| 6  | 301.85                | 65.00               | 0.1444                      | 745.31                                   | 128,996.76                                  |
| 7  | 301.36                | 70.00               | 0.1556                      | 744.10                                   | 119,587.30                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 745.31 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 128,996.76 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” - NTP 251.085

|                   |  |             |         |
|-------------------|--|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                   | Nº DE ÁRBOL | : 4     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” | MUESTRA Nº  | : 4     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                  | PROCEDENCIA | : T4A4A |

T#: Número de la muestra.

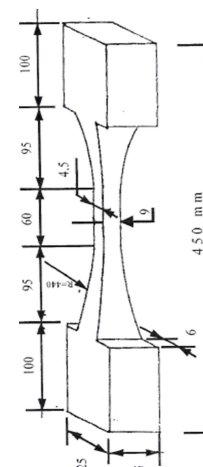
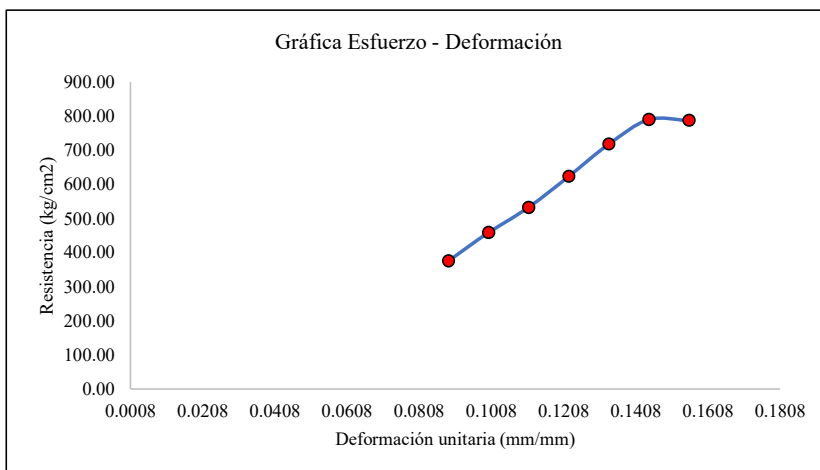
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| T4A4A   | 45.00            | 2.50  | 2.50 | 0.405                              | 25                          |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 152.33                | 40.00               | 0.0889                      | 376.12                                   | 105,784.72                                  |
| 2  | 185.87                | 45.00               | 0.1000                      | 458.94                                   | 114,734.57                                  |
| 3  | 215.86                | 50.00               | 0.1111                      | 532.99                                   | 119,922.22                                  |
| 4  | 252.65                | 55.00               | 0.1222                      | 623.83                                   | 127,601.01                                  |
| 5  | 291.05                | 60.00               | 0.1333                      | 718.64                                   | 134,745.37                                  |
| 6  | 320.19                | 65.00               | 0.1444                      | 790.59                                   | 136,834.22                                  |
| 7  | 319.23                | 70.00               | 0.1556                      | 788.22                                   | 126,678.57                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 790.59 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 136,834.22 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” - NTP 251.085

|                   |  |             |         |
|-------------------|--|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                   | Nº DE ÁRBOL | : 3     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” | MUESTRA Nº  | : 3     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                  | PROCEDENCIA | : T3A3C |

T#: Número de la muestra.

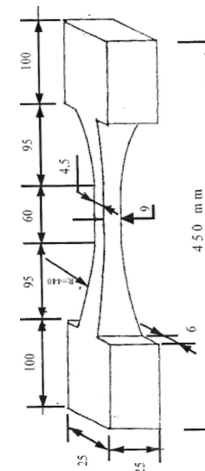
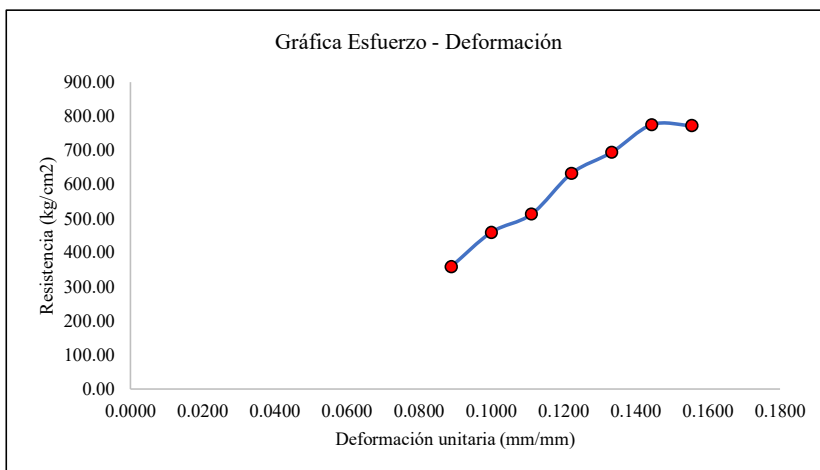
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Trozo del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| T3A3C   | 45.00            | 2.50  | 2.50 | 0.405                              | 25                          |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 145.63                | 40.00               | 0.0889                      | 359.58                                   | 101,131.94                                  |
| 2  | 186.23                | 45.00               | 0.1000                      | 459.83                                   | 114,956.79                                  |
| 3  | 207.86                | 50.00               | 0.1111                      | 513.23                                   | 115,477.78                                  |
| 4  | 256.23                | 55.00               | 0.1222                      | 632.67                                   | 129,409.09                                  |
| 5  | 281.37                | 60.00               | 0.1333                      | 694.74                                   | 130,263.89                                  |
| 6  | 314.08                | 65.00               | 0.1444                      | 775.50                                   | 134,221.73                                  |
| 7  | 313.03                | 70.00               | 0.1556                      | 772.91                                   | 124,218.25                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 775.50 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 134,221.73 Kg/cm <sup>2</sup> |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento Académico de Ingeniería de Materiales**

**TENSIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides (Khunt)*” -  
 NTP 251.085**

|                   |  |             |         |
|-------------------|--|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                   | Nº DE ÁRBOL | : 1     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides (Khunt)</i> ” | MUESTRA Nº  | : 1     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                  | PROCEDENCIA | : T1A1B |

T#: Número de la muestra.

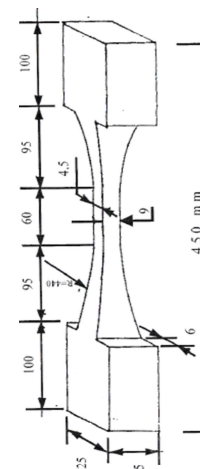
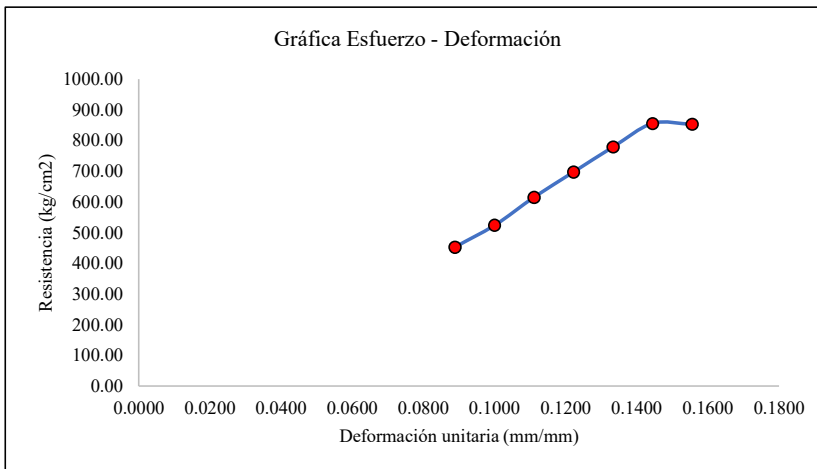
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| T1A1B   | 45.00            | 2.50  | 2.50 | 0.405                              | 25                          |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 183.49                | 40.00               | 0.0889                      | 453.06                                   | 127,423.61                                  |
| 2  | 212.37                | 45.00               | 0.1000                      | 524.37                                   | 131,092.59                                  |
| 3  | 249.13                | 50.00               | 0.1111                      | 615.14                                   | 138,405.56                                  |
| 4  | 282.63                | 55.00               | 0.1222                      | 697.85                                   | 142,742.42                                  |
| 5  | 315.63                | 60.00               | 0.1333                      | 779.33                                   | 146,125.00                                  |
| 6  | 346.70                | 65.00               | 0.1444                      | 856.05                                   | 148,162.27                                  |
| 7  | 345.84                | 70.00               | 0.1556                      | 853.93                                   | 137,238.10                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 856.05 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 148,162.27 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.086

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | Nº DE ÁRBOL | : 3     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA Nº  | : 3     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : S3A3B |

S#: Número de la muestra.

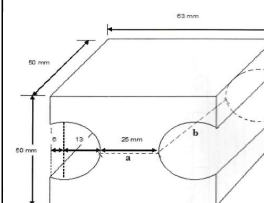
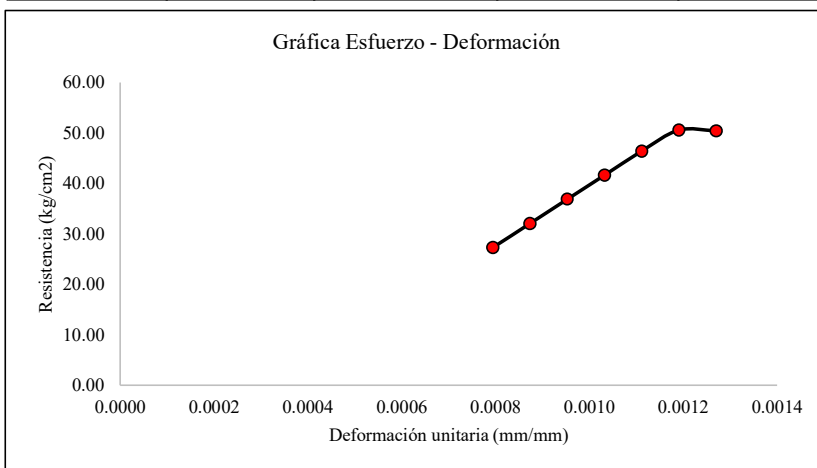
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm) L |
|---------|------------------|-------|------|---|------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                    |
| S3A3B   | 6.30             | 5.00  | 5.00 | 12.5                                    | 2.5                                |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 340.97                | 0.050               | 0.0008                      | 27.28                                    | 85,924.44                                   |
| 2  | 400.64                | 0.055               | 0.0009                      | 32.05                                    | 91,782.98                                   |
| 3  | 460.98                | 0.060               | 0.0010                      | 36.88                                    | 96,805.80                                   |
| 4  | 520.29                | 0.065               | 0.0010                      | 41.62                                    | 100,856.22                                  |
| 5  | 580.15                | 0.070               | 0.0011                      | 46.41                                    | 104,427.00                                  |
| 6  | 632.23                | 0.075               | 0.0012                      | 50.58                                    | 106,214.04                                  |
| 7  | 630.08                | 0.080               | 0.0013                      | 50.41                                    | 99,237.60                                   |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 50.58 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 106,214.04 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.086

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | N° DE ÁRBOL | : 5     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA N°  | : 5     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : S5A5C |

S#: Número de la muestra.

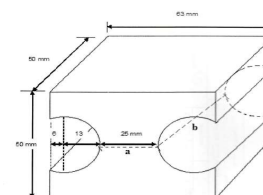
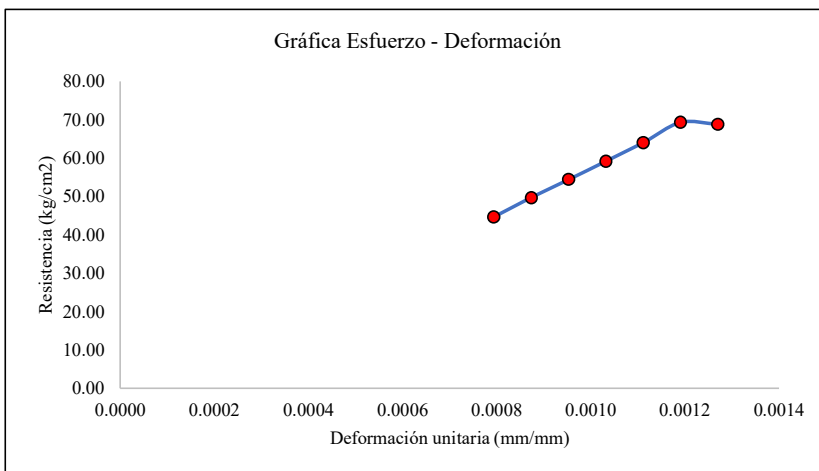
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| S5A5C   | 6.30             | 5.00  | 5.00 | 12.5                               | 2.5                         |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 558.42                | 0.050               | 0.0008                      | 44.67                                    | 140,721.84                                  |
| 2  | 621.47                | 0.055               | 0.0009                      | 49.72                                    | 142,373.13                                  |
| 3  | 680.79                | 0.060               | 0.0010                      | 54.46                                    | 142,965.90                                  |
| 4  | 740.18                | 0.065               | 0.0010                      | 59.21                                    | 143,481.05                                  |
| 5  | 800.54                | 0.070               | 0.0011                      | 64.04                                    | 144,097.20                                  |
| 6  | 866.76                | 0.075               | 0.0012                      | 69.34                                    | 145,616.02                                  |
| 7  | 860.45                | 0.080               | 0.0013                      | 68.84                                    | 135,520.88                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 69.34 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 145,616.02 Kg/cm <sup>2</sup> |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento Académico de Ingeniería de Materiales**

**TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.086**

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | Nº DE ÁRBOL | : 4     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA Nº  | : 4     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : S4A4A |

S#: Número de la muestra.

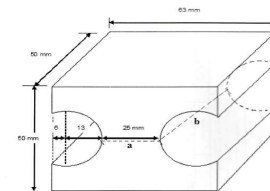
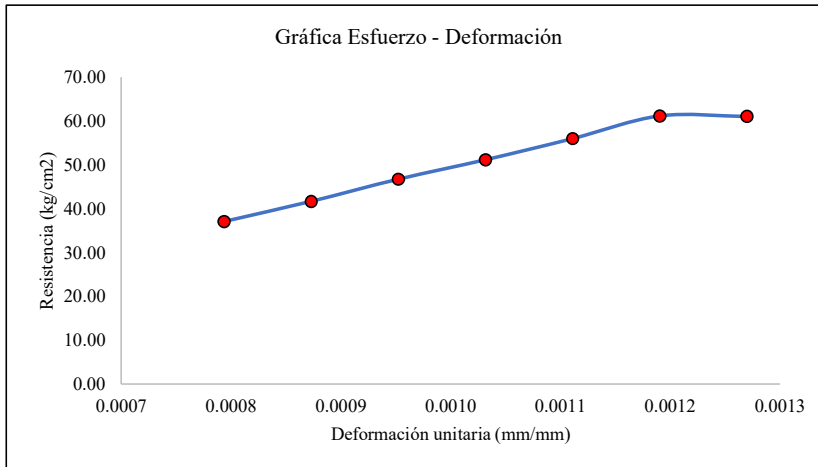
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| S4A4A   | 6.30             | 5.00  | 5.00 | 12.5                               | 2.5                         |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 464.12                | 0.050               | 0.0008                      | 37.13                                    | 116,958.24                                  |
| 2  | 521.15                | 0.055               | 0.0009                      | 41.69                                    | 119,390.73                                  |
| 3  | 584.59                | 0.060               | 0.0010                      | 46.77                                    | 122,763.90                                  |
| 4  | 640.28                | 0.065               | 0.0010                      | 51.22                                    | 124,115.82                                  |
| 5  | 700.26                | 0.070               | 0.0011                      | 56.02                                    | 126,046.80                                  |
| 6  | 764.79                | 0.075               | 0.0012                      | 61.18                                    | 128,484.72                                  |
| 7  | 763.54                | 0.080               | 0.0013                      | 61.08                                    | 120,257.55                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 61.18 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 128,484.72 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.086

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | Nº DE ÁRBOL | : 1     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA Nº  | : 1     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : S1A1C |

S#: Número de la muestra.

A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

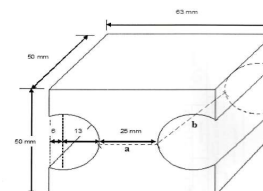
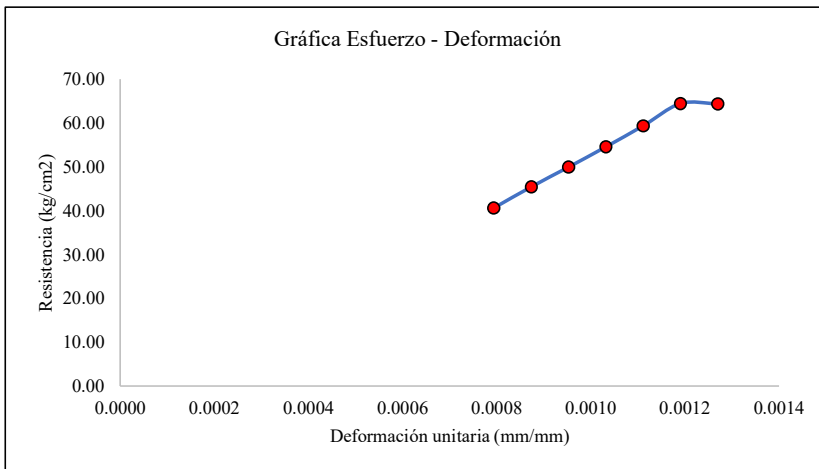
A,B,C: troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| S1A1C   | 6.30             | 5.00  | 5.00 | 12.5                               | 2.5                         |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 508.16                | 0.050               | 0.0008                      | 40.65                                    | 128,056.32                                  |
| 2  | 568.11                | 0.055               | 0.0009                      | 45.45                                    | 130,148.84                                  |
| 3  | 624.52                | 0.060               | 0.0010                      | 49.96                                    | 131,149.20                                  |
| 4  | 682.32                | 0.065               | 0.0010                      | 54.59                                    | 132,265.11                                  |
| 5  | 741.96                | 0.070               | 0.0011                      | 59.36                                    | 133,552.80                                  |
| 6  | 805.58                | 0.075               | 0.0012                      | 64.45                                    | 135,337.24                                  |
| 7  | 804.96                | 0.080               | 0.0013                      | 64.40                                    | 126,781.20                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 64.45 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 135,337.24 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

### TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.086

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | N° DE ÁRBOL | : 2     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA N°  | : 2     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : S2A2A |

S#: Número de la muestra.

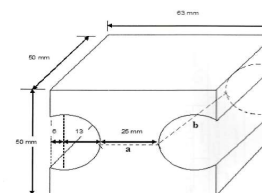
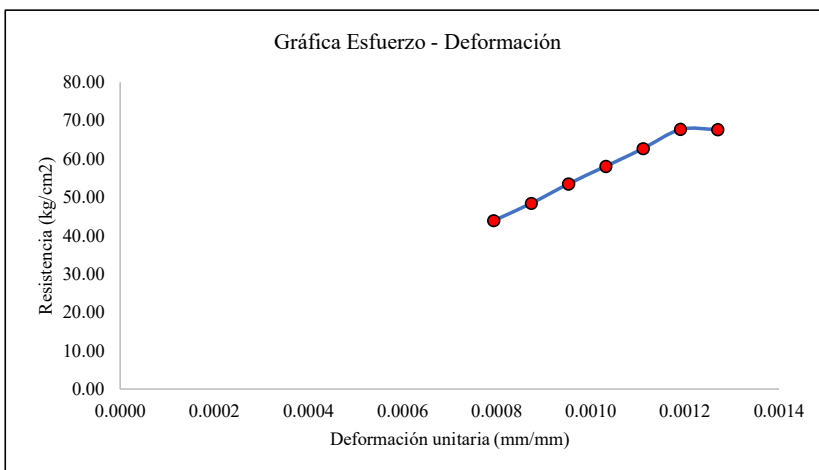
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| S2A2A   | 6.30             | 5.00  | 5.00 | 12.5                               | 2.5                         |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 549.43                | 0.050               | 0.0008                      | 43.95                                    | 138,456.36                                  |
| 2  | 605.14                | 0.055               | 0.0009                      | 48.41                                    | 138,632.07                                  |
| 3  | 668.95                | 0.060               | 0.0010                      | 53.52                                    | 140,479.50                                  |
| 4  | 726.23                | 0.065               | 0.0010                      | 58.10                                    | 140,776.89                                  |
| 5  | 784.13                | 0.070               | 0.0011                      | 62.73                                    | 141,143.40                                  |
| 6  | 846.37                | 0.075               | 0.0012                      | 67.71                                    | 142,189.76                                  |
| 7  | 845.81                | 0.080               | 0.0013                      | 67.66                                    | 133,215.08                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 67.71 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 142,189.76 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.013

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | Nº DE ÁRBOL | : 1     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA Nº  | : 1     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : Z1A1B |

Z#: Número de la muestra.

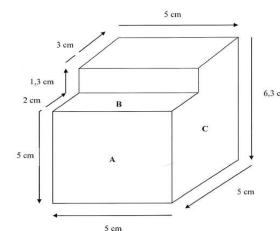
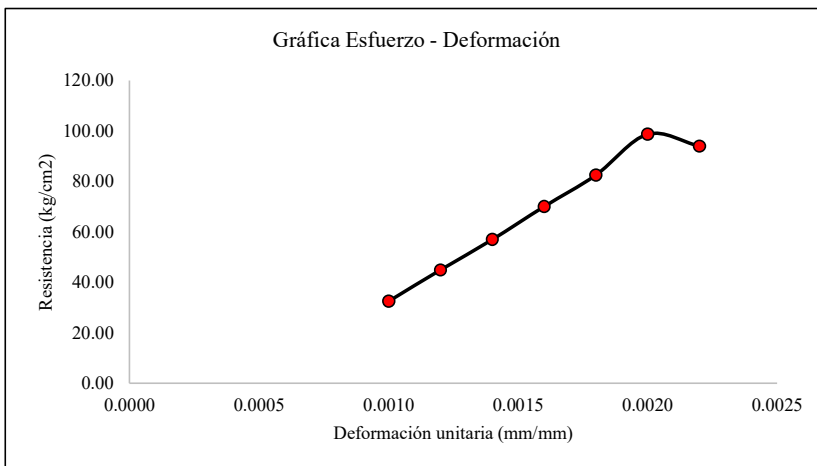
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm) L |
|---------|------------------|-------|------|---|------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                    |
| Z1A1B   | 5.00             | 5.00  | 5.00 | 25                                      | 3                                  |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 812.31                | 0.05                | 0.0010                      | 32.49                                    | 97,477.20                                   |
| 2  | 1123.79               | 0.06                | 0.0012                      | 44.95                                    | 112,379.00                                  |
| 3  | 1425.36               | 0.07                | 0.0014                      | 57.01                                    | 122,173.71                                  |
| 4  | 1752.34               | 0.08                | 0.0016                      | 70.09                                    | 131,425.50                                  |
| 5  | 2063.17               | 0.09                | 0.0018                      | 82.53                                    | 137,544.67                                  |
| 6  | 2467.72               | 0.10                | 0.0020                      | 98.71                                    | 148,063.34                                  |
| 7  | 2350.36               | 0.11                | 0.0022                      | 94.01                                    | 128,201.45                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 98.71 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 148,063.34 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.013

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | N° DE ÁRBOL | : 3     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA N°  | : 3     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : Z3A3A |

Z#: Número de la muestra.

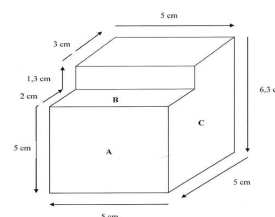
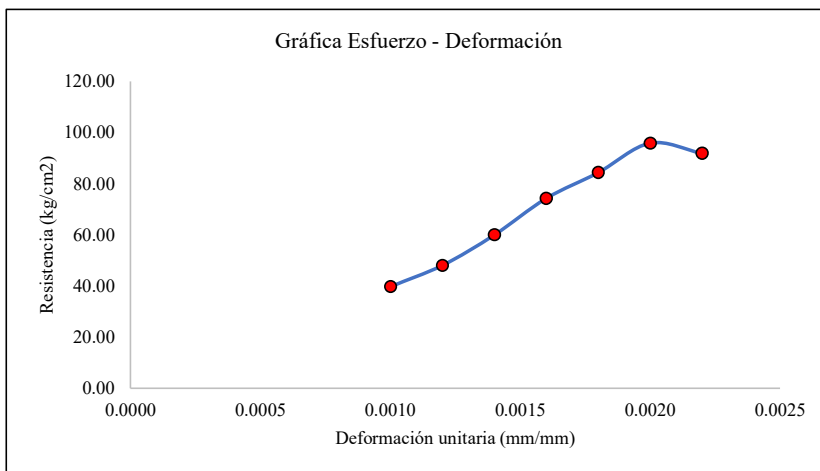
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| Z3A3A   | 5.00             | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 3                           |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 993.695               | 0.05                | 0.0010                      | 39.75                                    | 119,243.40                                  |
| 2  | 1202.717              | 0.06                | 0.0012                      | 48.11                                    | 120,271.70                                  |
| 3  | 1500.169              | 0.07                | 0.0014                      | 60.01                                    | 128,585.91                                  |
| 4  | 1857.847              | 0.08                | 0.0016                      | 74.31                                    | 139,338.53                                  |
| 5  | 2110.005              | 0.09                | 0.0018                      | 84.40                                    | 140,667.00                                  |
| 6  | 2396.34               | 0.10                | 0.0020                      | 95.85                                    | 143,780.52                                  |
| 7  | 2298.044              | 0.11                | 0.0022                      | 91.92                                    | 125,347.85                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 95.85 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 143,780.52 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.013

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | N° DE ÁRBOL | : 4     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA N°  | : 4     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : Z4A4A |

Z#: Número de la muestra.

A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

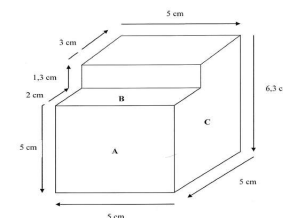
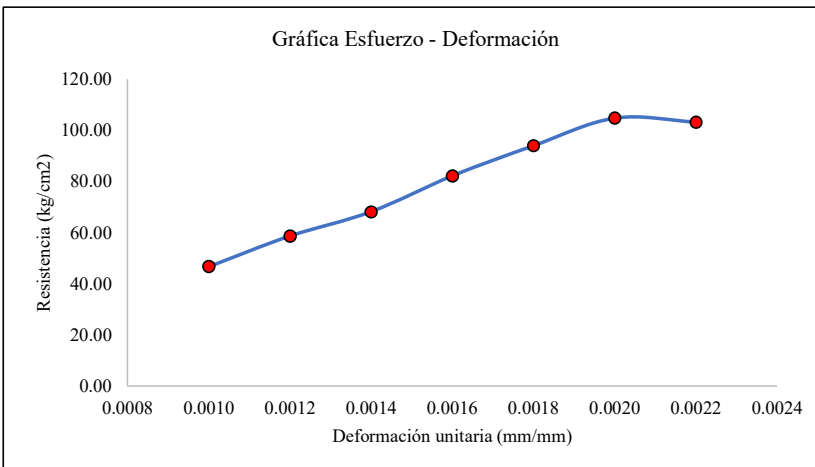
A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| Z4A4A   | 5.00             | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 3                           |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 1169.49               | 0.05                | 0.0010                      | 46.78                                    | 140,338.44                                  |
| 2  | 1467.14               | 0.06                | 0.0012                      | 58.69                                    | 146,714.30                                  |
| 3  | 1705.30               | 0.07                | 0.0014                      | 68.21                                    | 146,168.83                                  |
| 4  | 2055.16               | 0.08                | 0.0016                      | 82.21                                    | 154,137.23                                  |
| 5  | 2350.91               | 0.09                | 0.0018                      | 94.04                                    | 156,727.27                                  |
| 6  | 2620.68               | 0.10                | 0.0020                      | 104.83                                   | 157,240.82                                  |
| 7  | 2580.82               | 0.11                | 0.0022                      | 103.23                                   | 140,772.05                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 104.83 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 157,240.82 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.013

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | N° DE ÁRBOL | : 5     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA N°  | : 5     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : Z5A5C |

Z#: Número de la muestra.

A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

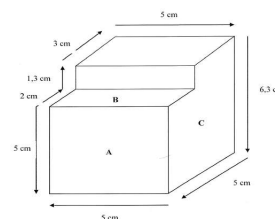
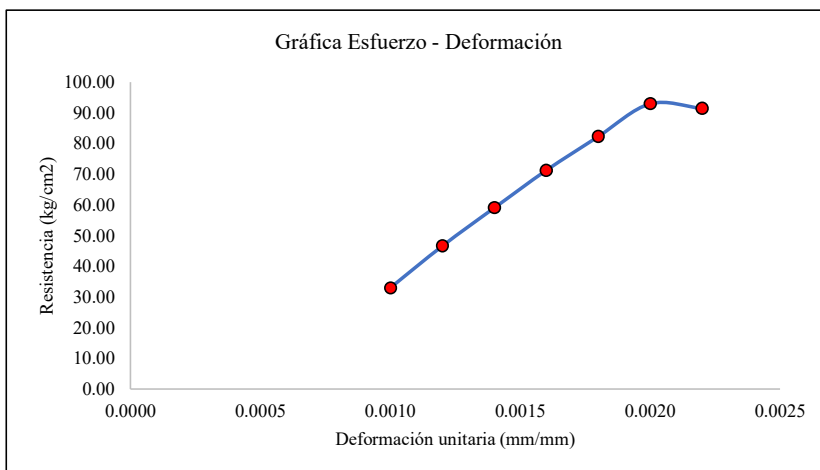
A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| Z5A5C   | 5.00             | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 3                           |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 824.17                | 0.05                | 0.0010                      | 32.97                                    | 98,900.04                                   |
| 2  | 1166.69               | 0.06                | 0.0012                      | 46.67                                    | 116,668.70                                  |
| 3  | 1476.82               | 0.07                | 0.0014                      | 59.07                                    | 126,584.49                                  |
| 4  | 1781.31               | 0.08                | 0.0016                      | 71.25                                    | 133,597.88                                  |
| 5  | 2058.26               | 0.09                | 0.0018                      | 82.33                                    | 137,217.20                                  |
| 6  | 2324.96               | 0.10                | 0.0020                      | 93.00                                    | 139,497.70                                  |
| 7  | 2287.79               | 0.11                | 0.0022                      | 91.51                                    | 124,788.62                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 93.00 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 139,497.70 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

### Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

#### CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL “*Myrcianthes rhopaloides* (Khunt)” - NTP 251.013

|                   |   |             |         |
|-------------------|---|-------------|---------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                                  | Nº DE ÁRBOL | : 2     |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : “ <i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Khunt)” | MUESTRA Nº  | : 2     |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                                 | PROCEDENCIA | : Z2A2C |

Z#: Número de la muestra.

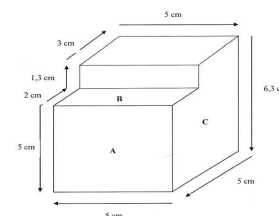
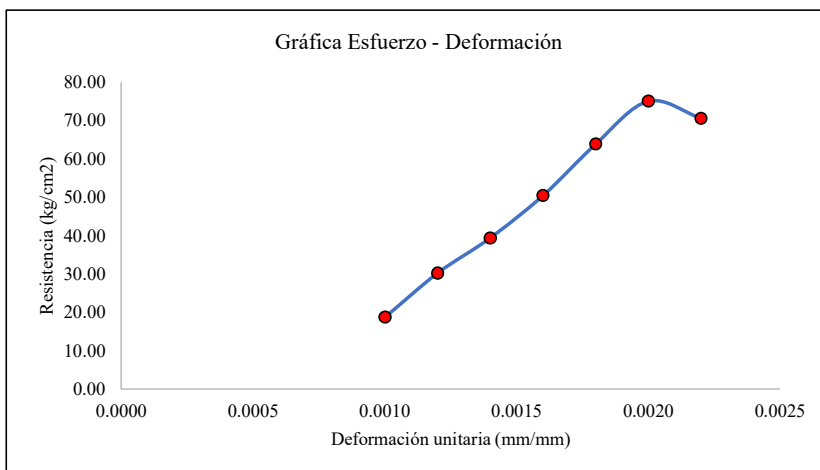
A#: Número de árbol del cual se ha tomado la muestra.

A,B,C: Troza del árbol del cual se ha tomado la muestra.

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|-----------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |                                    |                             |
| Z2A2C   | 5.00             | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 3                           |

| Nº | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 468.25                | 0.05                | 0.0010                      | 18.73                                    | 56,190.48                                   |
| 2  | 754.998               | 0.06                | 0.0012                      | 30.20                                    | 75,499.80                                   |
| 3  | 985.046               | 0.07                | 0.0014                      | 39.40                                    | 84,432.51                                   |
| 4  | 1261.389              | 0.08                | 0.0016                      | 50.46                                    | 94,604.18                                   |
| 5  | 1597.283              | 0.09                | 0.0018                      | 63.89                                    | 106,485.53                                  |
| 6  | 1876.28               | 0.10                | 0.0020                      | 75.05                                    | 112,577.09                                  |
| 7  | 1764.415              | 0.11                | 0.0022                      | 70.58                                    | 96,240.82                                   |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 75.05 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 112,577.09 Kg/cm <sup>2</sup> |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

---

### REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS:



Fig. N°2. Muestras de madera, ensayo de tensión paralela a la fibra Vista frontal



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

---

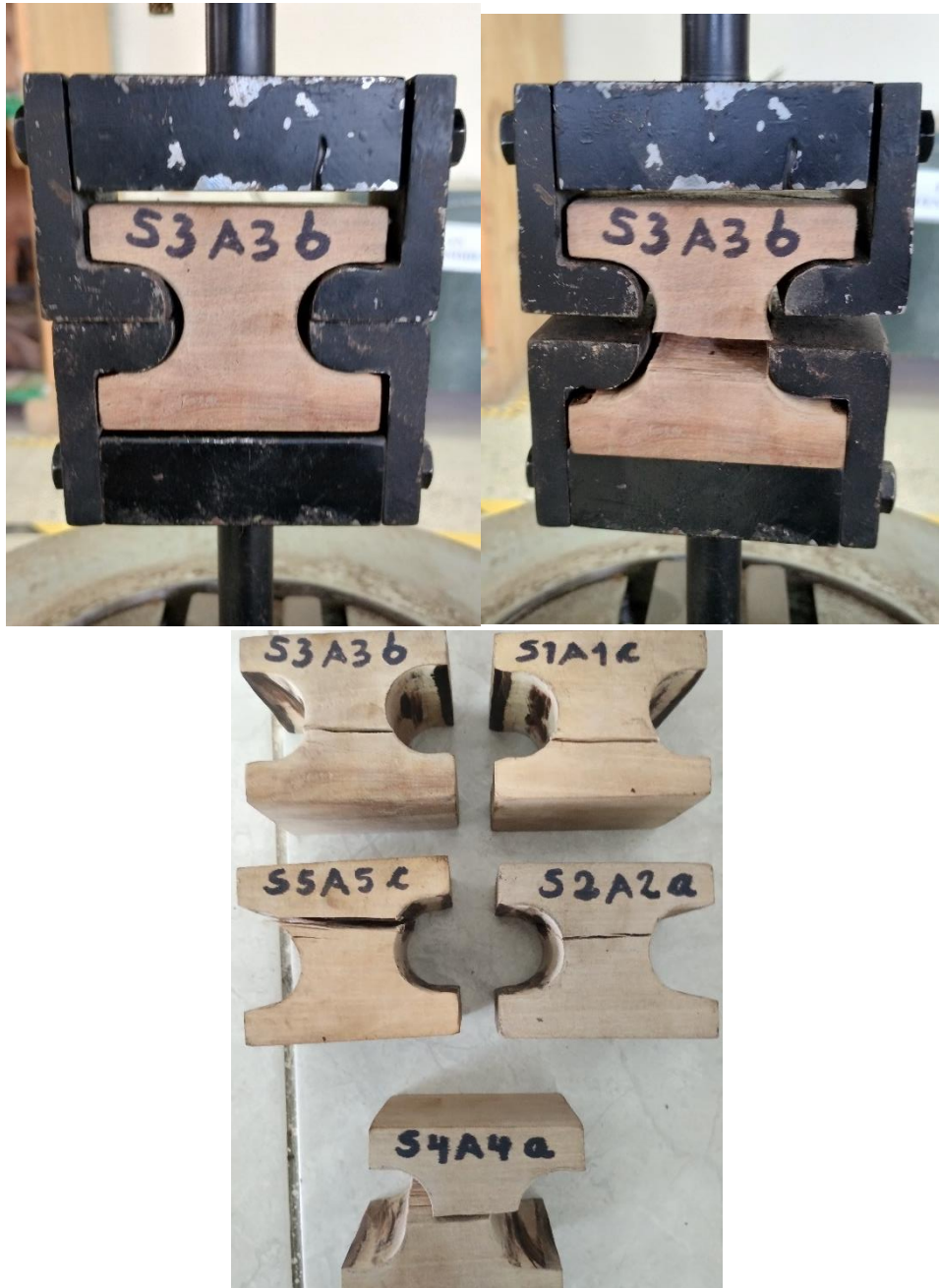


Fig. N°3. Muestras de madera, ensayo de tensión perpendicular a la fibra.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

## Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

---

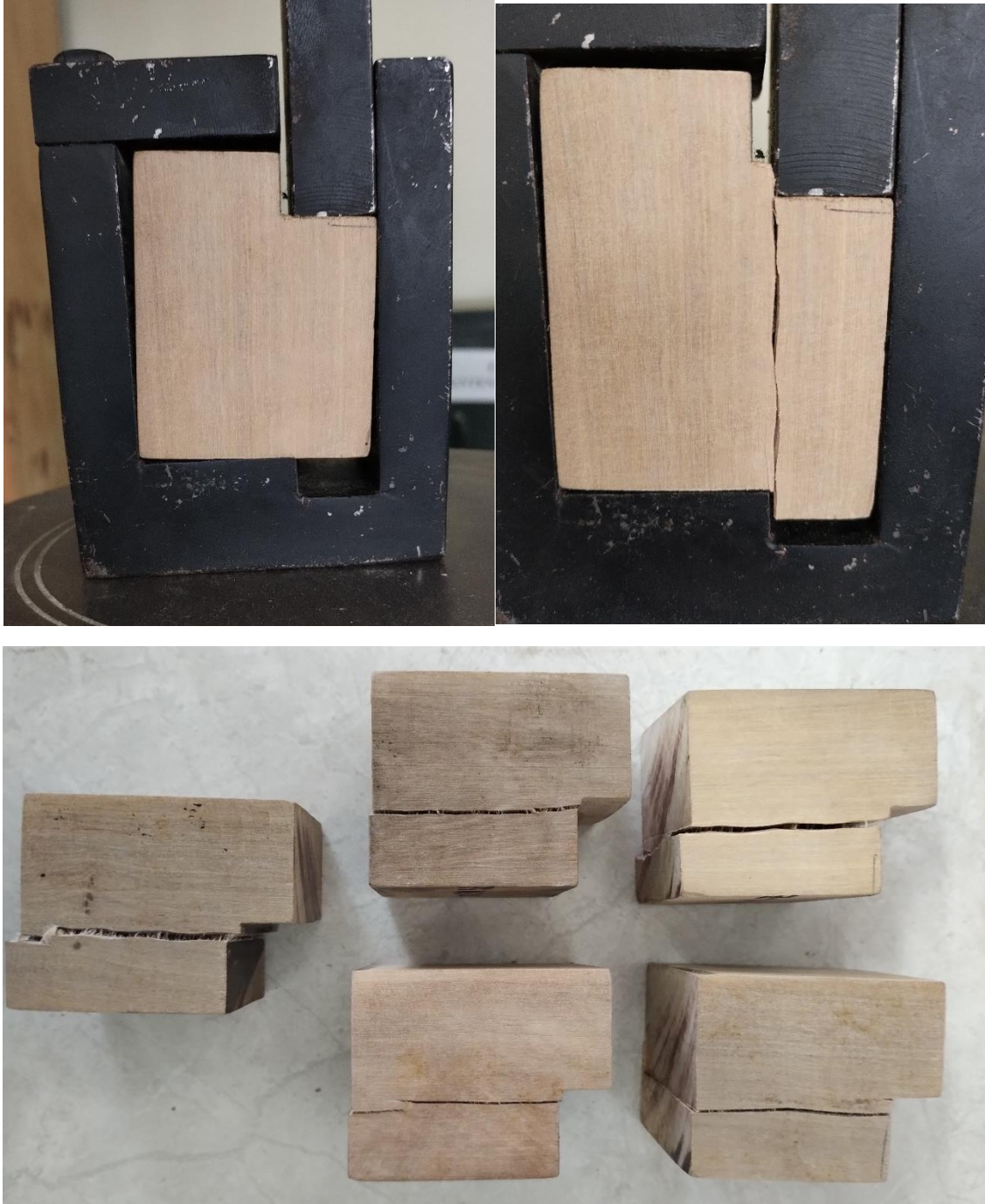


Fig. N°4. Muestras de madera, ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento Académico de Ingeniería de Materiales**



Fig. N°5. Muestras de madera, secado de muestras después de ensayos.



Fig. N°6. Ejemplos de toma de masa de muestras de madera.

**Dr. ALEXANDER YUSHEPY VEGA ANTICONA**  
**Jefe de Lab. Compuestos**



|  |   |  |
|--|---|--|
|                   | <b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b><br>Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE<br>RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI<br>Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM: #947009877 TELEF. 074-456484<br>CODIGO OSCE N° S0090112 |  |
|  | <b>LABORATORIO SEGENMA</b>  |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.010</b> |   |  |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA DEL ARBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.010**

Según la NTP 251.010, se utiliza la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad:

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

m1: es la masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m2: es la masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

| PROBETA | PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) - m1 | PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO (g) - m2 | TIEMPO (Horas-Según NTP 251.010) | T° (°C-Según NTP 251.010) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|---------|--|--|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| M1A1    | 229.31                                       | 214.17   | 3                                | 103                       | 7.069                    |
| M2A2    | 228.20                                       | 213.99   | 3                                | 103                       | 6.640                    |
| M3A3    | 228.97                                       | 214.14   | 3                                | 103                       | 6.925                    |
| M4A4    | 228.21                                       | 214.11   | 3                                | 103                       | 6.585                    |
| M5A5    | 229.13                                       | 214.12   | 3                                | 103                       | 7.010                    |
| M1bA1   | 229.16                                       | 214.13   | 3                                | 103                       | 7.019                    |
| M2bA2   | 228.41                                       | 214.16   | 3                                | 103                       | 6.654                    |
| M3bA3   | 228.78                                       | 213.98   | 3                                | 103                       | 6.917                    |

M#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

El ensayo de contenido de humedad se realizó con fracciones de aserrín contenidas en un tamiz de malla 40/60.



Leonidas Murga Vasquez  
TÉCNICO LABORATORISTA



Luis Suárez Vargas  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267

|   |  |  |
|---|--|--|
|              | <b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>   |  |
|   | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE<br>RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI<br>Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484<br>CODIGO OSCE N° S0090112 <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |  |
| <b>DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.011</b> |  |  |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I. ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.011**

Según la NTP 251.011, se utiliza la siguiente fórmula para determinar la densidad básica:

$$D = \frac{m}{v}$$

m: es la masa en gramos de la muestra

v: es el volumen en centímetros cúbicos de la muestra

**I. ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.011**

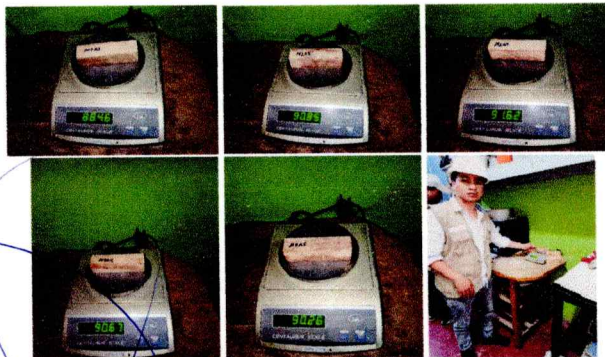
| PROBETA | DIMENSIONES (mm) |       |       | PESO (g) | VOLUMEN (cm <sup>3</sup> ) | DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|------------------|-------|-------|----------|----------------------------|-------------------------------|
|         | LARGO            | ANCHO | ALTO  |          |                            |                               |
| M1A1    | 100.05           | 29.90 | 29.90 | 88.46    | 89.45                      | 0.99                          |
| M2A2    | 100.10           | 30.10 | 30.10 | 90.85    | 90.69                      | 1.00                          |
| M3A3    | 100.20           | 30.10 | 30.20 | 91.62    | 91.08                      | 1.01                          |
| M4A4    | 100.10           | 30.00 | 30.10 | 90.67    | 90.39                      | 1.00                          |
| M5A5    | 100.00           | 30.12 | 30.00 | 90.26    | 90.36                      | 1.00                          |

M#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

El ensayo de densidad básica se realizó con probetas de 3 cm x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

**PANEL FOTOGRÁFICO:**



  
 Leonidas Murga Vasquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
 Luis Suárez Vargas  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267

|  |  |  |
|--|--|--|
|                           | <b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>   |  |
|  | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE<br>RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI<br>Email: leonidaservas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF 074-456484<br>CODIGO OSCE N° S0090112 <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |  |
| <b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014</b> |  |  |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I. ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014**

| PROBETA | DIMENSIONES (cm) |       |      | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA MÁXIMA (Kg-f) | RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|------------------|-------|------|-------------------------|---------------------|--|
|         | LARGO            | ANCHO | ALTO |                         |                     |  |
| C1A1    | 20.00            | 5.00  | 5.00 | 25.00                   | 9533.53             | 381.34                                   |
| C2A2    | 20.00            | 5.01  | 5.00 | 25.05                   | 9843.42             | 392.95                                   |
| C3A3    | 20.01            | 5.00  | 5.01 | 25.05                   | 9254.50             | 369.44                                   |
| C4A4    | 20.00            | 5.00  | 5.00 | 25.00                   | 9881.05             | 395.24                                   |
| C5A5    | 20.00            | 5.02  | 5.02 | 25.20                   | 9497.64             | 376.88                                   |

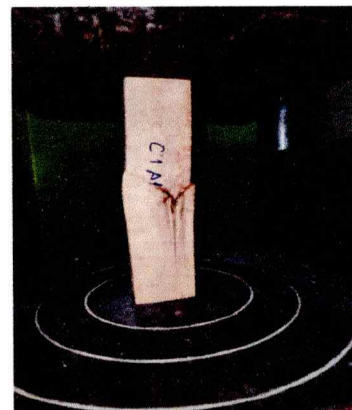
C#: Número de la probeta


A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

El ensayo de compresión paralela al grano se realizó con probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 20 cm de longitud (luz 15 cm) bajo el método primario.

**PANEL FOTOGRÁFICO:**

Durante la realización del ensayo:



  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



Después de la realización del ensayo:



*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasnvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 251.010 - POSTERIOR AL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO**

Inmediatamente después del ensayo de COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO se determina el contenido de humedad. Según la NTP 251.010, se utiliza la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad:

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

m1: es la masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m2: es la masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

| PROBETA | PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) - m1 | PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO (g) - m2 | TIEMPO (Horas-Según NTP 251.010) | T° (°C-Según NTP 251.010) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|---------|--|--|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| C1A1    | 540.97                                       | 506.06   | 3                                | 103                       | 6.90                     |
| C2A2    | 543.97                                       | 511.59   | 3                                | 103                       | 6.33                     |
| C3A3    | 544.18                                       | 508.55   | 3                                | 103                       | 7.01                     |
| C4A4    | 542.12                                       | 508.56   | 3                                | 103                       | 6.60                     |
| C5A5    | 542.01                                       | 506.03   | 3                                | 103                       | 7.11                     |

C#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

**PANEL FOTOGRÁFICO:**



  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|                           | <b>SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b> |                            |
|  | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE                    |                            |
|  | RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI                                   |                            |
|  | Email: leonidasmv@hotmail.com  | RPM: #947009877            |
| CODIGO OSCE N° S0090112  |  | <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |
| <b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014</b> |  |                            |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

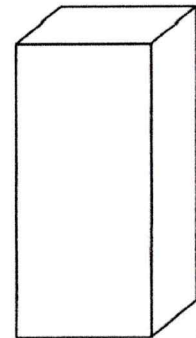
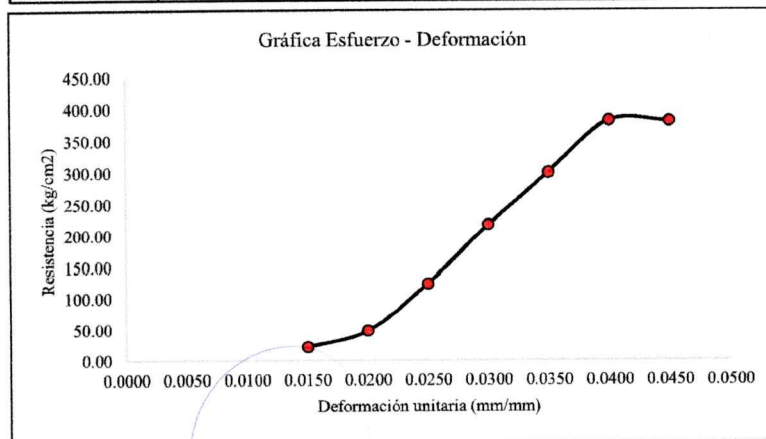
|                          |                                     |                    |        |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------|
| <b>NOMBRE COMÚN</b>      | : Chilimar                          | <b>N° DE ÁRBOL</b> | : 1    |
| <b>NOMBRE CIENTÍFICO</b> | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | <b>MUESTRA N°</b>  | : 1    |
| <b>FAMILIA</b>           | : Myrtaceae                         | <b>PROCEDENCIA</b> | : CIAI |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| CIAI    | 20.00            | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 15                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 522.91                | 3.00                | 0.0150                      | 20.92                                    | 20,916.40                                   |
| 2  | 1196.24               | 4.00                | 0.0200                      | 47.85                                    | 35,887.20                                   |
| 3  | 3078.65               | 5.00                | 0.0250                      | 123.15                                   | 73,887.60                                   |
| 4  | 5414.29               | 6.00                | 0.0300                      | 216.57                                   | 108,285.80                                  |
| 5  | 7494.31               | 7.00                | 0.0350                      | 299.77                                   | 128,473.89                                  |
| 6  | 9533.53               | 8.00                | 0.0400                      | 381.34                                   | 143,002.95                                  |
| 7  | 9507.32               | 9.00                | 0.0450                      | 380.29                                   | 126,764.27                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 381.34 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 143,002.95 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|                           | <b>SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b> |                            |
|  | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE                    |                            |
|  | RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI                                   |                            |
|  | Email: leonidasymas@hotmail.com  | RPM: #947009877            |
| CODIGO OSCE N° S0090112  |  | <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |
| <b>COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014</b> |  |                            |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

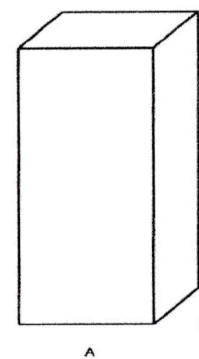
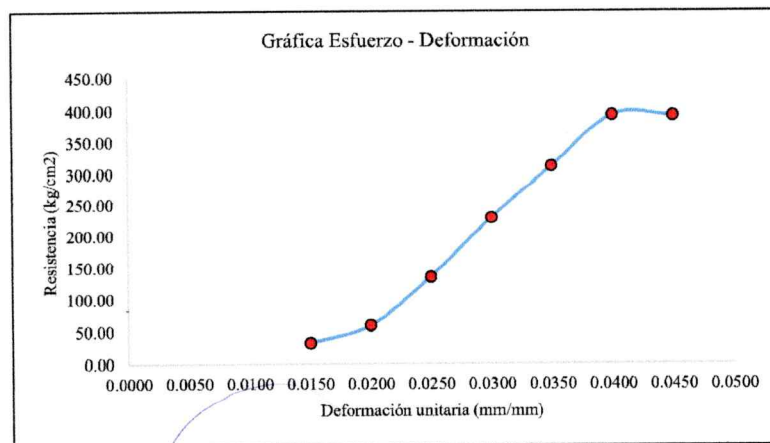
|                          |                                     |                    |        |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------|
| <b>NOMBRE COMÚN</b>      | : Chilimar                          | <b>N° DE ÁRBOL</b> | : 2    |
| <b>NOMBRE CIENTÍFICO</b> | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | <b>MUESTRA N°</b>  | : 2    |
| <b>FAMILIA</b>           | : Myrtaceae                         | <b>PROCEDENCIA</b> | : C2A2 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| C2A2    | 20.00            | 5.01  | 5.00 | 25.05                              | 15                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 826.41                | 3.00                | 0.0150                      | 32.99                                    | 32,990.42                                   |
| 2  | 1498.07               | 4.00                | 0.0200                      | 59.80                                    | 44,852.40                                   |
| 3  | 3381.19               | 5.00                | 0.0250                      | 134.98                                   | 80,986.59                                   |
| 4  | 5721.85               | 6.00                | 0.0300                      | 228.42                                   | 114,208.58                                  |
| 5  | 7803.4                | 7.00                | 0.0350                      | 311.51                                   | 133,505.56                                  |
| 6  | 9843.42               | 8.00                | 0.0400                      | 392.95                                   | 147,356.59                                  |
| 7  | 9817.56               | 9.00                | 0.0450                      | 391.92                                   | 130,639.52                                  |



|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <b>RESISTENCIA MÁXIMA</b>    | 392.95 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| <b>MÓDULO DE ELASTICIDAD</b> | 147,356.59 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFA

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasymas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

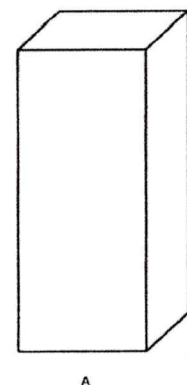
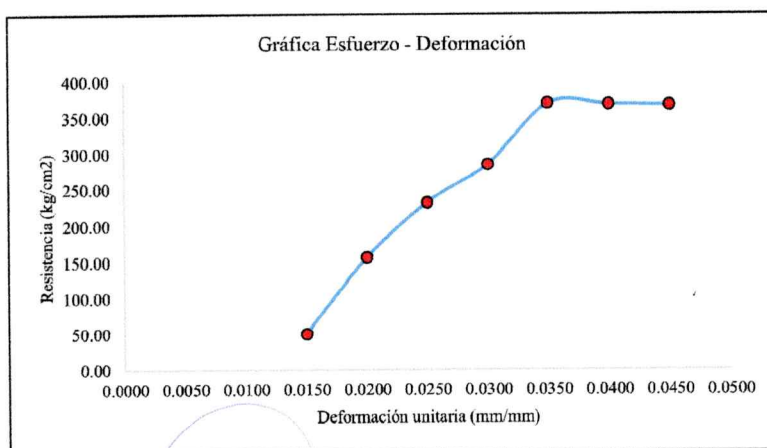
|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 3    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 3     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : C3A3 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm)<br>L |
|---------|------------------|-------|------|---|---------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                       |
| C3A3    | 20.00            | 5.00  | 5.01 | 25.05                                   | 15                                    |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 1256.87               | 3.00                | 0.0150                      | 50.17                                    | 50,174.50                                   |
| 2  | 3927.51               | 4.00                | 0.0200                      | 156.79                                   | 117,590.04                                  |
| 3  | 5805.82               | 5.00                | 0.0250                      | 231.77                                   | 139,061.66                                  |
| 4  | 7137.23               | 6.00                | 0.0300                      | 284.92                                   | 142,459.72                                  |
| 5  | 9254.50               | 7.00                | 0.0350                      | 369.44                                   | 158,331.90                                  |
| 6  | 9225.95               | 8.00                | 0.0400                      | 368.30                                   | 138,112.98                                  |
| 7  | 9191.28               | 9.00                | 0.0450                      | 366.92                                   | 122,305.75                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 369.44 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 158,331.90 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*

**Leonidas Murga Vasquez**  
TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*

**Luis Suárez Vargas**  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejia Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

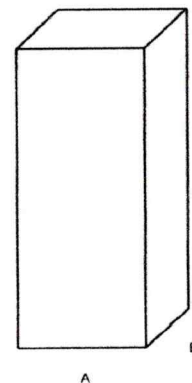
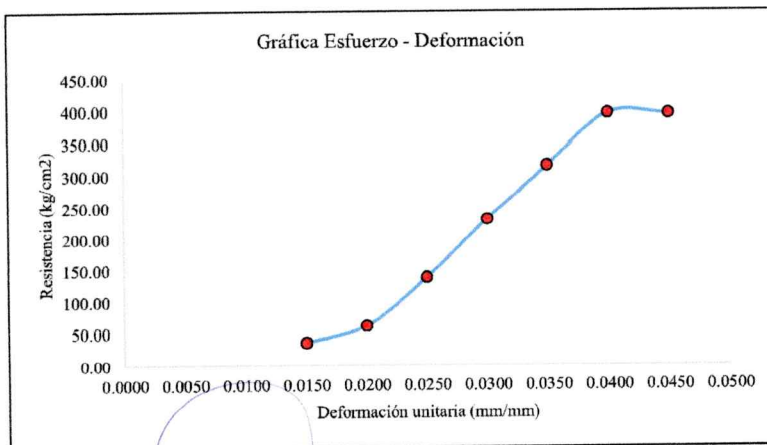
|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 4    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 4     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : C4A4 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm)<br>L |
|---------|------------------|-------|------|---|---------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                       |
| C4A4    | 20.00            | 5.00  | 5.00 | 25                                      | 15                                    |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 874.36                | 3.00                | 0.0150                      | 34.97                                    | 34,974.40                                   |
| 2  | 1547.02               | 4.00                | 0.0200                      | 61.88                                    | 46,410.60                                   |
| 3  | 3427.16               | 5.00                | 0.0250                      | 137.09                                   | 82,251.84                                   |
| 4  | 5760.70               | 6.00                | 0.0300                      | 230.43                                   | 115,214.00                                  |
| 5  | 7842.17               | 7.00                | 0.0350                      | 313.69                                   | 134,437.20                                  |
| 6  | 9881.05               | 8.00                | 0.0400                      | 395.24                                   | 148,215.75                                  |
| 7  | 9851.93               | 9.00                | 0.0450                      | 394.08                                   | 131,359.07                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 395.24 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 148,215.75 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.014**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

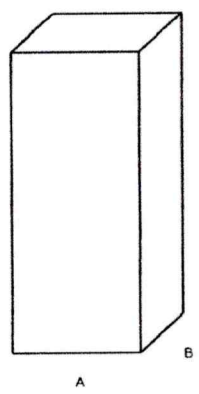
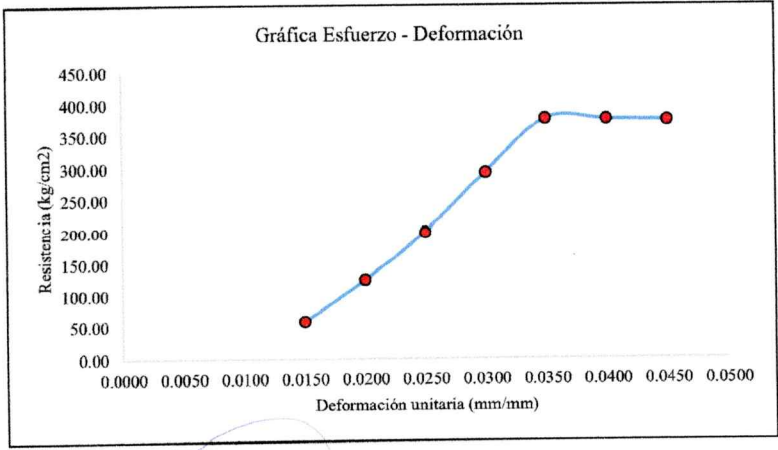
**SOLICITANTE**: Elver Mejía Leiva  
**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca  
**FECHA** : mayo, 2023

|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 5    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 5     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : CSA5 |

$$RM = \frac{P}{A} \qquad MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| CSA5    | 20.00            | 5.02  | 5.02 | 25.2004                            | 15                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 1468.60               | 3.00                | 0.0150                      | 58.28                                    | 58,276.85                                   |
| 2  | 3144.78               | 4.00                | 0.0200                      | 124.79                                   | 93,593.16                                   |
| 3  | 5030.14               | 5.00                | 0.0250                      | 199.61                                   | 119,763.34                                  |
| 4  | 7370.36               | 6.00                | 0.0300                      | 292.47                                   | 146,234.98                                  |
| 5  | 9497.64               | 7.00                | 0.0350                      | 376.88                                   | 161,521.93                                  |
| 6  | 9468.40               | 8.00                | 0.0400                      | 375.72                                   | 140,896.57                                  |
| 7  | 9431.87               | 9.00                | 0.0450                      | 374.27                                   | 124,758.20                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 376.88 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 161,521.93 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152287

|   |  |  |
|---|--|--|
|                                | <b>SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>   |  |
|   | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE<br>RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI<br>Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484<br>CODIGO OSCE N° S0090112 <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |  |
| <b>COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016</b> |  |  |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I. ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

| PROBETA | DIMENSIONES (cm) |       |      | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA MÁXIMA (Kg-f) | RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|------------------|-------|------|-------------------------|---------------------|--|
|         | LARGO            | ANCHO | ALTO |                         |                     |  |
| Q1A1    | 15.01            | 5.00  | 5.00 | 25.00                   | 1717.814            | 68.713                                   |
| Q2A2    | 15.00            | 5.01  | 5.01 | 25.10                   | 1746.162            | 69.568                                   |
| Q3A3    | 15.02            | 5.00  | 5.02 | 25.10                   | 1633.687            | 65.087                                   |
| Q4A4    | 15.01            | 5.00  | 5.00 | 25.00                   | 1832.226            | 73.289                                   |
| Q5A5    | 15.00            | 5.00  | 5.00 | 25.00                   | 1812.749            | 72.510                                   |

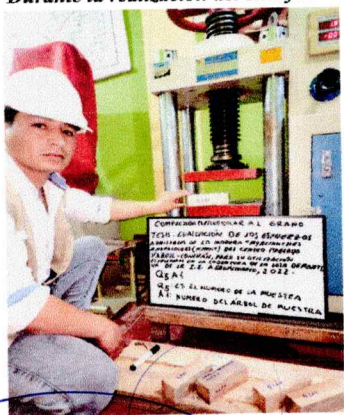
C#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

El ensayo de compresión perpendicular al grano se realizó con probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud.

**PANEL FOTOGRÁFICO:**

Durante la realización del ensayo:



Leonidas Murga Vasquez  
TÉCNICO LABORATORISTA



Luis Suárez Vargas  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



CIÓN PERPENDICULAR A

CIÓN PERPENDICULAR A

CIÓN PERPENDICULAR A

Después de la realización del ensayo:



*Leonidas Murga Vasquez*  
Leonidas Murga Vasquez  
TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*  
Luis Suárez Vargas  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmv@hotmai.com    RPM: #947009877    TELEF: 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 251.010 - POSTERIOR AL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO**

Inmediatamente después del ensayo de COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO se determina el contenido de humedad Según la NTP 251.010, se utiliza la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad:

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

m1: es la masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m2: es la masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

| PROBETA | PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)<br>m1 | PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO (g)<br>m2 | TIEMPO (Horas-Según NTP 251.010) | T° (°C-Según NTP 251.010) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|---------|---|---|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Q1A1    | 392.29  | 363.76  | 3                                | 103                       | 7.84                     |
| Q2A2    | 398.15  | 375.37  | 3                                | 103                       | 6.07                     |
| Q3A3    | 390.21  | 362.77  | 3                                | 103                       | 7.56                     |
| Q4A4    | 388.07  | 362.76  | 3                                | 103                       | 6.98                     |
| Q5A5    | 399.74  | 375.34  | 3                                | 103                       | 6.50                     |

Q#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

**PANEL FOTOGRÁFICO:**



*Leonidas Murga Vasquez*



*Luis Suárez Vargas*  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152287



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE**: Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

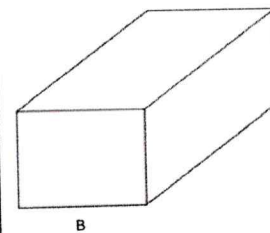
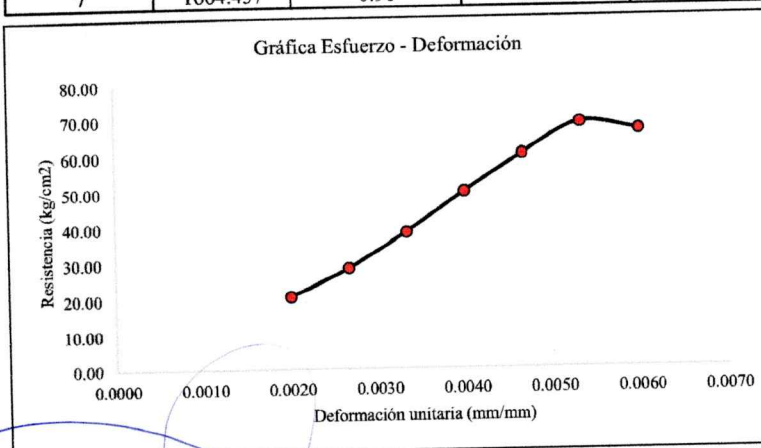
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 1    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 1    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : Q1A1 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> )<br>A | Distancia entre abrazaderos (cm)<br>L |
|---------|------------------|-------|------|---|---------------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto |   |                                       |
| Q1A1    | 15.00            | 5.00  | 5.00 | 25                                      | 10                                    |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 516.419               | 0.30                | 0.0020                      | 20.66                                    | 103,283.80                                  |
| 2  | 710.022               | 0.40                | 0.0027                      | 28.40                                    | 106,503.30                                  |
| 3  | 961.005               | 0.50                | 0.0033                      | 38.44                                    | 115,320.60                                  |
| 4  | 1242.525              | 0.60                | 0.0040                      | 49.70                                    | 124,252.50                                  |
| 5  | 1501.051              | 0.70                | 0.0047                      | 60.04                                    | 128,661.51                                  |
| 6  | 1717.814              | 0.80                | 0.0053                      | 68.71                                    | 128,836.05                                  |
| 7  | 1664.437              | 0.90                | 0.0060                      | 66.58                                    | 110,962.47                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 68.71 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 128,836.05 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*  
TECNICO LABORATORIA



*Luis Suárez Vargas*  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmyvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE**: Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

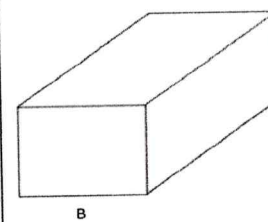
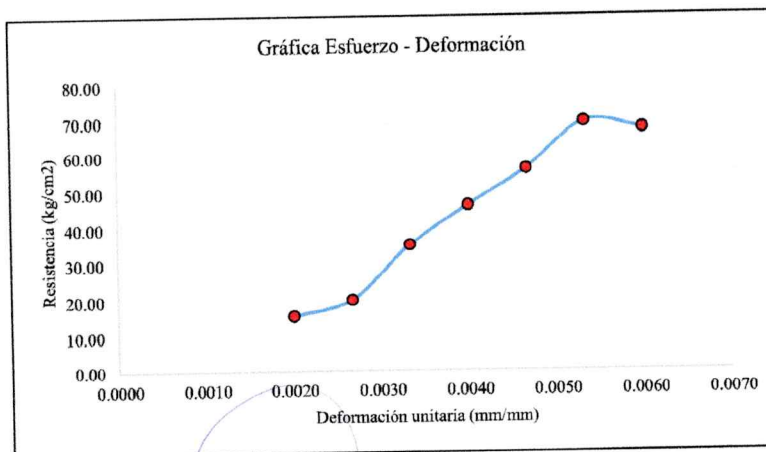
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 2    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 2    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : Q2A2 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| Q2A2    | 15.00            | 5.01  | 5.01 | 25.1001                            | 10                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 393.695               | 0.30                | 0.0020                      | 15.68                                    | 78,424.99                                   |
| 2  | 502.717               | 0.40                | 0.0027                      | 20.03                                    | 75,106.82                                   |
| 3  | 880.169               | 0.50                | 0.0033                      | 35.07                                    | 105,199.06                                  |
| 4  | 1157.847              | 0.60                | 0.0040                      | 46.13                                    | 115,322.95                                  |
| 5  | 1410.005              | 0.70                | 0.0047                      | 56.18                                    | 120,375.59                                  |
| 6  | 1746.162              | 0.80                | 0.0053                      | 69.57                                    | 130,439.87                                  |
| 7  | 1698.044              | 0.90                | 0.0060                      | 67.65                                    | 112,751.48                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 69.57 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 130,439.87 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152287



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmv@hotmai.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

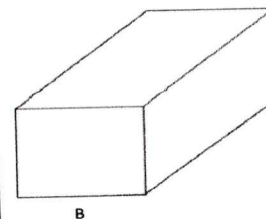
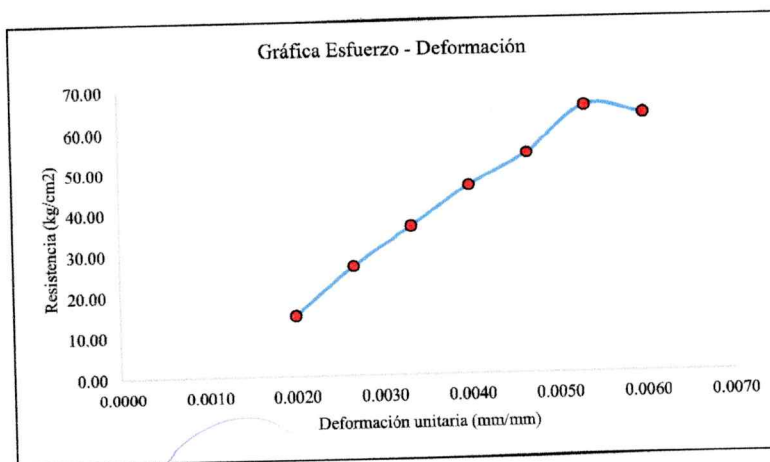
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 3    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 3    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : Q3A3 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| Q3A3    | 15.00            | 5.00  | 5.01 | 25.05                              | 10                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 369.49                | 0.30                | 0.0020                      | 14.75                                    | 73,749.90                                   |
| 2  | 667.14                | 0.40                | 0.0027                      | 26.63                                    | 99,871.71                                   |
| 3  | 905.30                | 0.50                | 0.0033                      | 36.14                                    | 108,419.52                                  |
| 4  | 1155.16               | 0.60                | 0.0040                      | 46.11                                    | 115,285.73                                  |
| 5  | 1350.91               | 0.70                | 0.0047                      | 53.93                                    | 115,561.08                                  |
| 6  | 1630.50               | 0.80                | 0.0053                      | 65.09                                    | 122,043.41                                  |
| 7  | 1580.82               | 0.90                | 0.0060                      | 63.11                                    | 105,177.71                                  |

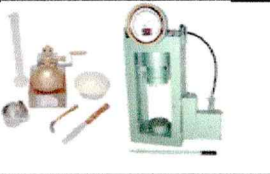


|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 65.09 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 122,043.41 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suarez Vargas*  
**Luis Suarez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFA

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasymas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

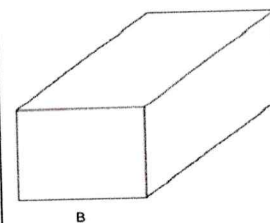
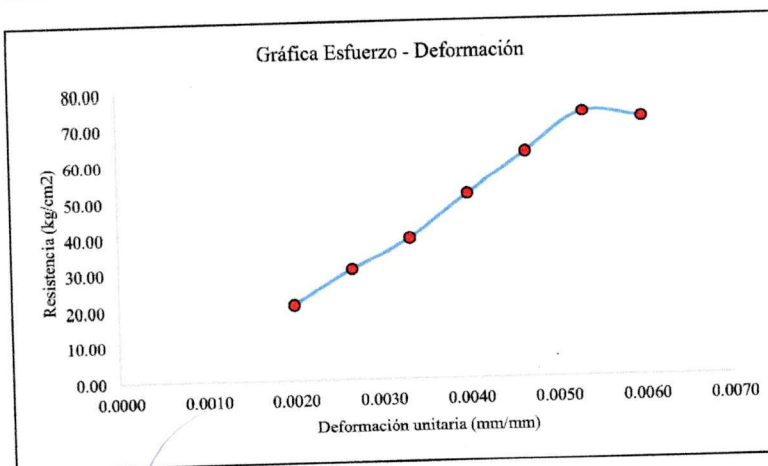
|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 4    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 4     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : O4A4 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| Q4A4    | 15.00            | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 10                               |

| N° | Carga máxima (Kg-<br>f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 524.17                    | 0.30                | 0.0020                      | 20.97                                    | 104,833.40                                  |
| 2  | 766.69                    | 0.40                | 0.0027                      | 30.67                                    | 115,003.05                                  |
| 3  | 976.82                    | 0.50                | 0.0033                      | 39.07                                    | 117,218.28                                  |
| 4  | 1281.31                   | 0.60                | 0.0040                      | 51.25                                    | 128,130.50                                  |
| 5  | 1558.26                   | 0.70                | 0.0047                      | 62.33                                    | 133,564.97                                  |
| 6  | 1832.23                   | 0.80                | 0.0053                      | 73.29                                    | 137,416.95                                  |
| 7  | 1787.79                   | 0.90                | 0.0060                      | 71.51                                    | 119,186.09                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 73.29 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 137,416.95 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009-DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.016**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE**: Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

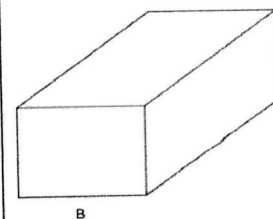
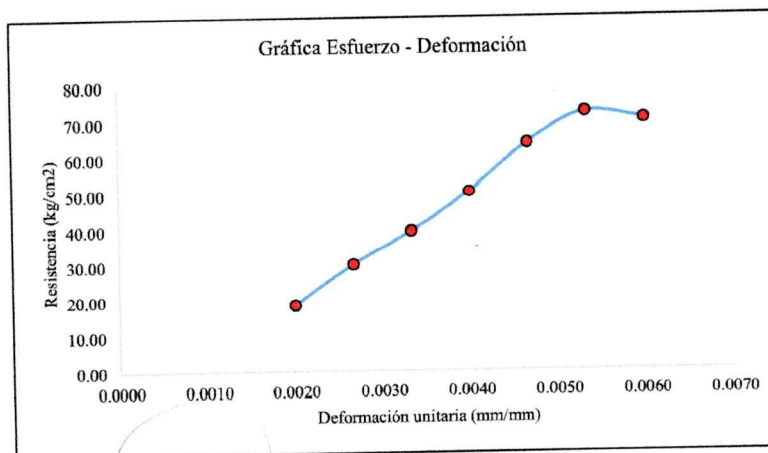
|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 5    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 5     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : Q5A5 |

$$RM = \frac{P}{A}$$

$$MOE = \frac{P' \times L}{A \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |       |      | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-------|------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho | Alto | A                                  | L                                |
| Q5A5    | 15.00            | 5.00  | 5.00 | 25                                 | 10                               |

| N° | Carga máxima (Kg-<br>f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 468.25                    | 0.30                | 0.0020                      | 18.73                                    | 93,650.80                                   |
| 2  | 754.998                   | 0.40                | 0.0027                      | 30.20                                    | 113,249.70                                  |
| 3  | 985.046                   | 0.50                | 0.0033                      | 39.40                                    | 118,205.52                                  |
| 4  | 1261.389                  | 0.60                | 0.0040                      | 50.46                                    | 126,138.90                                  |
| 5  | 1597.283                  | 0.70                | 0.0047                      | 63.89                                    | 136,909.97                                  |
| 6  | 1812.75                   | 0.80                | 0.0053                      | 72.51                                    | 135,956.18                                  |
| 7  | 1764.415                  | 0.90                | 0.0060                      | 70.58                                    | 117,627.67                                  |

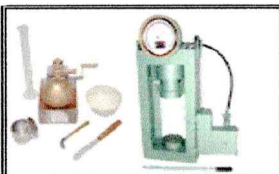


|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 72.51 Kg/cm <sup>2</sup>      |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 135,956.18 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
 Luis Suárez Vargas  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267

  
 Leonidas Murga Vasquez  
 TÉCNICO LABORATORISTA





**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasnvas@hotmail.com

RPM: #947009877

TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

**LABORATORIO SEGENMA**

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I. ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

| PROBETA | DIMENSIONES (cm) |       |      | DISTANCIA ENTRE LUZ (cm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA MÁXIMA (Kg-f) | RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|------------------|-------|------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--|
|         | LARGO            | ANCHO | ALTO |                          |                         |                     |  |
| F1A1    | 76.00            | 5.02  | 5.00 | 35.00                    | 25.10                   | 1636.49             | 684.59                                   |
| F2A2    | 76.01            | 5.01  | 5.02 | 35.00                    | 25.15                   | 1627.63             | 676.81                                   |
| F3A3    | 76.00            | 5.00  | 5.00 | 35.00                    | 25.00                   | 1659.35             | 696.93                                   |
| F4A4    | 76.03            | 5.00  | 5.02 | 35.00                    | 25.10                   | 1649.76             | 687.39                                   |
| F5A5    | 76.00            | 5.00  | 5.00 | 35.00                    | 25.00                   | 1610.41             | 676.37                                   |

F#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

**PANEL FOTOGRÁFICO:**

*Durante la realización del ensayo:*

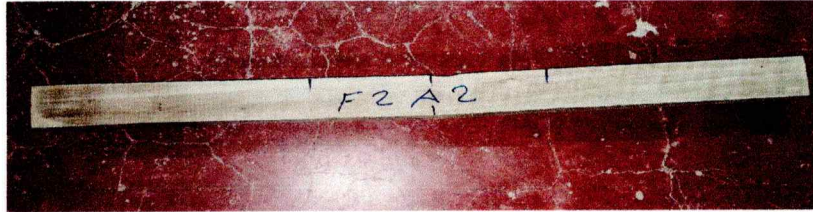


*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*  
**Luis Suárez Vargas**  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267

Después de la realización del ensayo:



*Leonidas Murga Vasquez*  
**Leonidas Murga Vasquez**  
TÉCNICO LABORATORIA



*Luis Suárez Vargas*  
**Luis Suárez Vargas**  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFÉ

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: 8947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

**I.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 251.010 - POSTERIOR AL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA**

Inmediatamente después de realizado el ensayo de FLEXIÓN ESTÁTICA se determina el contenido de humedad según la NTP 251.010, para ello de cada probeta se ha cortado una probeta pequeña (de 5.00 cm x 5.00cm x 10.00 cm) de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se utiliza la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad:

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100$$

m1: es la masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m2: es la masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

| PROBETA | PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)<br>m1 | PESO DE LA MUESTRA DESPUES DEL SECADO (g)<br>m2 | TIEMPO (Horas-Según NTP 251.010) | T° (°C-Según NTP 251.010) | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|---------|---|---|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| F1A1    | 276.12  | 259.18  | 3                                | 103                       | 6.54                     |
| F2A2    | 275.24  | 259.6   | 3                                | 103                       | 6.02                     |
| F3A3    | 268.07  | 248.57  | 3                                | 103                       | 7.84                     |
| F4A4    | 274.83  | 258.35  | 3                                | 103                       | 6.38                     |
| F5A5    | 267.98  | 248.81  | 3                                | 103                       | 7.70                     |

F#: Número de la probeta

A#: Número del árbol del cual se ha tomado la probeta

**PANEL FOTOGRÁFICO:**



Leonidas Murga Vasquez  
TÉCNICO LABORATORISTA



Luis Suárez Vargas  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE  
RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484  
CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

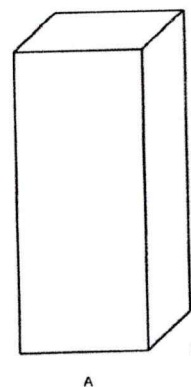
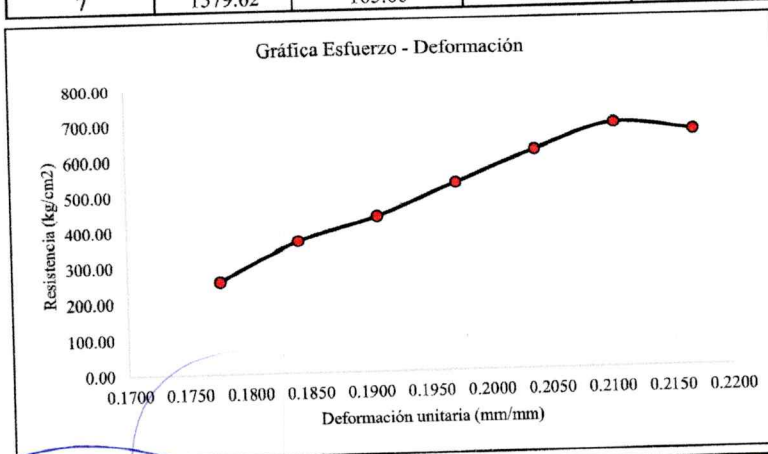
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 1    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 1    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : FIA1 |

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

$$MOE = \frac{P' \times L^3}{4ae^3 \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |           |          | Área de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho (a) | Alto (e) | A                                  | L                                |
| FIA1    | 76.00            | 5.02      | 5.00     | 25.1                               | 35                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 611.4                 | 135.00              | 0.1776                      | 255.76                                   | 58,794.36                                   |
| 2  | 876.82                | 140.00              | 0.1842                      | 366.80                                   | 81,306.72                                   |
| 3  | 1034.66               | 145.00              | 0.1908                      | 432.83                                   | 92,634.69                                   |
| 4  | 1254.38               | 150.00              | 0.1974                      | 524.74                                   | 108,563.01                                  |
| 5  | 1463.51               | 155.00              | 0.2039                      | 612.23                                   | 122,576.72                                  |
| 6  | 1636.49               | 160.00              | 0.2105                      | 684.59                                   | 132,781.44                                  |
| 7  | 1579.62               | 165.00              | 0.2171                      | 660.80                                   | 124,283.27                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 684.59 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 132,781.44 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORIA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267

|  |  |  |
|--|--|--|
|               | <b>SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES</b>   |  |
|  | Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE<br>RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI<br>Email: Iconidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484<br>CODIGO OSCE N° S0090112 <b>LABORATORIO SEGENMA</b> |  |
| <b>FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017</b> |  |  |

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

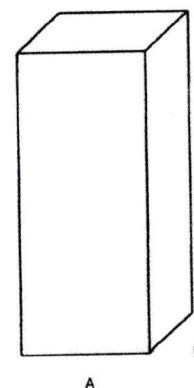
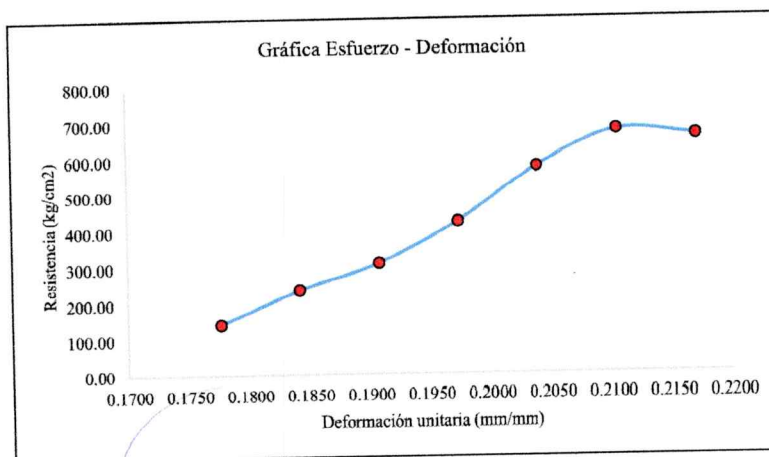
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 2    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 2    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : F2A2 |

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

$$MOE = \frac{P' \times L^3}{4ae^3 \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |           |          | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho (a) | Alto (e) | A                                  | L                                |
| F2A2    | 76.00            | 5.02      | 5.00     | 25.1                               | 35                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 340.12                | 135.00              | 0.1776                      | 142.28                                   | 32,707.13                                   |
| 2  | 564.86                | 140.00              | 0.1842                      | 236.30                                   | 52,378.95                                   |
| 3  | 738.31                | 145.00              | 0.1908                      | 308.85                                   | 66,102.02                                   |
| 4  | 1013.63               | 150.00              | 0.1974                      | 424.03                                   | 87,726.78                                   |
| 5  | 1380.19               | 155.00              | 0.2039                      | 577.37                                   | 115,598.23                                  |
| 6  | 1617.91               | 160.00              | 0.2105                      | 676.81                                   | 131,273.90                                  |
| 7  | 1580.29               | 165.00              | 0.2171                      | 661.08                                   | 124,335.99                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 676.81 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 131,273.90 Kg/cm <sup>2</sup> |

Leonidas Murga Vasquez  
TÉCNICO LABORATORISTA



Luis Suárez Vargas  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

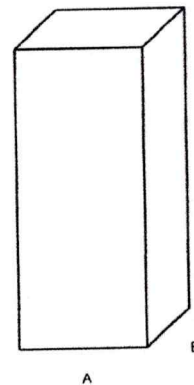
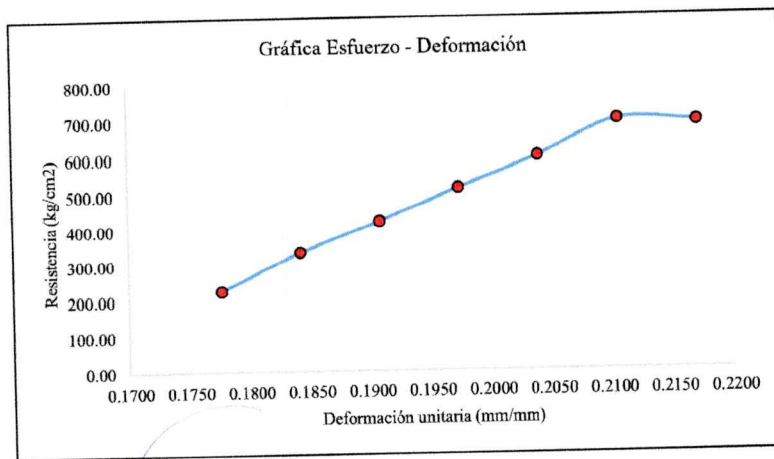
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 3    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 3    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : F3A3 |

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

$$MOE = \frac{P' \times L^3}{4ae^3 \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |           |          | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho (a) | Alto (e) | A                                  | L                                |
| F3A3    | 76.00            | 5.02      | 5.00     | 25.1                               | 35                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 537.87                | 135.00              | 0.1776                      | 225.01                                   | 51,723.46                                   |
| 2  | 798.91                | 140.00              | 0.1842                      | 334.21                                   | 74,082.19                                   |
| 3  | 1008.02               | 145.00              | 0.1908                      | 421.68                                   | 90,249.57                                   |
| 4  | 1225.16               | 150.00              | 0.1974                      | 512.52                                   | 106,034.10                                  |
| 5  | 1429.98               | 155.00              | 0.2039                      | 598.20                                   | 119,768.41                                  |
| 6  | 1665.99               | 160.00              | 0.2105                      | 696.93                                   | 135,175.01                                  |
| 7  | 1650.24               | 165.00              | 0.2171                      | 690.34                                   | 129,839.60                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 696.93 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 135,175.01 Kg/cm <sup>2</sup> |

*Leonidas Murga Vasquez*

**Leonidas Murga Vasquez**  
TÉCNICO LABORATORISTA



*Luis Suárez Vargas*

**Luis Suárez Vargas**  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACION GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFA

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

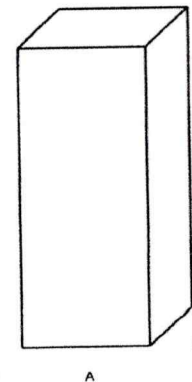
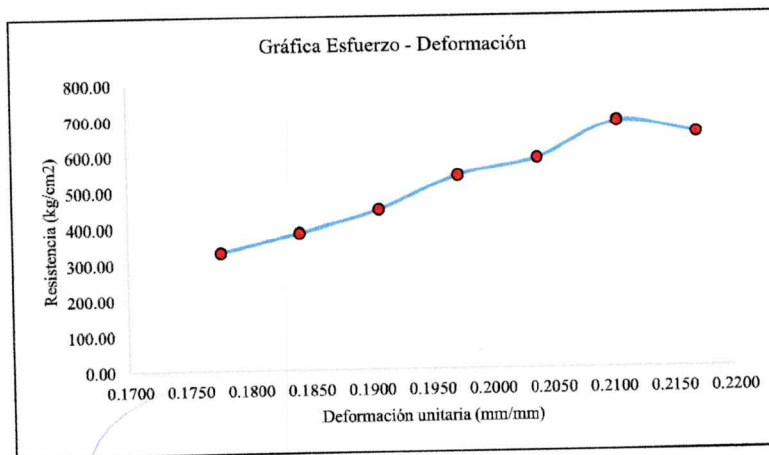
|   |                    |
|---|--------------------|
| NOMBRE COMÚN : Chilimar                               | N° DE ÁRBOL : 4    |
| NOMBRE CIENTÍFICO : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N° : 4     |
| FAMILIA : Myrtaceae                                   | PROCEDENCIA : F4A4 |

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

$$MOE = \frac{P' \times L^3}{4ae^3 \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |           |          | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho (a) | Alto (e) | A                                  | L                                |
| F4A4    | 76.00            | 5.02      | 5.00     | 25.1                               | 35                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 791.87                | 135.00              | 0.1776                      | 331.26                                   | 76,148.99                                   |
| 2  | 917.59                | 140.00              | 0.1842                      | 383.85                                   | 85,087.28                                   |
| 3  | 1066.24               | 145.00              | 0.1908                      | 446.04                                   | 95,462.10                                   |
| 4  | 1290.75               | 150.00              | 0.1974                      | 539.96                                   | 111,710.73                                  |
| 5  | 1399.33               | 155.00              | 0.2039                      | 585.38                                   | 117,201.31                                  |
| 6  | 1643.19               | 160.00              | 0.2105                      | 687.39                                   | 133,325.07                                  |
| 7  | 1562.06               | 165.00              | 0.2171                      | 653.45                                   | 122,901.67                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 687.39 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 133,325.07 Kg/cm <sup>2</sup> |

  
**Leonidas Murga Vasquez**  
 TÉCNICO LABORATORISTA



  
**Luis Suárez Vargas**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 152267



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCIÓN N° 001083 - 2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasvmvas@hotmail.com    RPM: #947009877    TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112    **LABORATORIO SEGENMA**

---

**FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DEL ÁRBOL "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" - NTP 251.017**

**TESIS** : Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**SOLICITANTE** : Elver Mejía Leiva

**UBICACIÓN** : Yaquil - Conchán - Chota - Cajamarca

**FECHA** : mayo, 2023

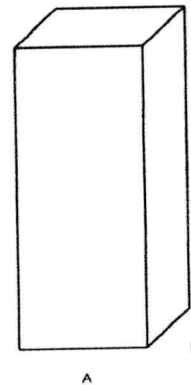
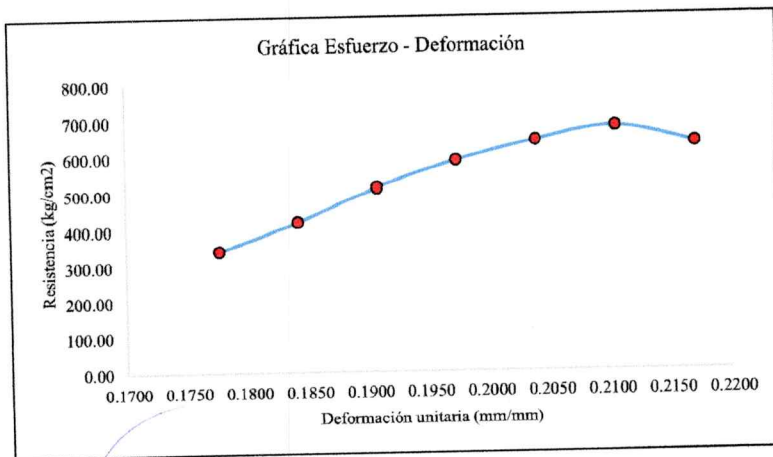
|                   |                                     |             |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------|--------|
| NOMBRE COMÚN      | : Chilimar                          | N° DE ÁRBOL | : 5    |
| NOMBRE CIENTÍFICO | : "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | MUESTRA N°  | : 5    |
| FAMILIA           | : Myrtaceae                         | PROCEDENCIA | : F5A5 |

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2}$$

$$MOE = \frac{P' \times L^3}{4ae^3 \times D}$$

| Probeta | Dimensiones (cm) |           |          | Area de sección (cm <sup>2</sup> ) | Distancia entre abrazaderos (cm) |
|---------|------------------|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|
|         | Largo            | Ancho (a) | Alto (e) | A                                  | L                                |
| F5A5    | 76.00            | 5.02      | 5.00     | 25.1                               | 35                               |

| N° | Carga máxima (Kg-f) P | Deformación ΔD (mm) | Deformación unitaria (ΔD/D) | Resistencia máxima (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|-----------------------|---------------------|-----------------------------|--|---|
| 1  | 815.03                | 135.00              | 0.1776                      | 340.95                                   | 78,376.13                                   |
| 2  | 1002.72               | 140.00              | 0.1842                      | 419.46                                   | 92,981.31                                   |
| 3  | 1227.06               | 145.00              | 0.1908                      | 513.31                                   | 109,860.56                                  |
| 4  | 1400.41               | 150.00              | 0.1974                      | 585.83                                   | 121,201.49                                  |
| 5  | 1529.92               | 155.00              | 0.2039                      | 640.01                                   | 128,138.91                                  |
| 6  | 1616.84               | 160.00              | 0.2105                      | 676.37                                   | 131,187.08                                  |
| 7  | 1507.35               | 165.00              | 0.2171                      | 630.56                                   | 118,597.13                                  |



|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| RESISTENCIA MÁXIMA    | 676.37 Kg/cm <sup>2</sup>     |
| MÓDULO DE ELASTICIDAD | 131,187.08 Kg/cm <sup>2</sup> |

combo ✓

**Leonidas Murga Vasquez**  
TÉCNICO LABORATORISTA



*(Signature)*

**Luis Suárez Vargas**  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 152267



EXPEDIENTE N° 782282-2019

**RESOLUCIÓN N° 001482-2019/DSD-Reg-INDECOPI**

Lima, 30 de enero del 2019

Con fecha 21 de enero de 2019, MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de Perú, solicitó la Renovación del registro N° 54852.

**1. ANÁLISIS**

Los artículos 152° y 153° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, establecen que la renovación del registro de una marca deberá solicitarse ante la Oficina Competente, dentro de los seis meses anteriores a la fecha de su expiración. No obstante, el titular de la marca gozará de un plazo de gracia de seis meses, contados a partir de la fecha del mismo.

Asimismo, habiéndose cumplido con las formalidades establecidas en el párrafo precedente, las disposiciones contenidas en los artículos 178°, 179°, 184°, 189°, 196° y 198° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y el artículo 75° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, en lo que corresponda; así como lo señalado por el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Indecopi; procede acceder a la renovación solicitada.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36°, 40° y 41° de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - Indecopi, sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, Reglamento y su modificatoria, concordante con el artículo 4° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, que aprueba disposiciones complementarias a la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial.

**2. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS**

**INSCRIBIR** en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, la renovación del registro de la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; de la clase 42 de la Clasificación Internacional, inscrita con certificado N° 54852, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado desde el vencimiento del registro anterior, que expirará el 30 de enero del 2029.

Regístrese y comuníquese

**Gwendy Paz Gilio**  
Área de Registro y Archivo  
Dirección de Signos Distintivos  
Indecopi

# Registro de la Propiedad Industrial

## Dirección de Signos Distintivos

**CERTIFICADO N° 00054852**

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 001083-2009/DSD - INDECOPI de fecha 30 de Enero de 2009, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : El logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto

Distingue : Estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones)

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0361669-2008

Titular : MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS

País : PERU

Vigencia : 30 de Enero de 2019

Tomo : 275

Folio : 052



**PATRICIA GAMBOA VILELA**  
Directora  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI





PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

EXPEDIENTE N° : 0361669-2008

RESOLUCIÓN N° : **001083** -2009/DSD-INDECOPI

Lima, **30 ENE. 2009**

Con fecha 30 de Julio de 2008, MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de PERU, solicita el registro de la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto para distinguir estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones), de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

**1. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:**

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 823; así como también en ejercicio de las atribuciones conferidas mediante Resolución N° 018476-2008/DSD-INDECOPI, de fecha 01 de setiembre de 2008.

**2. RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:**

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de MURGA VASQUEZ VICENTE LEONIDAS, de PERU, la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SEGENMA escrita en letras características y las figuras estilizadas de una copa casa grande, una prensa de ensayo, una probeta, dos espátulas y dos cápsulas; en los colores verde, dorado, blanco, azul, marrón y negro; conforme al modelo adjunto para distinguir estudios de proyectos técnicos, control de calidad, ingeniería, geológicas (investigaciones), de la Clase 42 de la Clasificación Internacional, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.

Regístrese y Comuníquese



  
Gwendy Paz Gñio  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL  
Calle De la Prosa 138, San Borja, Lima 41 - Perú Telf: 224 7800 / Fax: 224 0348  
E-mail: postmaster@indecopi.gob.pe / Web: www.indecopi.gob.pe



*Anexo E. Diseño estructural de la cobertura de madera*

## 1. DATOS PREVIOS

### 1.1. UBICACIÓN:

- Institución Educativa de nivel secundario Agropecuario "Almirante Miguel Grau"
- Centro Poblado : Fundo Tuctuhuasi
- Distrito : Chota
- Provincia : Chota
- Departamento : Cajamarca
- Coordenadas UTM WGS84 17S : 757135.40 m E, 9274981.03 m S

### 1.2. NORMATIVA, REGLAMENTOS, MANUALES A UTILIZAR:

- E.010 Madera
- E.020 Cargas
- E.030 Diseño sismorresistente
- Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino
- AISC 360-16.

### 1.3. MATERIALES A UTILIZAR

#### MADERA TIPO A

- Nombre científico : "Myrcianthes rhopaloides (Kunt)"
- Nombre común : Chilimar
- Familia : Myrtaceae
- Genero : Myrcianthes
- Grupo estructural : A
- Procedencia: Bosque del Centro Poblado Yaquil, distrito de Conchán, Chota, Cajamarca
- Procedencia-Coordenadas UTM WGS84 17S : 757768.83 m E, 9284139.61 m S.
- Peso específico : 1000.34 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad (E<sub>min</sub>) : 95000 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de poisson (u) : 0.3

### 1.4. CONCRETO ARMADO

- Peso específico : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Esfuerzo mínimo de compresión (f<sup>'</sup>c) : 210 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad del concreto (E<sub>c</sub>) : 217370.651 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de poisson (u) : 0.20

### 1.5. ACERO ASTM A36

- Límite de fluencia (f<sub>y</sub>) : 2530 kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia última (f<sub>u</sub>) : 4080 kg/cm<sup>2</sup>

### 1.6. PERNO ESTRUCTURAL A325, TIPO 3 (Acero inoxidable)

- Límite de fluencia (f<sub>y</sub>) : 5694.86 kg/cm<sup>2</sup> 81 Ksi
- Resistencia última (f<sub>u</sub>) : 7382.23 kg/cm<sup>2</sup> 105 Ksi
- Límite de tensión de corte nominal (f<sub>nv</sub>) : 3793.34 kg/cm<sup>2</sup>

2. Clasificación estructural de la madera de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas

De acuerdo a norma E.010 Madera, los valores de la densidad básica y la resistencia mecánica determinan el grupo estructural al que pertenece una determinada madera, según los mencionados valores la madera "Myrcianthes Rhopaloides (Kunt)" pertenece al grupo estructural A.

| Madera                                  | Grupo estructural |
|---|-------------------|
| <b>"Myrcianthes rhopaloides (Kunt)"</b> | <b>A</b>          |

– Densidad básica para madera del grupo estructural A, según Norma E.010 madera:

| Grupo | Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------|--------------------------------------|
| A     | ≥ 0.71                               |

Fuente: Norma E.010 Madera

– Densidad básica de madera "Myrcianthes rhopaloides (Kunt)":

| Grupo | Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------|--------------------------------------|
| A     | 1.00                                 |

Fuente: Elaboración propia

– Esfuerzos admisibles para madera del grupo estructural A, según Norma E.010 madera:

| Grupo | Esfuerzos Admisibles (Kg/cm <sup>2</sup> ) |  |  |  |                                     |
|-------|--|--|--|--|-------------------------------------|
|       | Flexión estática<br><i>f<sub>m</sub></i>   | Tracción<br>paralela<br><i>f<sub>t</sub></i> | Compresión<br>paralela<br><i>f<sub>c</sub></i> | Compresión<br>perpendicular<br><i>f<sub>cp</sub></i> | Corte paralelo <i>f<sub>v</sub></i> |
| A     | 210  | 145  | 145  | 40   | 15                                  |

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo  
Norma E.010 Madera

– Esfuerzos admisibles de madera "Myrcianthes rhopaloides (Kunt)":

| Grupo | Esfuerzos Admisibles (Kg/cm <sup>2</sup> ) |  |  |  |                                     |
|-------|--|--|--|--|-------------------------------------|
|       | Flexión estática<br><i>f<sub>m</sub></i>   | Tracción<br>paralela<br><i>f<sub>t</sub></i> | Compresión<br>paralela<br><i>f<sub>c</sub></i> | Compresión<br>perpendicular<br><i>f<sub>cp</sub></i> | Corte paralelo <i>f<sub>v</sub></i> |
| A     | 211.60                                     | 188.85                                       | 186.15   | 41.60  | 20.57                               |

Fuente: Elaboración propia

– Módulo de elasticidad para madera del grupo estructural A, según Norma E.010 madera:

| Grupo | Módulo de elasticidad (E) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |                             |
|-------|---|-----------------------------|
|       | <i>E<sub>mínimo</sub></i>                       | <i>E<sub>promedio</sub></i> |
| A     | 95 000  | 130 000                     |

Nota: el modulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras

Fuente: Norma E.010 Madera

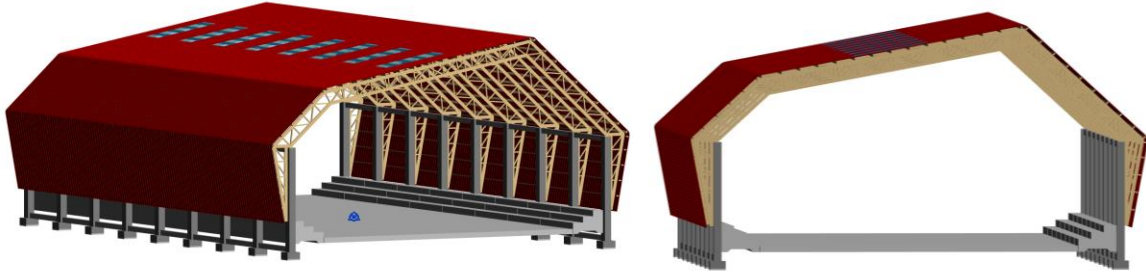
– Módulo de elasticidad de madera "Myrcianthes rhopaloides (Kunt)":

| Grupo | Módulo de elasticidad (E) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |                             |
|-------|---|-----------------------------|
|       | <i>E<sub>mínimo</sub></i>                       | <i>E<sub>promedio</sub></i> |
| A     | 106 214   | 137567                      |

Fuente: Elaboración propia

### 3. Modelo Arquitectónico

La losa deportiva tiene una cobertura no simétrica a base de armaduras de madera de diferentes longitudes e inclinaciones, las cuales están soportadas sobre columnas de concreto armado; sobre las armaduras existe correas de madera las cuales sirven como soporte para las planchas de Aluzinc TR4 de 0.4 mm de espesor.



### 4. Predimensionamiento

#### 4.1. Armadura de madera

– Tipo de armadura a utilizar

Se establece teniendo en cuenta las consideraciones del Manual de diseño para maderas del grupo andino, el cual recomienda utilizar la armadura tipo Pratt cuando el tamaño de la luz libre entre apoyos es mayor a 12 metros.

$$\begin{aligned} L_n &= 25.30 \text{ m} && \text{Luz libre entre apoyos} \\ L_n &> 12.00 \text{ m} && \text{Armadura tipo Pratt} \end{aligned}$$

– Peralte de la armadura

Se establece teniendo en cuenta las proporciones aproximadas de la altura entre la longitud de la armadura que recomienda el Manual de diseño para maderas del grupo andino. Cuando una armadura no sea simétrica se debe medir desde la cumbre hasta los apoyos.

| FORMA | LUCES APROPIADAS (m) | $h/l$                          |
|-------|----------------------|--------------------------------|
|       | 8 - 12 ó más         | $\frac{1}{10}$ - $\frac{1}{6}$ |

Fuente: Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino

$$\begin{aligned} 2l &= 16.00 \text{ m} && \text{Longitud de la armadura en el tramo más largo} \\ l &= 8.00 \text{ m} \\ h &= 1.00 \text{ m} && \text{Peralte de la armadura} \end{aligned}$$

– Correas

Se establece teniendo en cuenta el criterio de la relación aproximada del peralte entre la base  $h/b=2$ .

$$\begin{aligned} h &= 8.00 \text{ in} && \text{Peralte de la correa} \\ b &= 4.00 \text{ in} && \text{Base de la correa} \end{aligned}$$

Las correas se distribuirán cada 1.20 m, directamente sobre los nodos de la armadura para evitar en lo posible esfuerzos por flexión en las cuerdas o bridas superiores.

– Brida o cordón superior e inferior

Se establece teniendo en cuenta el criterio de la relación aproximada del peralte entre la base  $h/b=2$ .

$$h = 6.00 \text{ in} \quad \text{Peralte de la brida superior}$$

$$b = 3.00 \text{ in} \quad \text{Base de la brida superior}$$

– Montantes y diagonales

Se establece teniendo en cuenta la sección de las bridas para su óptimo ensamble.

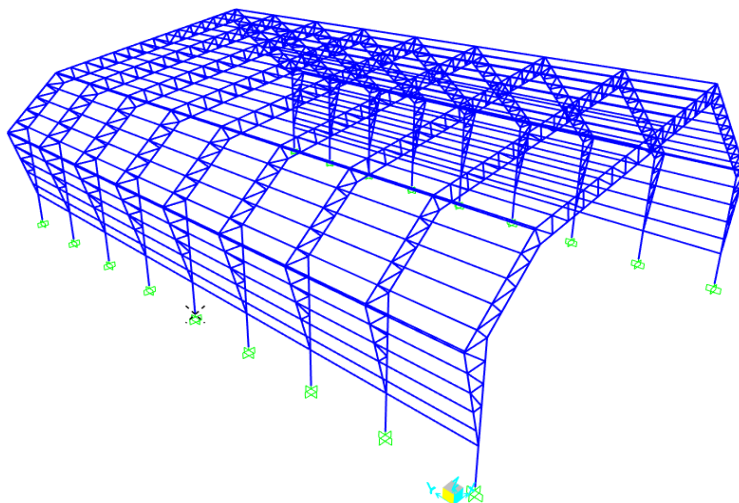
$$h = 4.00 \text{ in}$$

*Sección de las montantes y diagonales*

$$b = 3.00 \text{ in}$$

## 5. Modelo matemático

La estructura se analiza mediante un modelo matemático conformado por un diagrama de líneas, las cuales siguen el centroide de la sección transversal de cada uno de los elementos.



## 6. Metrado de cargas

La estructura es diseñada tomando en cuenta carga muerta, carga viva, carga por granizo, carga por viento y por sismo.

### 6.1. Carga muerta

La cubierta a utilizar es ALUZINC TR-4, de espesor 0.40 mm.

|                |                       | Distribución de cargas (kg/m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                        |
|----------------|-----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|
| Espesor<br>mm  | Condición de<br>apoyo | Longitud de apoyos (m)                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Peso Kg/m <sup>2</sup> |
|                |                       | 1.00  | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 | 2.75 | 3.00 | 3.25 |                        |
| 0.35 -<br>0.40 | Simple                | 266   | 169  | 117  | 85   | 64   | 50   | 40   | 31   | -    | -    | 3.35                   |
|                | Doble                 | 266   | 169  | 117  | 85   | 64   | 50   | 40   | 32   | -    | -    |                        |
|                | Tres o más            | 344   | 212  | 146  | 107  | 81   | 63   | 51   | 41   | 34   | -    |                        |

Fuente: Ficha técnica Coberturas de Aluzinc MODELO TR4 Ochmon Perú

$$\text{– Peso de la cobertura} = 3.35 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{– Peso de uniones y accesorios para instalaciones eléctricas} = 1.65 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Total} = 5.00 \text{ kgf/m}^2$$

El resto de la carga muerta como el peso de correas, armaduras, etc. es calculado por SAP 2000.

## 6.2. Carga viva

– Carga viva mínima de techo

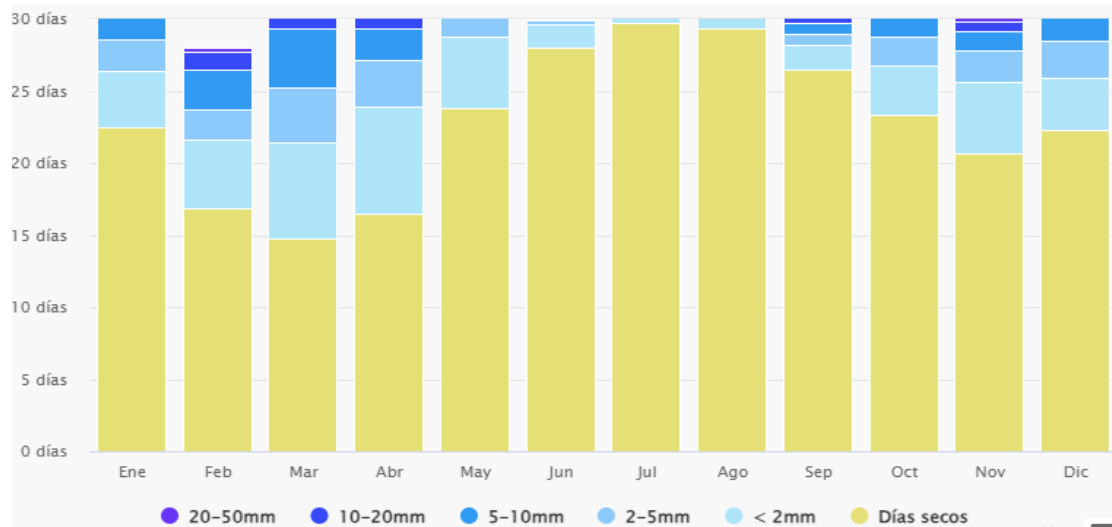
Según el artículo 7 (7.1) de la norma E.020, la carga viva mínima de techo, para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, etc., cualquiera sea su pendiente será:

$$C_{vm} = 30.00 \text{ kgf/m}^2 \quad \text{Carga viva mínima de techo}$$

## 6.2. Carga por granizo

La norma E.020, nos habla de las cargas de nieve, así como la nieve el granizo es una precipitación sólida, por lo tanto, se calcula a partir de su peso específico, espesor acumulado y la inclinación o pendiente del techo, cabe mencionar que la altura de acumulación de granizo sobre el suelo no se encuentra tabulado ni especificado en la norma, por ello, se asume un valor de acuerdo al siguiente diagrama de precipitación para Chota.

Diagrama de precipitación para Chota



Fuente: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/chota\\_per%C3%BA\\_3698141](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/chota_per%C3%BA_3698141)

$$\gamma = 700.00 \text{ kgf/m}^3$$

Peso específico del granizo

$$e = 0.025 \text{ m}$$

Espesor acumulado de granizo asumido

$$Q_s = \gamma \cdot e = 17.5 \text{ kgf/m}^2$$

Carga básica del granizo sobre el suelo

La carga del granizo sobre los techos ( $Q_t$ ), depende a la inclinación, pendiente, forma, etc. del techo; para el presente caso tenemos:

Techos con inclinaciones menores o iguales a  $15^\circ$  (pendiente  $\leq 27\%$ ), la carga de diseño sobre la proyección horizontal ( $Q_{t1}$ ) será:

$$\beta^\circ = 11.00^\circ$$

Ángulo de inclinación en el segundo tramo del techo

$$Q_s = Q_{t1} = 17.5 \text{ kgf/m}^2$$

Carga por granizo sobre la proyección horizontal en techo de  $11^\circ$

Techos con inclinaciones mayores a  $30^\circ$ , la carga de diseño sobre la proyección horizontal ( $Q_{t2}$ ) será:

$$\theta^\circ = 45.00^\circ$$

Ángulo de inclinación en el primer y tercer tramo del techo

$$C_s = 1 - 0.025 (\theta^\circ - 30^\circ)$$

Factor adimensional

$$Q_{t2} = C_s(0.8Q_s) = 13.91 \text{ kgf/m}^2$$

Carga por granizo sobre la proyección horizontal en techo de  $45^\circ$

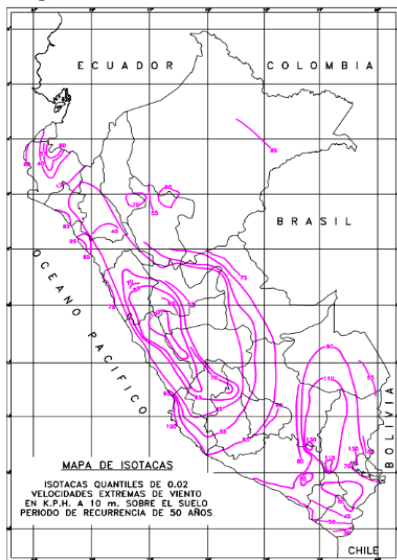
### 6.3. Carga por viento

Depende de la velocidad de diseño y de los factores de forma para la carga exterior e interior del viento que establece la norma E.020, para el presente diseño se asume que el viento se presenta en la dirección X, -X, Y, -Y; las cargas que se obtienen se supone que actuarán perpendiculares a la superficie de la estructura.

– *Cálculo de la velocidad de diseño*

El mapa eólico del Perú establece que la velocidad básica del viento hasta 10 metros de altura para Chota es de 45 km/h, al mismo tiempo condiciona que la velocidad de diseño debe ser por lo menos 75 km/h, además, la cobertura propuesta alcanza una altura máxima de 14.80 m., por lo tanto, se calcula aplicando la formula establecida para determinar la velocidad a esa altura.

Mapa eólico del Perú



Fuente: Norma E.020 Cargas

$$V_o = 45.00 \text{ km/h}$$

$$V_{min} = 75.00 \text{ km/h}$$

$$V = \text{máx}(V_o, V_{min}) = 75.00 \text{ km/h}$$

$$h = 14.75 \text{ m}$$

$$V_h = V \left( \frac{h}{10} \right)^{0.22} = 81.70 \text{ km/h} \quad \text{Velocidad de diseño a la altura } h$$

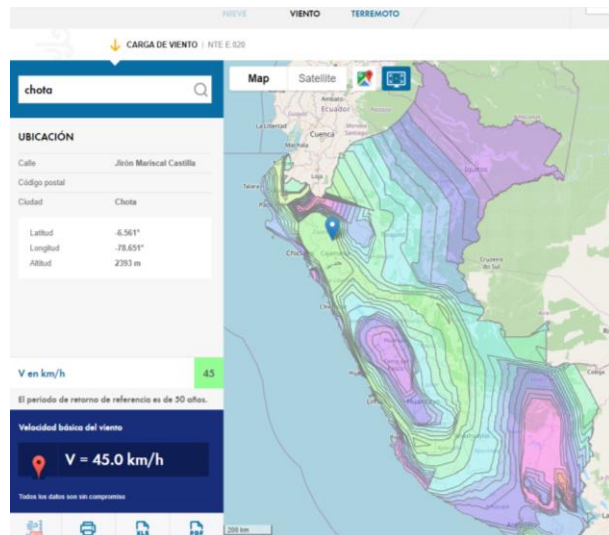
– *Factores de forma para la carga exterior del viento ( $C_e$ )*

Dependen de la posición en la que se encuentra la superficie, la estructura presenta superficies verticales e inclinadas de 11° y 45°, por lo tanto, se utilizan los siguientes factores de forma:

| FACTORES DE FORMA ( $C_e$ ) *   |            |           |
|---|------------|-----------|
| CONSTRUCCIÓN  | BARLOVENTO | SOTAVENTO |
| Superficies inclinadas a 15° o menos  | 0.30       | -0.60     |
| Superficies inclinadas entre 15° y 60°  | 0.70       | -0.60     |
| Superficies inclinadas entre 60° y la vertical  | 0.80       | -0.60     |
| Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento | -0.70      | -0.70     |

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión

Fuente: Norma E.020 Cargas



Fuente: <https://www.dlupal.com/es/soluciones/servicios-en-linea/zonas-de-cargas-para-nieve-viento-y-sismos>

Velocidad básica del viento para Chota

Velocidad mínima de diseño según norma E.020

Velocidad de diseño hasta 10 metros de altura

Altura máxima del techo propuesto

– Factores de forma para la carga interior del viento ( $C_i$ )

Dependen de las aberturas que se encuentran en la superficie; la estructura no presenta aberturas en la dirección "X", lo que hace suponer que no existe presión ni succión interior, excepto en los tramos de los extremos ya que el viento podrá ingresar por los costados que son totalmente abiertos creando succión y presión interior; en la dirección "Y" la estructura es totalmente abierta en ambos lados, lo que hace suponer que al presentarse el viento en esa dirección ingresa y sale libremente pero al mismo tiempo crea una presión interior.

| FACTORES DE FORMA PARA DETERMINAR CARGAS ADICIONALES EN ELEMENTOS DE CIERRE ( $C_i$ ) |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| ABERTURAS   |                                  |   |
| Uniforme en lados a barlovento y sotavento  | Principales en lado a barlovento | Principales en lado a sotavento o en los costados |
| 0.3   | 0.8                              | -0.6  |
| -0.3  |                                  |   |

Fuente: Norma E.020 Cargas

– Carga por viento en la dirección "X" ( $W_x$ )

Para determinar la carga por viento en succión o en presión se establece la superficie expuesta a barlovento y sotavento a partir de la cumbrera en el punto más alto de la estructura, se calcula el factor de forma ( $C$ ) a partir de la diferencia del factor de forma para carga exterior ( $C_e$ ) con el factor de forma para carga interior ( $C_i$ ); se toma la velocidad de diseño hasta 10.00 m de altura para la posición vertical y la velocidad de diseño hasta la altura máxima 14.80 m para la posición inclinada, finalmente se aplica la siguiente expresión y se toma el valor más desfavorable.

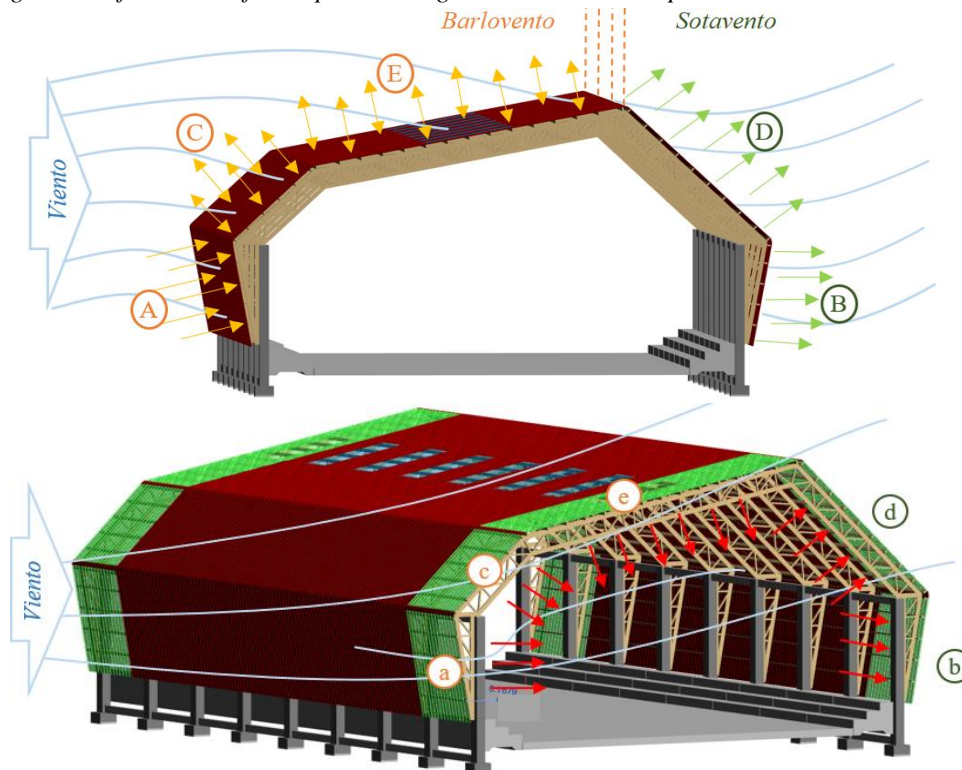
$$P_h = W = 0.005 C V_h^2$$

$$C = C_e - C_i$$

Carga por viento a una altura  $h$

$C$ : Factor de forma,  $C_e$ : factor de forma para carga exterior,  $C_i$ : factor de forma para carga interior

Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección "X"

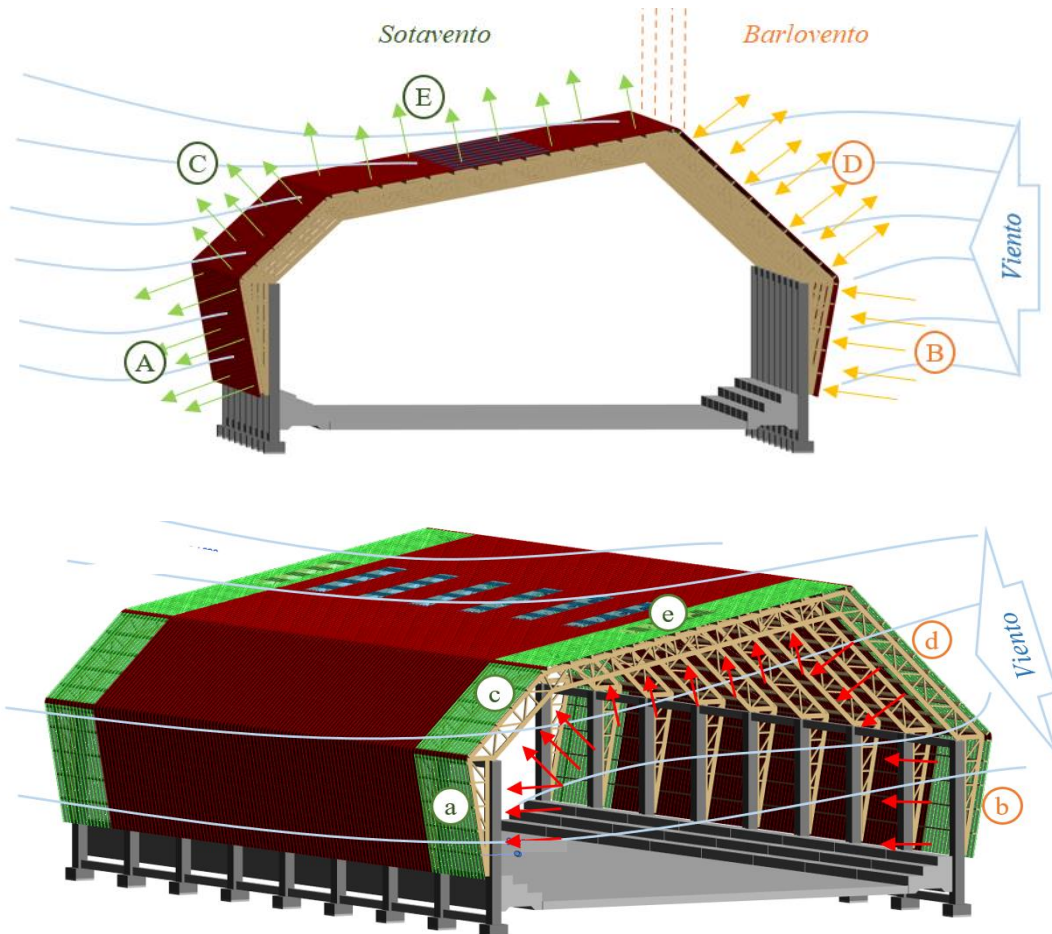


Fuente: Elaboración propia

| Carga por viento en la dirección "X" ( $W_x$ ) |            |       |       |       |                             |                             |
|--|------------|-------|-------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Posición                                       | Superficie | $C_e$ | $C_i$ | $C$   | $W_x$ (kgf/m <sup>2</sup> ) | $W_x$ (kgf/m <sup>2</sup> ) |
| Vertical                                       | A          | 0.80  |       | 0.80  | 22.50                       | 22.50                       |
|  | a          | 0.80  | -0.6  | 1.40  | 39.38                       | 39.38                       |
|  | B          | -0.60 |       | -0.60 | -16.88                      | -16.88                      |
|  | b          | -0.60 | 0.8   | -1.40 | -39.38                      | -39.38                      |
| Inclinada                                      | C          | 0.70  |       | 0.70  | 23.36                       | 23.36                       |
|  | c          | 0.70  | -0.6  | 1.30  | 43.38                       | 43.38                       |
|  |            | -0.30 | -0.6  | 0.30  | 10.01                       | 10.01                       |
|  | D          | -0.60 |       | -0.60 | -20.02                      | -20.02                      |
|  | d          | -0.60 | 0.8   | -1.40 | -46.72                      | -46.72                      |
|  | E          | 0.30  |       | 0.30  | 10.01                       | -23.36                      |
|  | e          | 0.30  | -0.6  | 0.90  | 30.03                       | 30.03                       |
|  | -0.70      | -0.6  | -0.10 | -3.34 |                             |                             |

- Carga por viento en la dirección "- X" ( $W_x$ )

Diagrama de factores de forma para la carga exterior por viento en la dirección "- X"

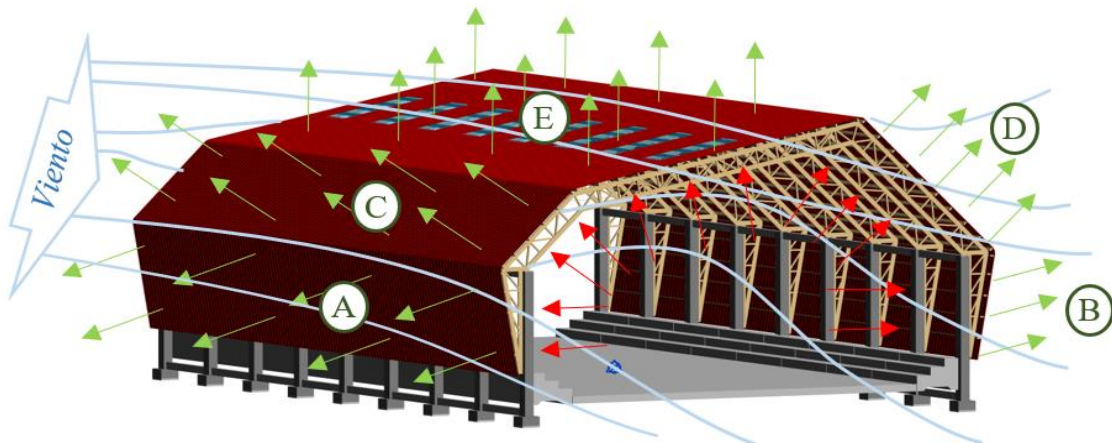


Fuente: Elaboración propia

| Carga por viento en la dirección "-X" (W-x) |            |       |      |       |              |              |
|---|------------|-------|------|-------|--------------|--------------|
| Posición                                    | Superficie | Ce    | Ci   | C     | W-x (kgf/m2) | W-x (kgf/m2) |
| Vertical                                    | B          | 0.80  |      | 0.80  | 22.50        | 22.50        |
|   | b          | 0.80  | -0.6 | 1.40  | 39.38        | 39.38        |
|   | A          | -0.60 |      | -0.60 | -16.88       | -16.88       |
|   | a          | -0.60 | 0.8  | -1.40 | -39.38       | -39.38       |
| Inclinada                                   | D          | 0.70  |      | 0.70  | 19.69        | 19.69        |
|   |            | -0.30 |      | -0.30 | -8.44        | 19.69        |
|   | d          | 0.70  | -0.6 | 1.30  | 36.56        | 36.56        |
|   |            | -0.30 | -0.6 | 0.30  | 8.44         | 36.56        |
|   | C          | -0.60 |      | -0.60 | -20.02       | -20.02       |
|   | c          | -0.60 | 0.8  | -1.40 | -46.72       | -46.72       |
|   | E          | -0.60 |      | -0.60 | -20.02       | -20.02       |
|   | e          | -0.60 | 0.8  | -1.40 | -46.72       | -46.72       |

– Carga por viento en la dirección "Y" (Wy)

Diagrama de factores de forma para la carga exterior e interior por viento en la dirección "Y"



Fuente: Elaboración propia

| Carga por viento en la dirección "Y" (Wy) |            |       |     |       |             |             |
|---|------------|-------|-----|-------|-------------|-------------|
| Posición                                  | Superficie | Ce    | Ci  | C     | Wy (kgf/m2) | Wy (kgf/m2) |
| Vertical                                  | A          | -0.70 | 0.3 | -1.00 | -28.13      | -28.13      |
|   | B          | -0.70 | 0.3 | -1.00 | -28.13      | -28.13      |
|   | C          | -0.70 | 0.3 | -1.00 | -33.37      | -33.37      |
| Inclinada                                 | D          | -0.70 | 0.3 | -1.00 | -33.37      | -33.37      |
|   | E          | -0.70 | 0.3 | -1.00 | -33.37      | -33.37      |

– Carga por viento en la dirección "-Y" (W-y)

Es igual a la carga por viento en la dirección "Y" (Wy), ya que, la forma de la estructura es la misma para ambas direcciones.

## 7. Modelamiento en SAP 2000

### 7.1. Creación del modelo matemático

– Se crea un modelo a partir de grillas en los ejes X, Y, Z.

– Se define las propiedades de los materiales: Para la madera tipo A, Concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

**S Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: MADERA TIPO A - CHILMAR

Material Type: Other

Material Grade: 1000.34 kg/m3

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 1.000E-03

Mass per Unit Volume: 1.020E-06

Units: Kg, cm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 95000

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 3.9E-06

Shear Modulus, G: 36538.46

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

**S Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: CONCRETO f'c=210 kg/cm2

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c = 210 kg/cm2

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.400E-03

Mass per Unit Volume: 2.447E-06

Units: Kg, cm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 218819.78886746

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 91174.91

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 210

Expected Concrete Compressive Strength: 210

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

– Se define las secciones de los elementos a utilizar.

**S Rectangular Section**

Section Name: CORREA 4\"X8\"

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color:

**Dimensions**

Depth (t3): 0.19

Width (t2): 0.09

**Section**

**Properties**

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: MADERA TIPO A - CHILM

Property Modifiers: Set Modifiers...

OK Cancel

**S Rectangular Section**

Section Name: BRIDA SUPERIOR 3\"X6\"

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color:

**Dimensions**

Depth (t3): 0.14

Width (t2): 0.065

**Section**

**Properties**

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: MADERA TIPO A - CHILM

Property Modifiers: Set Modifiers...

OK Cancel

**S Rectangular Section**

Section Name: BRIDA INFERIOR 3\"X8\"

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color:

**Dimensions**

Depth (t3): 0.19

Width (t2): 0.065

**Section**

**Properties**

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: MADERA TIPO A - CHILM

Property Modifiers: Set Modifiers...

OK Cancel

**S Rectangular Section**

Section Name: DIAGONAL 3\"X6\"

Section Notes: Modify/Show Notes...

Display Color:

**Dimensions**

Depth (t3): 0.14

Width (t2): 0.065

**Section**

**Properties**

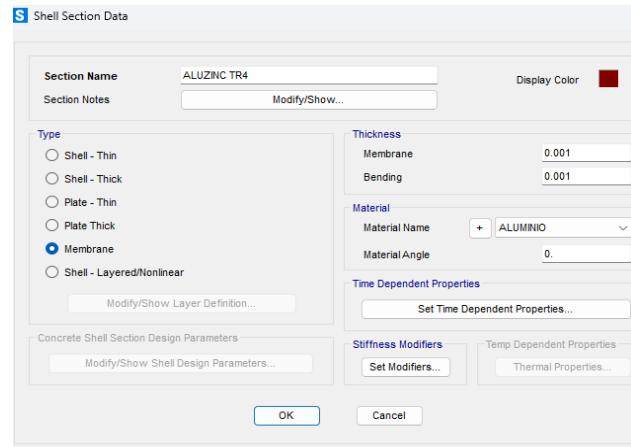
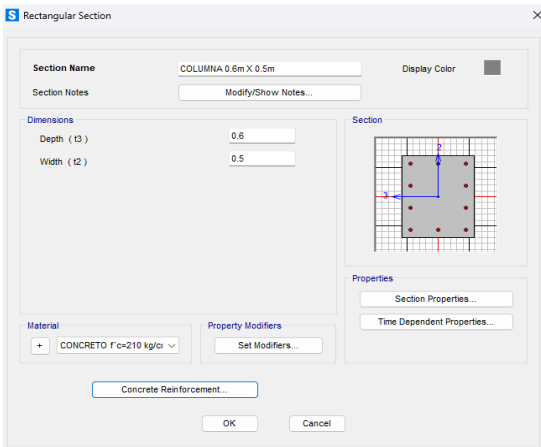
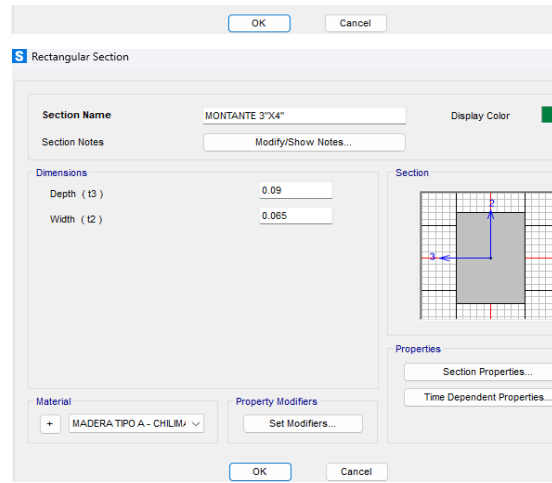
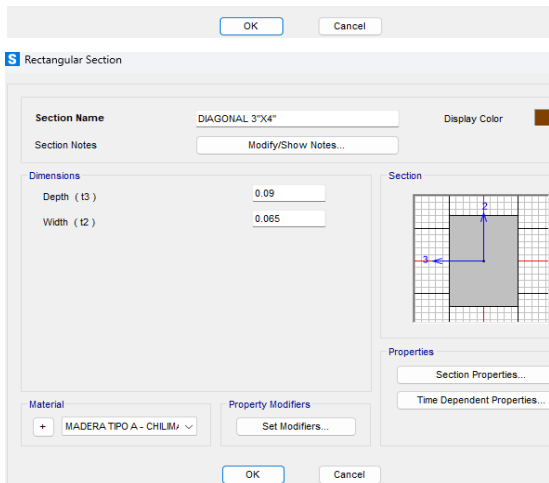
Section Properties...

Time Dependent Properties...

Material: MADERA TIPO A - CHILM

Property Modifiers: Set Modifiers...

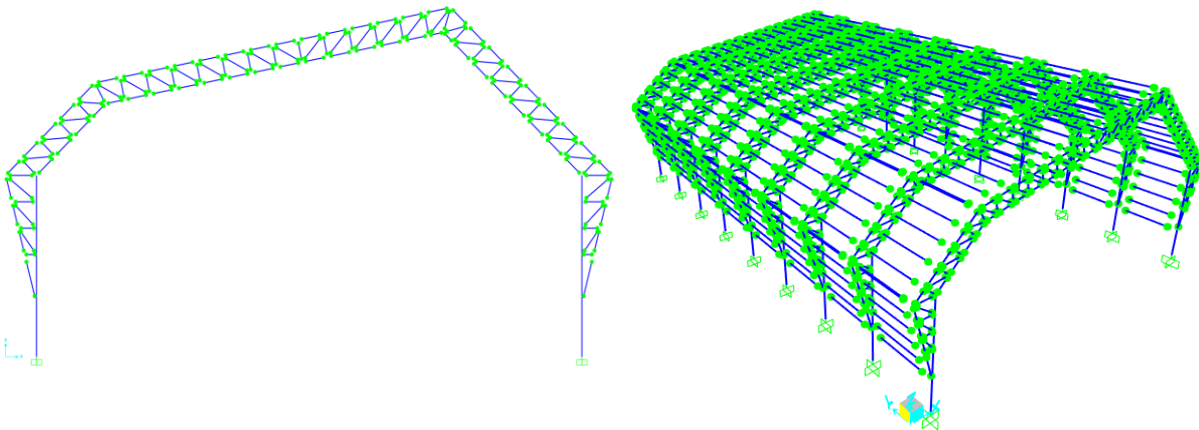
OK Cancel

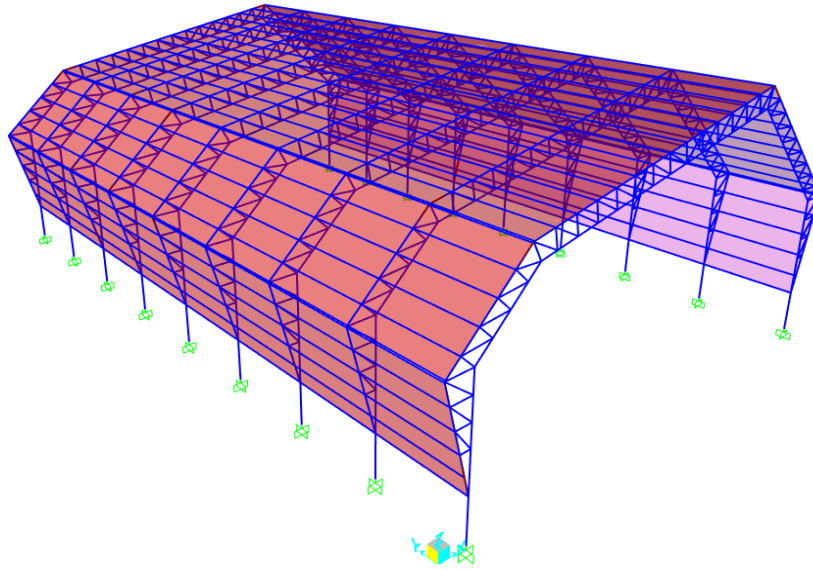


– Se dibuja el modelo matemático a partir de elementos frame para los componentes de la armadura y para las columnas, asimismo, a partir de un área (shell tipo membrana) para el Aluzinc TR4.

– Se liberan los momentos 3-3 en los componentes de la armadura, ya que, tendrán una unión articulada mediante pletinas y pernos; pues todas las fuerzas que se desprendán pasarán por un mismo punto en el nodo lo que ocasiona que no exista excentricidad y por lo tanto no exista momentos.

– Se asignan los apoyos como empotrados en la base de las columnas.





## 7.2. Espectro de Pseudo - Aceleración

Los espectros de Pseudo - Aceleración sísmica en la dirección "X" e "Y", se obtienen a partir de los parámetros sísmicos establecidos en la norma E.030 Diseño Sismoresistente.

| <i>Item</i> | <i>Descripción</i>                | <i>Simbolo</i> | <i>Valor</i> | <i>Observación</i>   |
|-------------|-----------------------------------|----------------|--------------|--|
| 1           | Factor de zona                    | Z              | 0.25         | Zona 2 -Chota  |
| 2           | Factor de uso y categoría         | U              | 1.30         | B - Coliseo  |
| 3           | Factor de amplificación del suelo | S              | 1.20         | S2 - Suelo intermedio  |
| 4           | Periodo del factor C              | TP             | 0.60         | Periodo que define la plataforma del factor C  |
|             |                                   | TL             | 2.00         | Periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.   |
| 5           | Factor de Irregularidad en altura | Iax            | 1.00         | En el eje X, regular   |
|             |                                   | Iay            | 1.00         | En el eje Y, regular   |
| 6           | Factor de Irregularidad en planta | Ipx            | 1.00         | En el eje X, regular   |
|             |                                   | Ipy            | 1.00         | En el eje Y, regular   |
| 7           | Periodo fundamental de vibración  | hn             | 14.75        | hn - Altura desde el nivel 0+00  |
|             |                                   | Tx             | 0.42 seg     | T = hn/CT; CT = 35   |
| 8           | Factor de amplificación sísmica   | Ty             | 0.42 seg     |  |
|             |                                   | C              | 2.50         | T < TP, en direccion X y Y   |
| 9           | Coeficiente de reducción sísmica  | Rx             | 2.50         | Recomendación de norma ASCE/SEI 7-16 (Tabla 12.2-1) para estructuras con coberturas a base de tijerales y columnas de concreto libres o con cerramientos livianos. |
|             |                                   | Ry             | 2.50         |  |
| 10          | Factor de cortante basal estática | Vx             | 0.3900       | Vx=SUCS/Rx; para SAP 2000  |
|             |                                   | Vy             | 0.3900       | Vy=SUCS/Ry; para SAP 2000  |
|             | <i>Condición:</i><br>C/R ≥ 0.11   | En X           | 1.00         | Ok   |
|             |                                   | En y           | 1.00         | Ok   |

## Espectro de Pseudo - Aceleración X

Peru NTE E.030 2014 Function Definition

Function Name: E. P-a X

Function Damping Ratio: 0.05

Parameters

- Seismic Zone: Zone 2
- Occupation Category: B
- Soil Type: S2
- Irregularity Factor, Ia: 1.
- Irregularity Factor, Ip: 1.
- Basic Response Modification Factor, R0: 2.5

Convert to User Defined

Define Function

| Period | Acceleration |
|--------|--------------|
| 0.     | 0.39         |
| 0.1    | 0.39         |
| 0.2    | 0.39         |
| 0.3    | 0.39         |
| 0.4    | 0.39         |
| 0.5    | 0.39         |
| 0.6    | 0.39         |
| 0.7    | 0.3343       |
| 0.8    | 0.2925       |
| 0.9    | 0.26         |
| 1.     | 0.234        |
| 1.2    | 0.195        |
| 1.5    | 0.156        |
| 1.7    | 0.1376       |

Function Graph

Display Graph

0.0,0.0

OK Cancel

## Espectro de Pseudo - Aceleración Y

Peru NTE E.030 2014 Function Definition

Function Name: E. P-a Y

Function Damping Ratio: 0.05

Parameters

- Seismic Zone: Zone 2
- Occupation Category: B
- Soil Type: S2
- Irregularity Factor, Ia: 1.
- Irregularity Factor, Ip: 1.
- Basic Response Modification Factor, R0: 2.5

Convert to User Defined

Define Function

| Period | Acceleration |
|--------|--------------|
| 0.     | 0.39         |
| 0.1    | 0.39         |
| 0.2    | 0.39         |
| 0.3    | 0.39         |
| 0.4    | 0.39         |
| 0.5    | 0.39         |
| 0.6    | 0.39         |
| 0.7    | 0.3343       |
| 0.8    | 0.2925       |
| 0.9    | 0.26         |
| 1.     | 0.234        |
| 1.2    | 0.195        |
| 1.5    | 0.156        |
| 1.7    | 0.1376       |

Function Graph

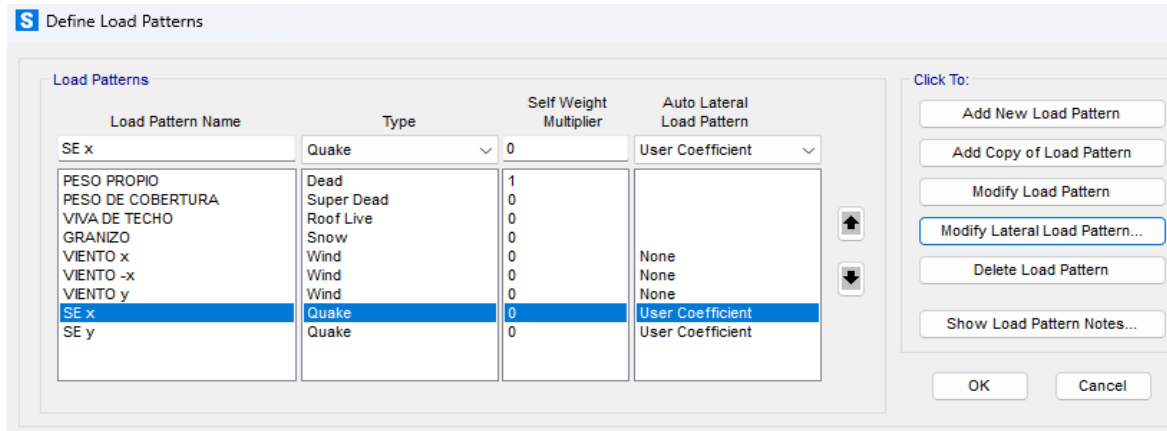
Display Graph

0.0,0.0

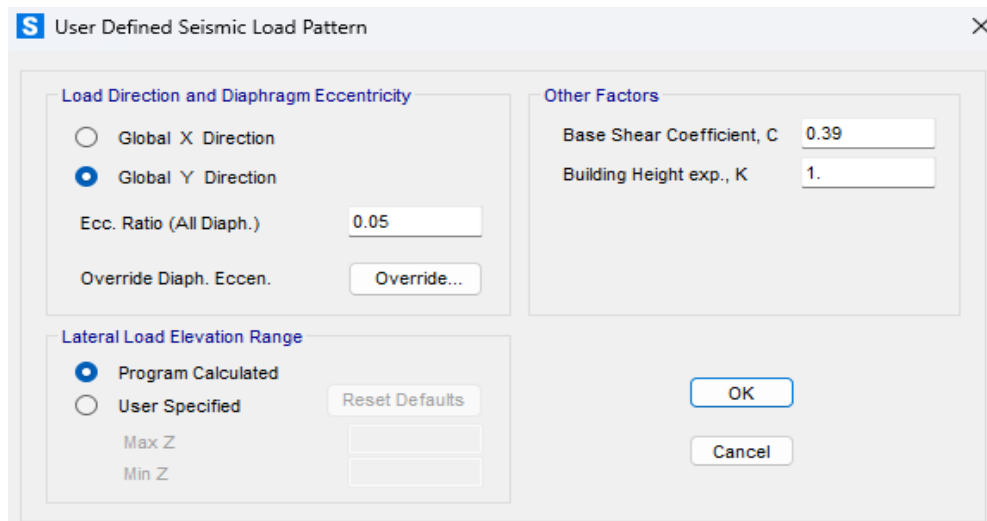
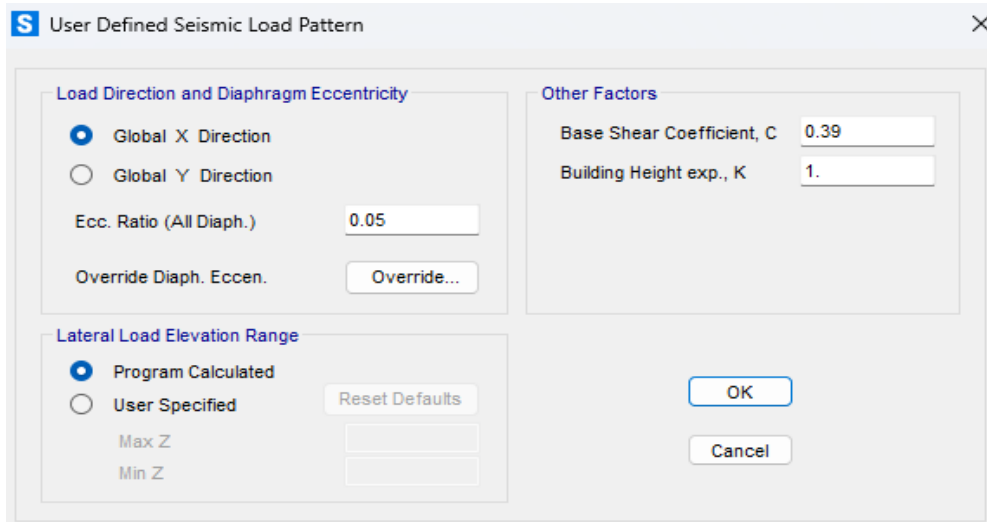
OK Cancel

### 7.3. Patrones de carga

Se define las cargas que actuarán en la estructura, teniendo en cuenta que la carga muerta por peso propio de la estructura excepto del Aluzinc TR4 se calculará con el software SAP 2000 y que las demás cargas se asignarán manualmente.

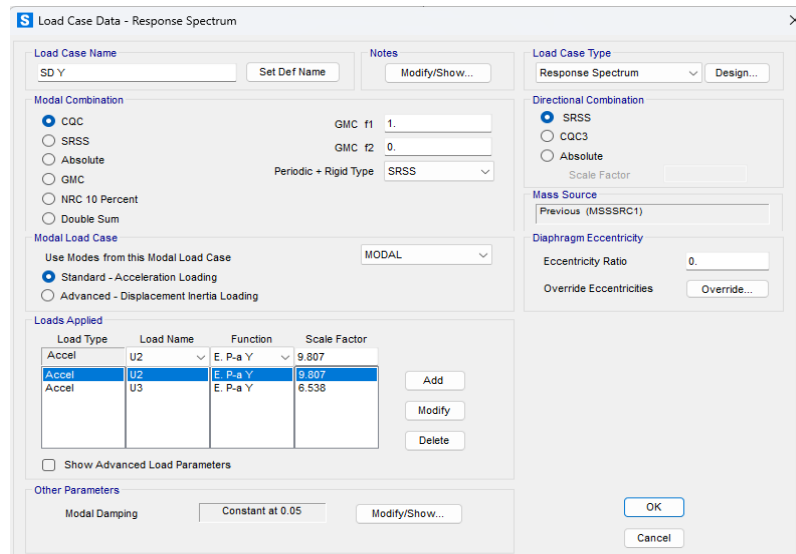
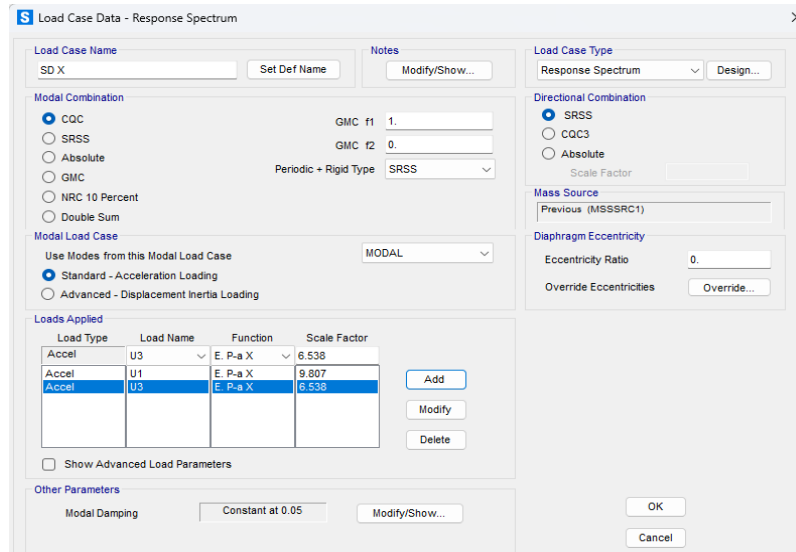
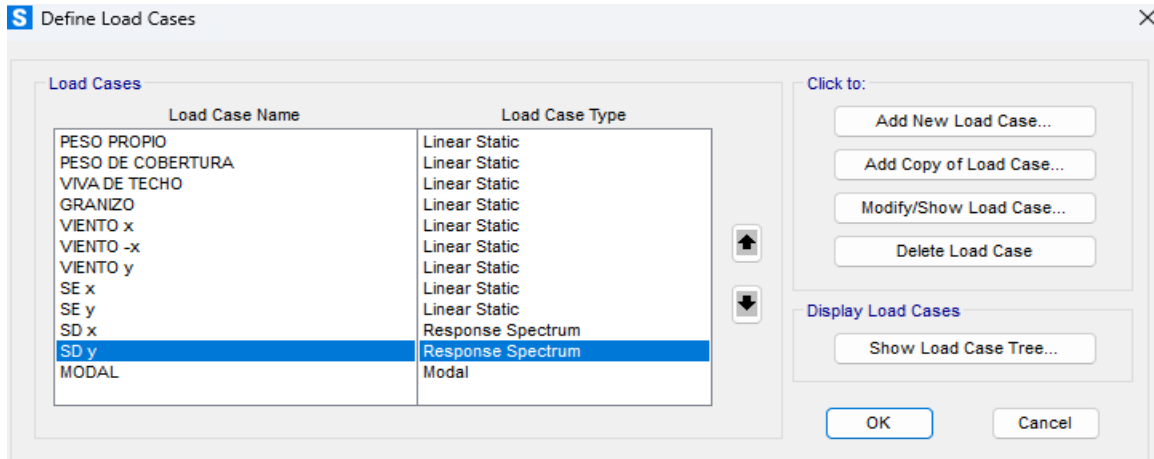


Para la carga por sismo estático en la dirección "X" e "Y" se define mediante el coeficiente de cortante basal estática calculada anteriormente con los parámetros sísmicos.



## 7.4. Casos de carga

Se define el sismo dinámico modal espectral en la dirección "X" e "Y" mediante el espectro de pseudo-aceleración creado para cada dirección y el factor de escala de la gravedad 9.807 m/s<sup>2</sup>, se considera el 100% del espectro en la dirección del análisis y los 2/3 del mismo en la dirección vertical.



### 7.5. Combinación de cargas para diseño por esfuerzos admisibles

Se establecen las combinaciones (1), (2), (3) y (5) que muestra el artículo 19 de la norma E.020, las combinaciones a utilizar para el análisis son las que producen los efectos más desfavorables en el elemento estructural; asimismo, la carga de granizo se considera como carga viva, y no se incluye en el diseño la presencia simultanea de viento y granizo según el artículo 11 (11.11) de la norma E.020.

|   |                           |  |
|---|---------------------------|--|
| 1 | <b>D</b>                  | <b>D</b>                                 |
| 2 | <b>D + L</b>              | <b>D + L</b>                             |
|   |                           | <b>D + W<sub>x</sub></b>                 |
|   | <b>D + (W) ó</b>          | <b>D + W<sub>-x</sub></b>                |
| 3 |                           | <b>D + W<sub>y</sub></b>                 |
|   | <b>D + (0.7 S)</b>        | <b>D + 0.7 S<sub>x</sub></b>             |
|   |                           | <b>D + 0.7 S<sub>y</sub></b>             |
|   |                           | <b>0.75 (D + L + W<sub>x</sub>)</b>      |
|   | <b>α (D + L + W) ó</b>    | <b>0.75 (D + L + W<sub>-x</sub>)</b>     |
| 5 |                           | <b>0.75 (D + L + W<sub>y</sub>)</b>      |
|   |                           | <b>0.75 (D + L + 0.70 S<sub>x</sub>)</b> |
|   | <b>α (D + L + 0.70 S)</b> | <b>0.75 (D + L + 0.70 S<sub>y</sub>)</b> |

Donde, D carga muerta, L carga viva, W carga por viento, S carga por sismo, α factor con un valor mínimo de 0.75.

The figure displays four screenshots of the 'Load Combination Data' dialog box, illustrating the configuration of different load combinations as defined in the table above.

- Top Left Screenshot:** Shows the configuration for combination 1. The 'Load Combination Name' is 'D'. The 'Load Case Name' table contains 'PESO PROPIO' and 'PESO DE COBERTURA', both with a 'Scale Factor' of 1.
- Top Right Screenshot:** Shows the configuration for combination 2. The 'Load Combination Name' is 'D + L'. The 'Load Case Name' table contains 'PESO PROPIO', 'PESO DE COBERTURA', and 'GRANIZO', all with a 'Scale Factor' of 1.
- Bottom Left Screenshot:** Shows the configuration for combination 3. The 'Load Combination Name' is 'D + W<sub>x</sub>'. The 'Load Case Name' table contains 'PESO PROPIO', 'PESO DE COBERTURA', and 'VIENTO x', all with a 'Scale Factor' of 1.
- Bottom Right Screenshot:** Shows the configuration for combination 5. The 'Load Combination Name' is 'D + 0.7 SD<sub>x</sub>'. The 'Load Case Name' table contains 'PESO PROPIO', 'PESO DE COBERTURA', and 'SD x', all with a 'Scale Factor' of 1.

**S Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name    | Load Case Type | Mode | Scale Factor |
|-------------------|----------------|------|--------------|
| PESO PROPIO       | Linear Static  |      | 0.75         |
| PESO DE COBERTURA | Linear Static  |      | 0.75         |
| VIVA DE TECHO     | Linear Static  |      | 0.75         |
| VIENTO x          | Linear Static  |      | 0.75         |

**S Load Combination Data**

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name    | Load Case Type    | Mode | Scale Factor |
|-------------------|-------------------|------|--------------|
| PESO PROPIO       | Linear Static     |      | 0.75         |
| PESO DE COBERTURA | Linear Static     |      | 0.75         |
| VIVA DE TECHO     | Linear Static     |      | 0.75         |
| GRANZO            | Linear Static     |      | 0.75         |
| SD x              | Response Spectrum |      | 0.525        |

**S Define Load Combinations**

Load Combinations

- D
- D + L
- D + Wx
- D + W-x
- D + Wy
- D + 0.7 SDx
- D + 0.7 SDy
- 0.75 (D + L + Wx)
- 0.75 (D + L + W-x)
- 0.75 (D + L + Wy)
- 0.75 (D + L + 0.70 SDx)
- 0.75 (D + L + 0.70 SDy)

Click to:

## 7.6. Asignación de cargas.

La carga por peso del Aluzinc TR4, carga viva, carga por granizo se asigna de manera gravitacional (ejes globales) y las cargas por viento se asignan de manera perpendicular a la superficie de la cobertura (ejes locales).

**S Assign Area Uniform Loads to Frames**

General

Load Pattern

Coordinate System

Load Direction

Load Distribution

Uniform Load

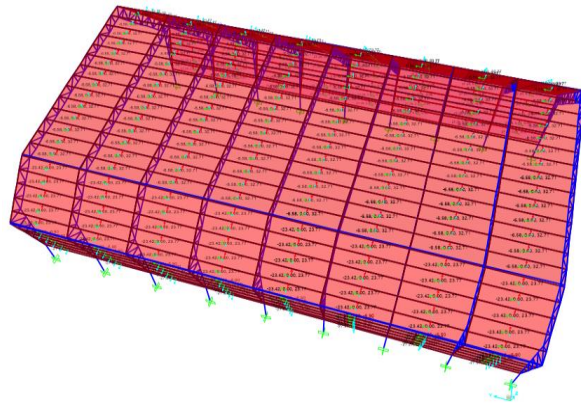
Load  kgf/m<sup>2</sup>

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads



### 7.7. Estimación del peso (P)

Se estima el peso de acuerdo al artículo 26 de la norma E.030, donde indica que para techos en general, se toma el 100% de la carga muerta total y el 25% de la carga viva de techo.

Mass Source Name: P=100%D+25%L

Mass Source:

- Element Self Mass and Additional Mass
- Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

| Load Pattern      | Multiplier |
|-------------------|------------|
| VIVA DE TECHO     | 0.25       |
| PESO PROPIO       | 1          |
| PESO DE COBERTURA | 1          |
| VIVA DE TECHO     | 0.25       |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

## 8. Análisis

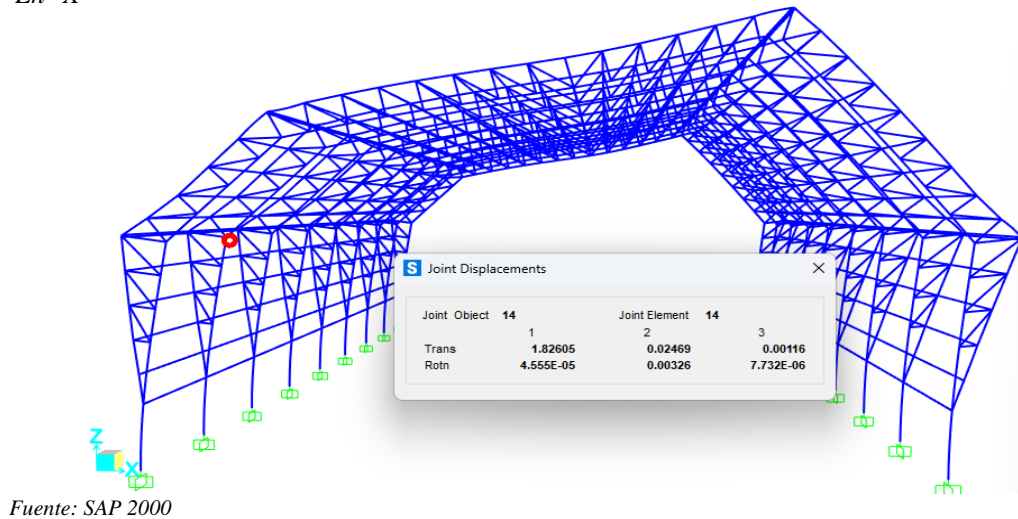
### 8.1. Verificación de desplazamiento máximo lateral – Por carga sísmica

Se verifica mediante el criterio de derivas máximas permitidas, según el artículo 31 (31.1) de la norma E.30, donde los desplazamientos elásticos del análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas se convierten a desplazamientos inelásticos al multiplicarlo por 0.75R (por ser una estructura regular), y, el cociente resultante de los desplazamientos inelásticos entre la altura del elemento a evaluar no debe exceder a las derivas indicadas en la TABLA N°11 del artículo 32 de la norma E.030.

| Dirección | Caso de carga | Desplazamiento elástico máximo producido - $D_{em}$ | Desplazamiento inelástico máx. - $D_{im} = D_{em} * 0.75 * R$<br>$R_x = 2.5; R_y = 2.5$ | Deriva - $D = D_{im} / h$<br>$h = 800 \text{ cm}$ | Deriva máxima en Concreto A., según Art. 32 de E.030 | $D < D_m$ |
|-----------|---------------|---|---|---|--|-----------|
| X         | SDx           | 1.8261 cm   | 3.4238 cm   | 0.0043  | 0.007  | ok        |
| Y         | SDy           | 0.9146 cm   | 1.7148 cm   | 0.0021  | 0.007  | ok        |

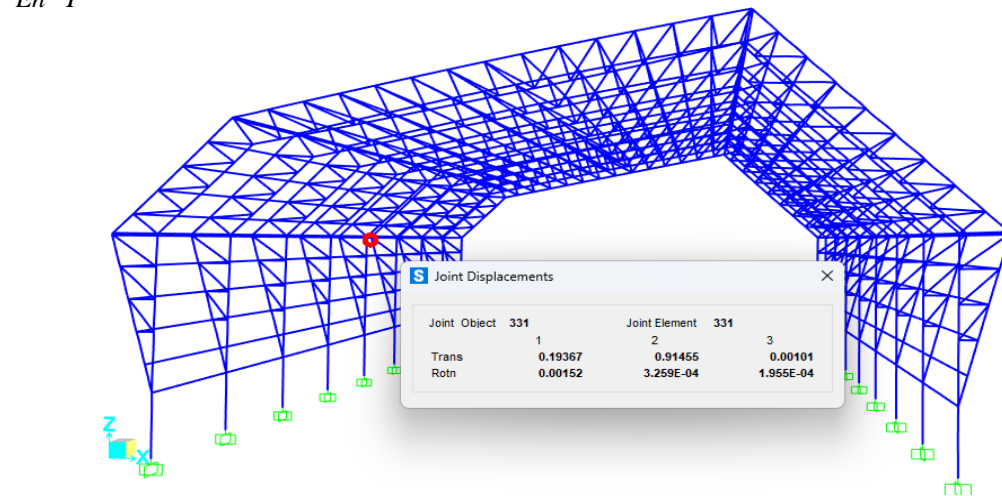
El desplazamiento máximo se ha analizado en la parte superior de las columnas, las derivas están por debajo de las máximas permitidas, lo cual es adecuado.

*Desplazamientos elásticos máximos en la dirección "X" e "Y"*  
En "X"



Fuente: SAP 2000

En "Y"



Fuente: SAP 2000

**– Por carga de viento**

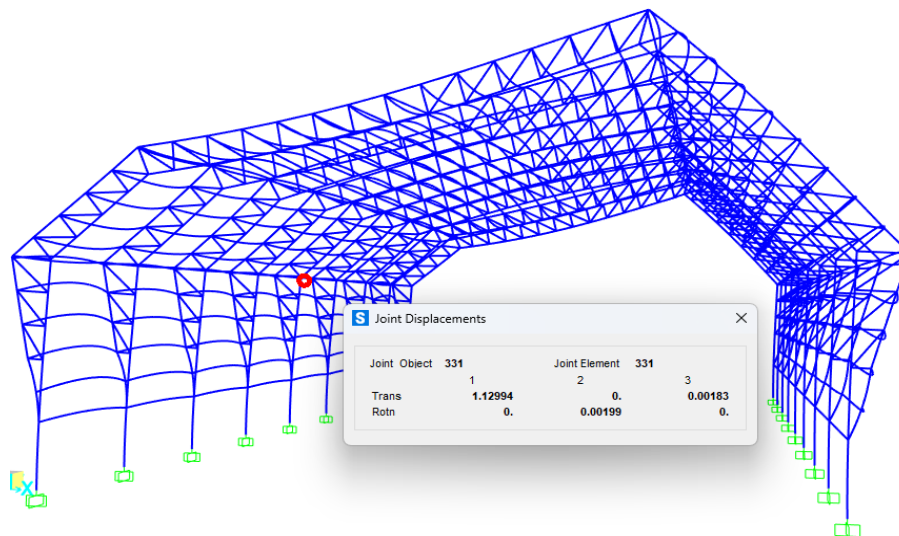
Se verifica mediante el criterio del máximo desplazamiento relativo entre pisos causado por el viento, el artículo 24 de la norma E.020 establece no exceder al 1% de la altura del piso (altura de las columnas).

| Dirección | Caso de carga | Desplazamiento lateral máximo producido - $D_l$ | Desplazamiento relativo máximo -                              |                 |
|-----------|---------------|---|---|-----------------|
|           |               |   | $D_{r m} = 1\%h; h=800 \text{ cm};$<br>según Art. 24 de E.020 | $D_l < D_{r m}$ |
| X         | VIENTO x      | 1.1299 cm                                       | 8.00 cm   | ok              |
| -X        | VIENTO -x     | -1.3005 cm                                      | 8.00 cm   | ok              |
| Y         | VIENTO y      | 0.0092 cm                                       | 8.00 cm   | ok              |

El desplazamiento máximo se ha analizado en la parte superior de las columnas, éstos están por debajo del máximo permitido, lo cual es adecuado.

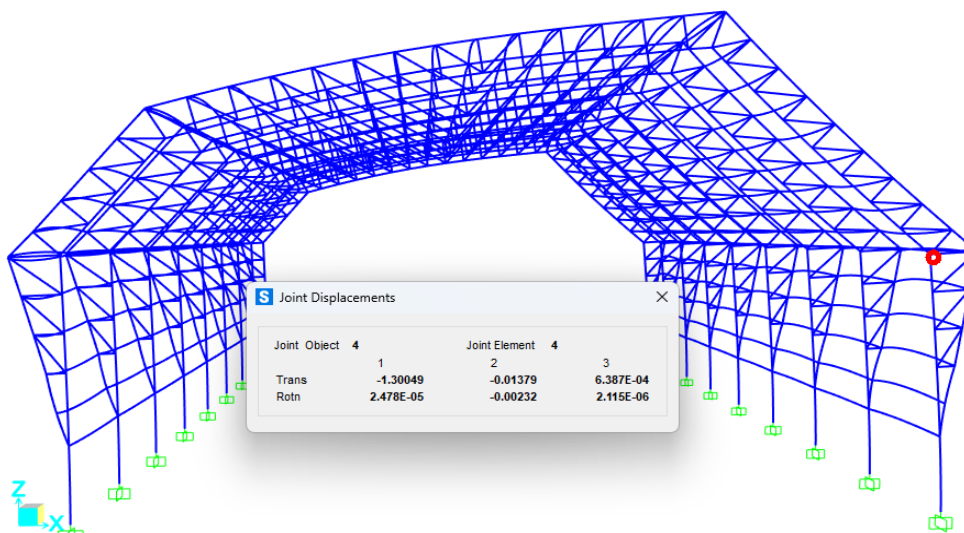
*Desplazamientos laterales máximo producidos por viento en la dirección "X", "-X", "Y"*

En "X"



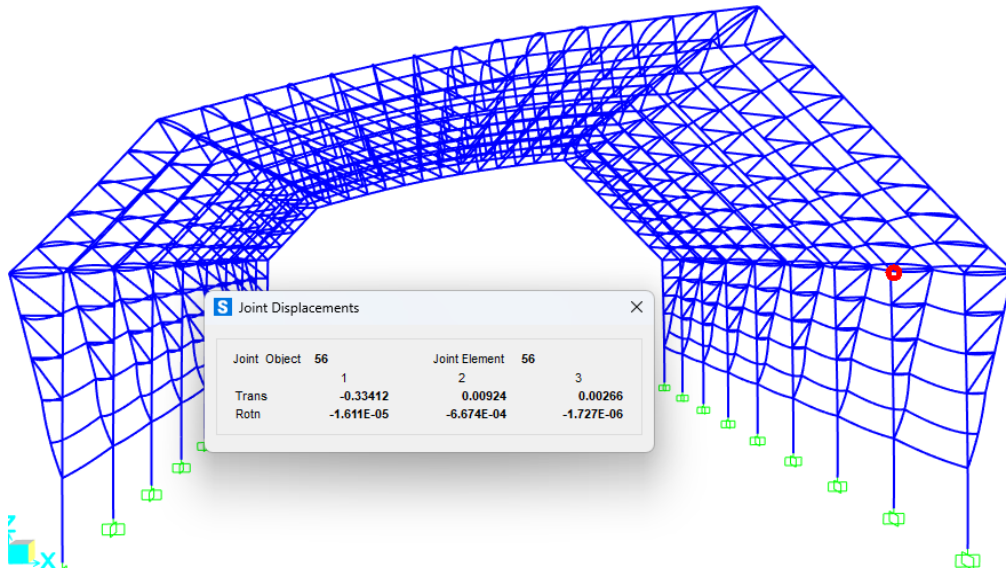
Fuente: SAP 2000

En "-X"



Fuente: SAP 2000

En "Y"



Fuente: SAP 2000

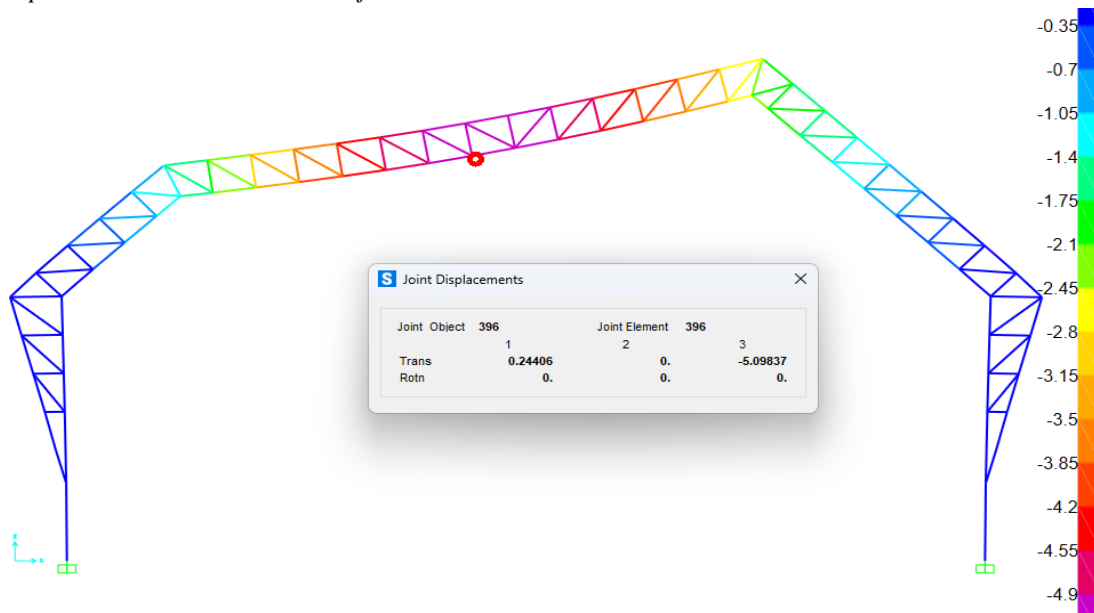
### 8.2. Verificación de desplazamiento máximo vertical - control de flechas

Se verifica mediante el criterio del máximo valor de flecha producida por la acción conjunta de la carga muerta más la carga viva, dicho valor para techos no debe exceder a  $l/180$ , como lo indica el artículo 25 (25.1) y TABLA 6 de la norma E.020; donde  $l$ : Luz libre de la armadura.

| Dirección | Caso de carga | Flecha máxima producida - $F$ | Flecha máxima permisible - $F_m = l/180$ , según Art. 25 de E.020. | $F < F_m$ |
|-----------|---------------|-------------------------------|--|-----------|
| Z         | D+L           | -5.0984 cm                    | 14.0556 cm   | ok        |

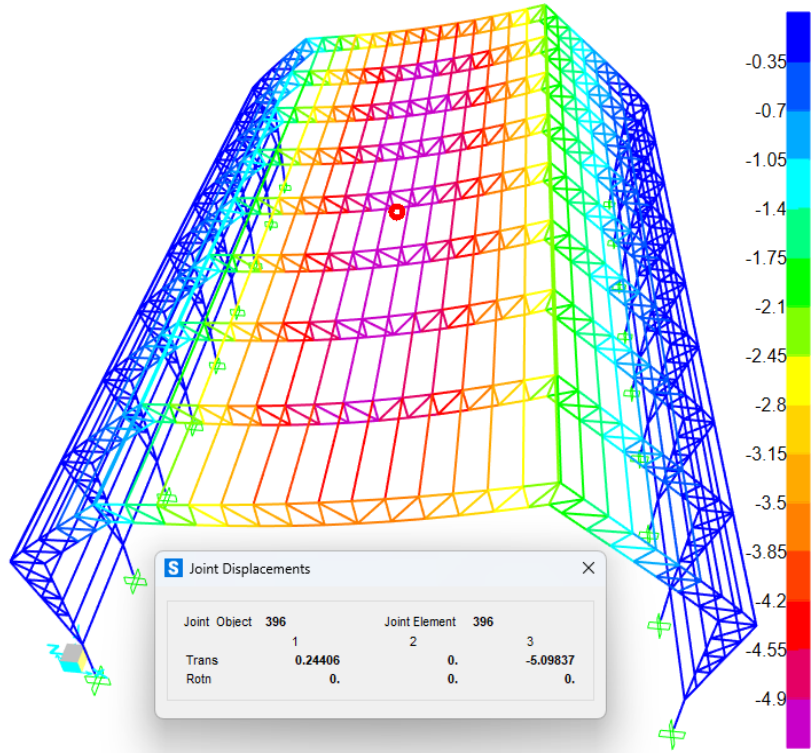
La flecha máxima se encuentra en la parte central de la armadura correspondiente al eje 5-5, está por debajo de la máxima permitida, lo cual es adecuado.

Desplazamiento máximo vertical eje 5-5



Fuente: SAP 2000

*Desplazamiento máximo vertical*



Fuente: SAP 2000

**8.3. Verificación de cortante mínima en la base**

Se verifica de acuerdo al artículo 29 (29.4.1) de la norma E.030, donde la fuerza cortante basal dinámica no será menor al 80% de la fuerza cortante basal estática (por ser una estructura regular), de ser menor se escalará proporcionalmente la fuerza sísmica del análisis modal espectral, el cual afectará solo al diseño y no a los desplazamientos o deformaciones calculados anteriormente.

**– Fuerza cortante en la base para el análisis estático ( $V_e$ )**

| Dirección | Caso de carga   | Fuerza cortante en la base - $V_e$ |
|-----------|-----------------|------------------------------------|
| X         | SE <sub>x</sub> | -61.006 Tnf                        |
| Y         | SE <sub>y</sub> | -61.006 Tnf                        |

**– Fuerza cortante en la base para el análisis dinámico modal espectral ( $V_d$ )**

| Dirección | Caso de carga   | Fuerza cortante en la base - $V_d$ | Fuerza cortante mínima - 80% $V_e$ | Factor de escala |
|-----------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| X         | SD <sub>x</sub> | 39.589 Tnf                         | 48.805 Tnf                         | 1.233            |
| Y         | SD <sub>y</sub> | 34.071 Tnf                         | 48.805 Tnf                         | 1.432            |

La fuerza cortante basal dinámica es menor al 80% de la fuerza cortante basal estática, por lo tanto, se aplica el factor de escala a las fuerzas sísmicas del análisis dinámico modal espectral con 1.233 para la dirección "X" y 1.432 para la dirección "Y"; seguidamente se corre el programa y se procede a realizar el diseño.

Fuerzas sísmicas del análisis dinámico modal espectral en la dirección "X", "Y" escaladas.

En "X"

**S** Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SD x    Set Def Name    Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum    Design...

Modal Combination:
 

- CQC    GMC f1: 1.    Periodic + Rigid Type: SRSS
- SRSS    GMC f2: 0.
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Modal Load Case:
 

- Use Modes from this Modal Load Case: MODAL
- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Directional Combination:
 

- SRSS
- CQC3
- Absolute
- Scale Factor: [ ]

Mass Source: Previous (P=100%D+25%L)

Diaphragm Eccentricity:
 

- Eccentricity Ratio: 0.
- Override Eccentricities: Override...

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|-----------|-----------|----------|--------------|
| Accel     | U3        | E. P-a X | 8.061354     |
| Accel     | U1        | E. P-a X | 12.092031    |
| Accel     | U3        | E. P-a X | 8.061354     |

Add    Modify    Delete

Fuente: SAP 2000

En "Y"

**S** Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SD y    Set Def Name    Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum    Design...

Modal Combination:
 

- CQC    GMC f1: 1.    Periodic + Rigid Type: SRSS
- SRSS    GMC f2: 0.
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Modal Load Case:
 

- Use Modes from this Modal Load Case: MODAL
- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Directional Combination:
 

- SRSS
- CQC3
- Absolute
- Scale Factor: [ ]

Mass Source: Previous (P=100%D+25%L)

Diaphragm Eccentricity:
 

- Eccentricity Ratio: 0.
- Override Eccentricities: Override...

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|-----------|-----------|----------|--------------|
| Accel     | U3        | E. P-a Y | 9.362416     |
| Accel     | U2        | E. P-a Y | 14.043624    |
| Accel     | U3        | E. P-a Y | 9.362416     |

Add    Modify    Delete

Fuente: SAP 2000

## 9. Diseño de elementos de madera

### 9.1. Datos de la madera:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| – Madera a utilizar:               | Tipo A - "Myrcianthes rhopaloides (Kunt)" |
| – Esfuerzos admisibles:            |   |
| $f_m = 210 \text{ kg/cm}^2$        | Flexión estática                          |
| $f_t = 145 \text{ kg/cm}^2$        | Tracción paralela                         |
| $f_c = 145 \text{ kg/cm}^2$        | Compresión paralela                       |
| $f_{cp} = 40 \text{ kg/cm}^2$      | Compresión perpendicular                  |
| $f_v = 15 \text{ kg/cm}^2$         | Corte paralelo                            |
| $E_{\min} = 95000 \text{ kg/cm}^2$ | Modulo de elasticidad mínimo              |
| $\gamma = 1000.34 \text{ kg/m}^3$  | Peso específico                           |

### 9.2. Diseño de correa

Se diseña bajo lo establecido en el artículo 5 de la norma E.010 Madera, para ello se encontrará una inercia que cumpla con las deflexiones máximas admisibles producidas a partir de los siguientes casos de combinación de cargas: Actuando las cargas permanentes más la sobrecarga de servicio simultaneamente (D+L) y actuando la sobrecarga de servicio sola (L). Cabe mencionar que se diseñará la correa que muestre mayor sollicitación y a partir de ésta se uniformizará las dimensiones para las demás.

#### a) Dimensiones del elemento

Considerando dimensiones comerciales en "in" y dimensiones reales en "cm".

$$\begin{aligned}
 l &= 5.00 \text{ m} &= 500 \text{ cm} && \text{Longitud} \\
 b &= 4.00 \text{ in} &= 9.00 \text{ cm} && \text{Base} \\
 h &= 8.00 \text{ in} &= 19.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\
 A &= 171.00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

#### b) Parámetros de la sección del elemento

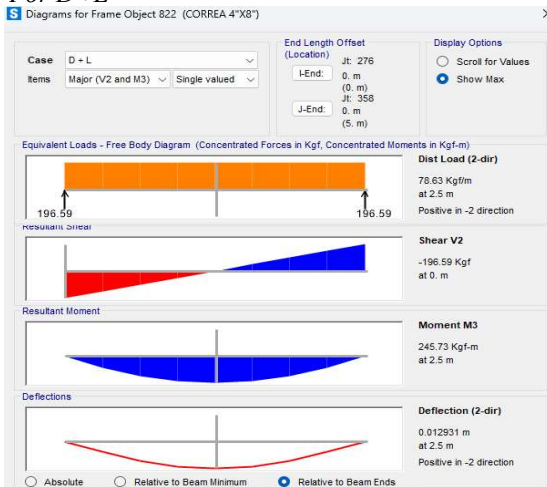
$$\begin{aligned}
 I_x &= bh^3/12 &= 5144.25 \text{ cm}^4 && \text{Momento de inercia en la dirección x-x} \\
 Z_x &= bh^2/6 &= 541.50 \text{ cm}^3 && \text{Módulo de sección Z en la dirección x-x}
 \end{aligned}$$

#### c) Efectos máximos

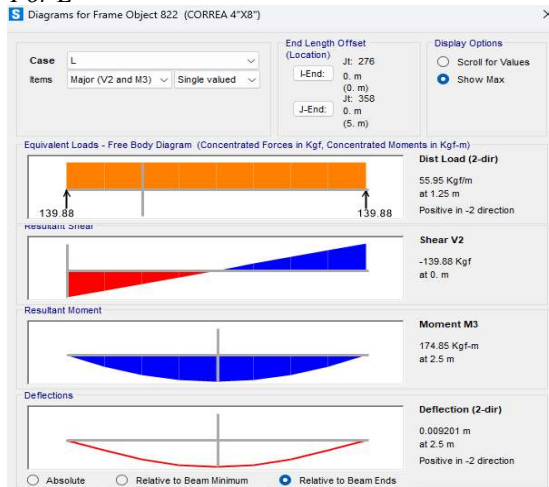
$$\begin{aligned}
 W_1 &= D + L &= 78.63 \text{ kgf/m} && \text{Cargas permanentes + sobrecarga de servicio} \\
 W_2 &= L &= 55.95 \text{ kgf/m} && \text{Sobrecarga de servicio} \\
 M_u &= 245.73 \text{ kgf-m} &&& \text{Momento flector máximo} \\
 V_u &= 196.59 \text{ kgf} &&& \text{Cortante máximo}
 \end{aligned}$$

Momento flector máximo en correa por combinación de carga D+L, L

Por D+L

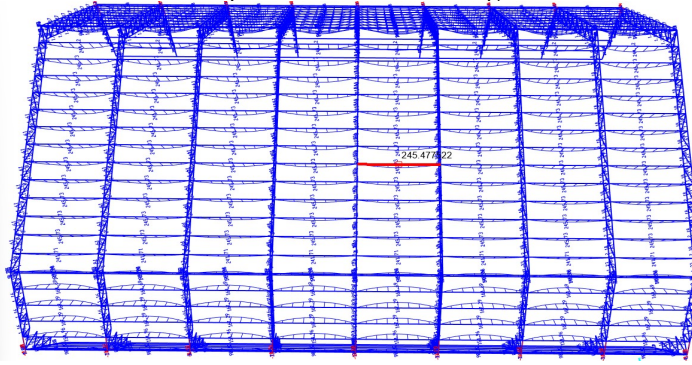


Por L



Fuente: SAP 2000

Momento flector máximo en correa por combinación de carga D+L



Fuente: SAP 2000

- d) Momento de inercia I, requerido por limitación de deflexiones, para una viga simplemente apoyada Según el artículo 5(5.2) de la norma E.010, las deflexiones máximas admisibles no deben ser mayores a las siguientes relaciones:

| DEFLEXIONES MÁXIMAS ADMISIBLES (L/K)        |  |
|---|--|
| Carga actuante                              | Techos inclinados y edificaciones industriales |
| Cargas permanentes + sobrecarga de servicio | L/200  |
| Sobrecarga de servicio                      | L/350 ó 13 mm máx                              |

L: Luz entre caras de apoyos ó distancia de la cara del apoyo al extremo en caso de volados; K:factor.

Fuente: Adaptado del artículo 5(5.2) de la norma E.010 madera

– Para las cargas permanentes + sobrecarga de servicio actuando simultáneamente ( $W_1 = D + L$ )

$$K_1 = 200$$

$$I_1 > \frac{5W_1L^3K_1}{384 E_{\min}} \quad I_1 = 2694.28 \text{ cm}^4$$

– Para la sobrecarga de servicio actuando sola ( $W_2 = L$ )

$$K_2 = 350$$

$$I_2 > \frac{5W_2L^3K_2}{384 E_{\min}} \quad I_2 = 3355.01 \text{ cm}^4$$

$$I_r = 3355.01 \text{ cm}^4 \quad \text{Se considera la Inercia requerida mayor}$$

- e) Módulo de sección Z, requerido por resistencia

$$Z_r > \frac{Mu}{fm} \quad Z_r = 117.01 \text{ cm}^3$$

- f) Verificación de inercia y modulo de sección Z optados con los requeridos.

$$\begin{aligned} I_r &= 3355.01 \text{ cm}^4 < I_x = 5144.25 \text{ cm}^4 && \text{ok} \\ Z_r &= 117.01 \text{ cm}^3 < Z_x = 541.50 \text{ cm}^3 && \text{ok} \end{aligned}$$

- g) Verificación de deflexiones.

$$\begin{aligned} \Delta_{adm D+L} &= L/200 = 2.50 \text{ cm} > \Delta_{D+L} = 1.29 \text{ cm} && \text{ok} \\ \Delta_{adm L} &= L/350 = 1.43 \text{ cm} > \Delta_L = 0.92 \text{ cm} && \text{ok} \\ \Delta_{máx adm L} &= 1.30 \text{ cm} > \Delta_L = 0.92 \text{ cm} && \text{ok} \end{aligned}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{\Delta_{D+L}}{\Delta_{adm D+L}} = 0.52 \quad \frac{D}{C} = \frac{\Delta_L}{\Delta_{adm L}} = 0.64 \quad \frac{D}{C} = \frac{\Delta_L}{\Delta_{máx adm L}} = 0.71$$

h) Cálculo de esfuerzo admisible en el elemento sometido a flexión ( $f_{adm}$ )

$$f_{adm} = \frac{M_u}{Z_x} = 45.38 \text{ kgf/cm}^2 < f_m = 210 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{f_{adm}}{f_m} = 0.22$$

La correa no falla por flexión, ésta trabaja a un 22% de su capacidad, sin embargo, no es posible disminuir la sección para optimizar su capacidad ya que no cumpliría con la inercia y modulo de sección Z requeridos por limitación de deflexiones.

i) Verificación del esfuerzo cortante paralelo a las fibras ( $\tau$ ) en la sección crítica (distancia "h" del apoyo)  
Según el artículo 5(5.3.2), es suficiente verificar la resistencia al corte en una sección ubicada a una distancia igual al peralte del elemento (h), excepto en volados.

$$V_h = V_u - W_l \cdot h = 181.65 \text{ kgf} \quad \text{Cortante a la distancia } h=19 \text{ cm}$$

$$\tau = \frac{1.5V_h}{b \cdot h} = 1.59 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo cortante}$$

$$\tau = 1.59 \text{ kgf/cm}^2 < f_v = 15.00 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{\tau}{f_v} = 0.11$$

j) Verificación del esfuerzo por compresión perpendicular a las fibras en los apoyos ( $\sigma_c$ ) - aplastamiento  
Según el artículo 5(5.3.3), es necesario verificar el esfuerzo a compresión perpendicular a las fibras en los apoyos y otros puntos donde exista cargas concentradas en áreas pequeñas.

$$b = 9.00 \text{ cm} \quad \text{Base de correa}$$

$$c = 4.50 \text{ cm} \quad \text{Ancho disponible de la brida superior para acentar la correa}$$

$$d = 40.50 \text{ cm} \quad \text{Área disponible para acentar la correa}$$

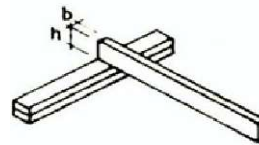
$$\sigma_c = \frac{\text{Reacción}}{d} = \frac{196.59 \text{ Kgf}}{40.50 \text{ cm}^2} = 4.85$$

$$\sigma_c = 4.85 \text{ kgf/cm}^2 < f_{cp} = 40.0 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{ok}$$

k) Verificación de estabilidad lateral

Se verifica con el criterio establecido en el artículo 5 (5.4) de la norma E.010 Madera, el cual está basado en la relación de la altura "h" entre la base "b".

$$\frac{h}{b} = \frac{19 \text{ cm}}{9 \text{ cm}} = 2.1$$



Para una relación  $h/b=2$ , no es necesario restringir con apoyo lateral.

l) Longitud mínima de apoyo (a)

$$a = \frac{V_u}{b f_{cp}} = 0.55 \text{ cm} < c = 4.50 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

El ancho disponible en la brida superior para acentar la correa (c), es suficiente.

**La sección de la correa será  $b = 9 \text{ cm}$ ;  $h=19 \text{ cm}$ .**

### 9.3. Diseño de armadura

Se diseña tomando el elemento que presenta la fuerza interna más alta, tanto para la brida superior, brida inferior, montantes y diagonales; la sección mayor que se obtenga del diseño de cada elemento se uniformizará para cada uno de los componentes de la armadura respectivamente.

#### 9.3.1. Brida superior elemento sometido a tracción

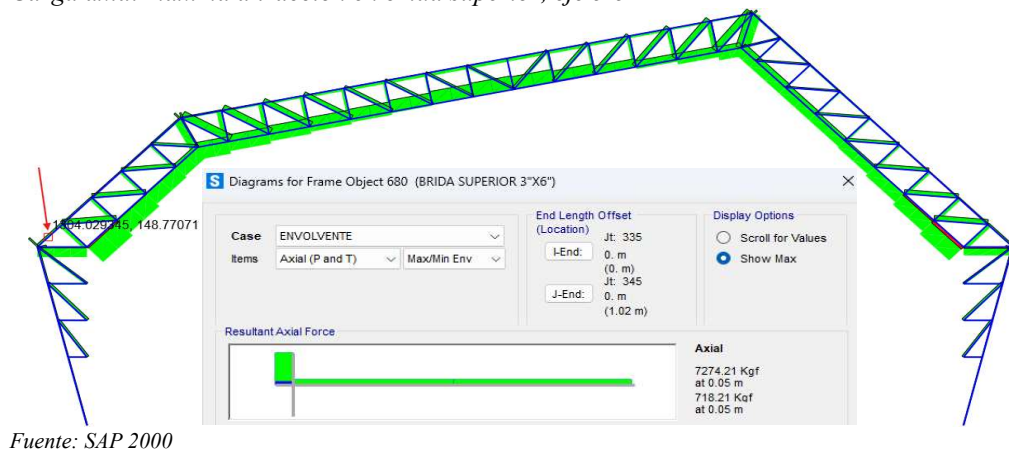
a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned} l &= 1.02 \text{ m} &= 102 \text{ cm} && \text{Longitud} \\ b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\ h &= 6.00 \text{ in} &= 14.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\ A &= 91.00 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal} \end{aligned}$$

b) Efectos máximos

$$\begin{aligned} &ENVOLVENTE && \text{Combinación de carga} \\ N &= 7274.21 \text{ kgf} && \text{Carga axial a tracción} \end{aligned}$$

Carga axial máxima a tracción en brida superior, eje 5-5



Fuente: SAP 2000

c) Cálculo de la Esbeltez

Se calcula de acuerdo al artículo 9 de la norma E.010 Madera, y, teniendo en cuenta la mayor relación de esbeltez que se presente.

$$\begin{aligned} L_{ef} &= 0.8 l = 81.60 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva, art. 9(9.3.3) de E.010} \\ d &= 6.50 \text{ cm} && \text{Menor dimensión de la sección transversal} \\ \lambda &= \frac{L_{ef}}{d} = 12.55 && \text{Esbeltez} \\ \lambda &\leq 80 && \text{ok} && \text{Esbeltez máxima, art. 9 (9.3.4.1) de E.010} \end{aligned}$$

d) Cálculo de carga admisible en el elemento sometido a tracción axial ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 6(6.3) de la norma E.010, debe satisfacer la siguiente expresión.

$$N_{adm} \geq N$$

$$N_{adm} = f_t A = 13195.00 \text{ kgf} \geq N = 7274.21 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} = 0.55$$

#### 9.3.2. Brida superior elemento sometido a compresión

a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned} l &= 1.20 \text{ m} &= 120 \text{ cm} && \text{Longitud} \\ b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\ h &= 6.00 \text{ in} &= 14.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\ A &= 91.00 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal} \end{aligned}$$

b) Efectos máximos

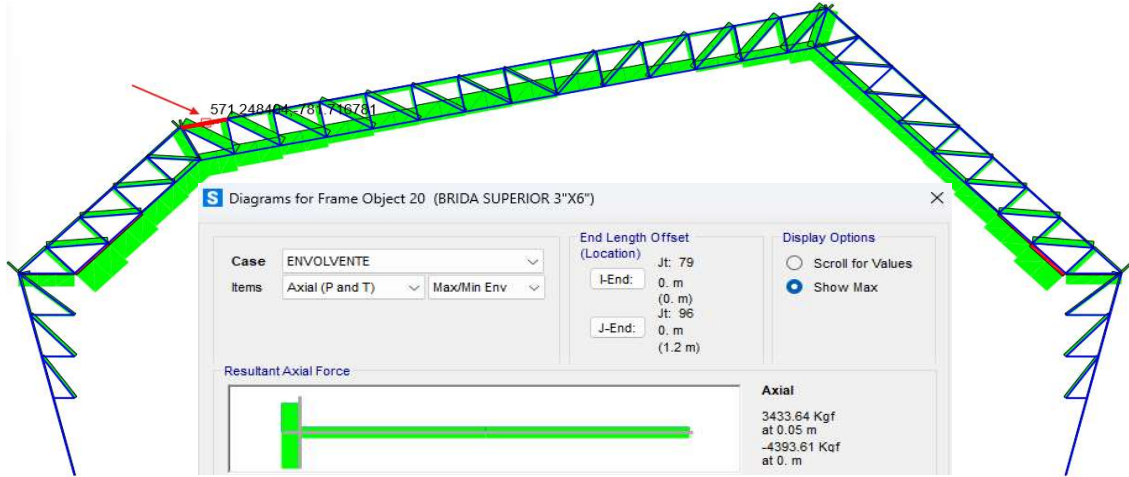
ENVOLVENTE

$$N = 4393.61 \text{ kgf}$$

Combinación de carga

Carga axial a compresión

Carga axial máxima a compresión en brida superior, eje 2-2



Fuente: SAP 2000

c) Cálculo de la Esbeltez

Se realiza tomando en cuenta su longitud efectiva ( $l_e$ ) como lo indica el artículo 7(7.2) y la mayor relación de esbeltez que se presente según el artículo 9(9.3.4.3) de la norma E.010.

$$l_i = 0.8 l = 96.00 \text{ cm}$$

Longitud no arriostada, art. 9(9.3.3) E.010

$$k = 1.00$$

Factor de longitud efectiva (con apoyos articulados en ambos extremos), según tabla 7.2.3 de E.010.

$$l_{ef} = l_i \cdot k = 96.00 \text{ cm}$$

Longitud efectiva

$$d = 6.50 \text{ cm}$$

Menor dimensión de la sección transversal

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d} = 14.77$$

Esbeltez

$$\lambda \leq 50 \quad \text{ok}$$

Esbeltez máxima, art. 7 (7.3.6) de E.010.

d) Determinación de tipo de columna

Se determina de acuerdo al artículo 7 de la norma E.010.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} = 17.98 \quad \text{Relación de esbeltez } C_k, \text{ según tabla 7.3.4 de E.010.}$$

El elemento se define como una **columna intermedia** por cumplir con la siguiente condición:

$$10 < \lambda < C_k$$

$$10 < 14.77 < 17.98 \quad \text{ok}$$

e) Cálculo de carga admisible en elementos sometidos a compresión ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 7(7.7) de la norma E.010.

Las columnas intermedias pueden fallar por una combinación de aplastamiento y pandeo, por lo tanto, debe cumplir con la siguiente condición.

$$N_{adm} > N$$

$$N_{adm} = f_c A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) = 11193.19 \text{ kgf} > N = 4393.61 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} = 0.39$$

La sección de la brida superior será  $b = 6.5.0 \text{ cm}$ ,  $h = 14.00 \text{ cm}$ , lo cual constructivamente facilitaría el ensamble y la construcción de la unión entre elementos.

### 9.3.3. Brida inferior elemento sometido a tracción

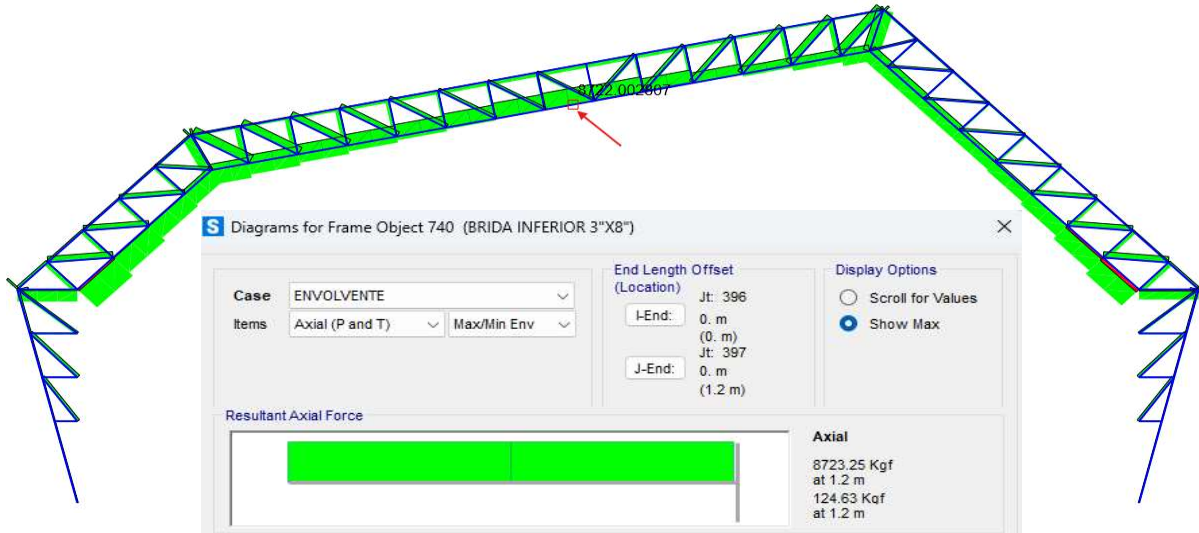
a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned}
 l &= 1.05 \text{ m} &= 120 \text{ cm} && \text{Longitud} \\
 b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\
 h &= 8.00 \text{ in} &= 19.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\
 A &= 123.50 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal}
 \end{aligned}$$

b) Efectos máximos

$$\begin{aligned}
 &ENVOLVENTE && \text{Combinación de carga} \\
 N &= 8723.25 \text{ kgf} && \text{Carga axial a tracción}
 \end{aligned}$$

Carga axial máxima a tracción en brida inferior, eje 5-5



Fuente: SAP 2000

c) Cálculo de la Esbeltez

Se calcula de acuerdo al artículo 9 de la norma E.010 Madera.

$$\begin{aligned}
 L_{ef} &= 0.8 l = 96.00 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva, art. 9(9.3.3) E.010} \\
 d &= 6.50 \text{ cm} && \text{Menor dimensión de la sección transversal} \\
 \lambda &= \frac{L_{ef}}{d} = 14.77 && \text{Esbeltez} \\
 \lambda &\leq 80 && \text{ok} && \text{Esbeltez máxima, art. 9 (9.3.4.1) de la E.010.}
 \end{aligned}$$

d) Cálculo de carga admisible en el elemento sometido a tracción axial ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 6(6.3) de la norma E.010, debe satisfacer la siguiente expresión.

$$N_{adm} \geq N$$

$$N_{adm} = f_t A = 17907.50 \text{ kgf} \geq N = 8723.25 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} = 0.49$$

### 9.3.4. Brida inferior elemento sometido a compresión

a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned}
 l &= 1.20 \text{ m} &= 120 \text{ cm} && \text{Longitud} \\
 b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\
 h &= 8.00 \text{ in} &= 19.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\
 A &= 123.50 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal}
 \end{aligned}$$

b) Efectos máximos

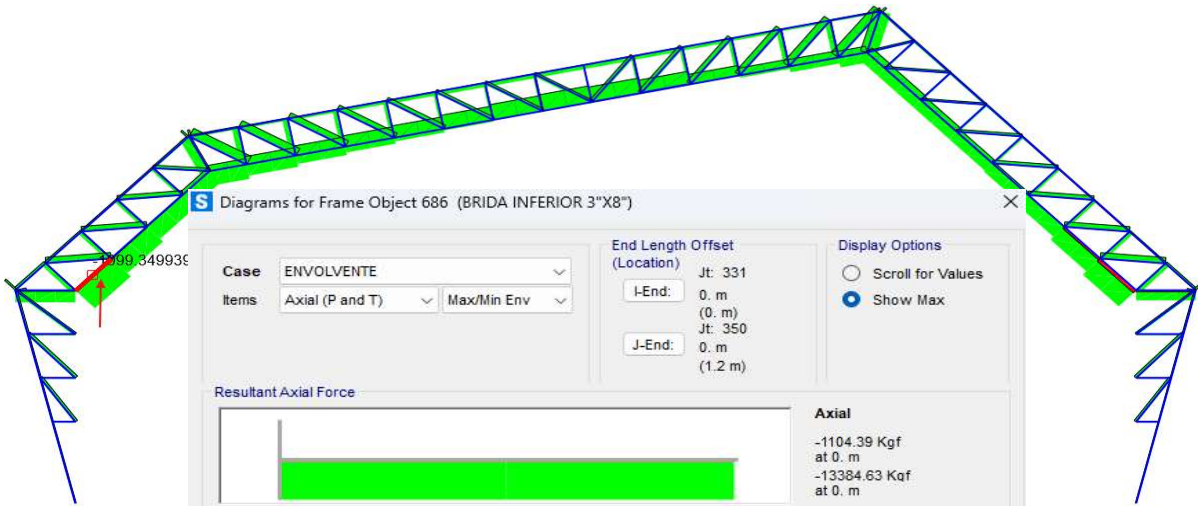
ENVOLVENTE

$$N = 13384.63 \text{ kgf}$$

Combinación de carga

Carga axial a compresión

Carga axial máxima a compresión en brida inferior, eje 5-5



Fuente: SAP 2000

c) Cálculo de la Esbeltez

Se realiza tomando en cuenta su longitud efectiva ( $l_e$ ) como lo indica el artículo 7(7.2) de la norma E.010 Madera.

$$l_i = 0.8 l = 96.00 \text{ cm}$$

Longitud no arriostrada, art. 9(9.3.3) E.010

$$k = 1.00$$

Factor de longitud efectiva (con apoyos articulados en ambos extremos), según tabla 7.2.3 de E.010.

$$L_{ef} = l_i k = 96.00 \text{ cm}$$

Longitud efectiva

$$d = 6.50 \text{ cm}$$

Menor dimensión de la sección transversal

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d} = 14.77$$

Esbeltez

$$\lambda \leq 50 \quad \text{ok}$$

Esbeltez máxima, art. 7 (7.3.6) de la E.010.

d) Determinación de tipo de columna

Se determina de acuerdo al artículo 7 de la norma E.010.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} = 17.98 \quad \text{Relación de esbeltez } C_k, \text{ según tabla 7.3.4 de E.010.}$$

El elemento se define como una **columna intermedia** por cumplir con la siguiente condición:

$$10 < \lambda < C_k$$

$$10 < 14.77 < 17.98 \quad \text{ok}$$

e) Cálculo de carga admisible en elementos sometidos a compresión ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 7(7.7) de la norma E.010.

Las columnas intermedias pueden fallar por una combinación de aplastamiento y pandeo.

$$N_{adm} > N$$

$$N_{adm} = f_c A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) = 15190.76 \text{ kgf} > N = 13384.63 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} = 0.88$$

La sección de la brida inferior será  $b = 6.50$ ,  $h = 19.00 \text{ cm}$ .

### 9.3.5. Diagonal elemento sometido a tracción

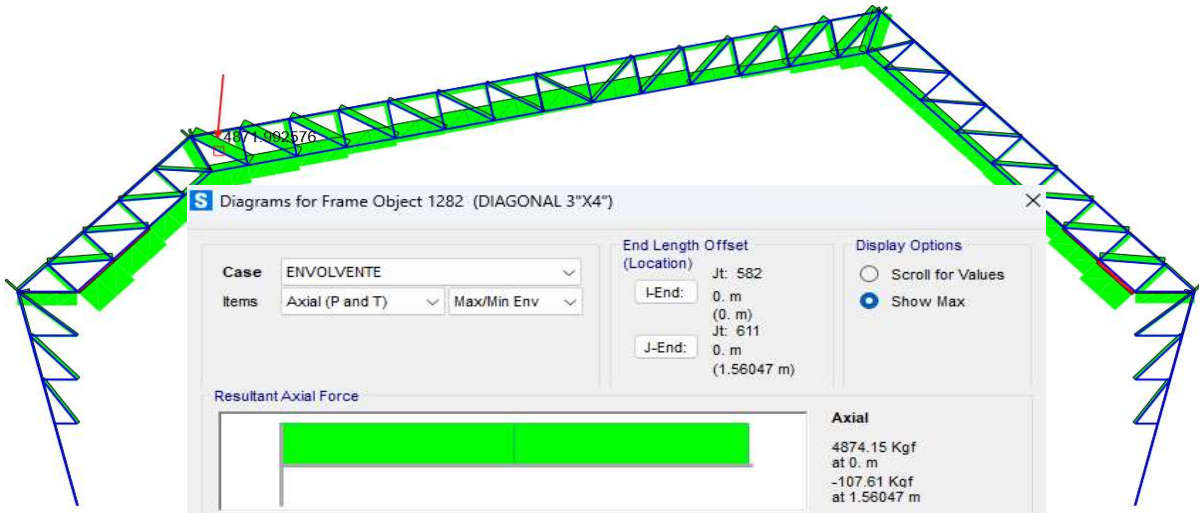
#### a) Dimensiones del elemento

|     |                        |                       |                             |
|-----|------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| $l$ | $= 1.56 \text{ m}$     | $= 156.00 \text{ cm}$ | Longitud                    |
| $b$ | $= 3.00 \text{ in}$    | $= 6.50 \text{ cm}$   | Base                        |
| $h$ | $= 4.00 \text{ in}$    | $= 9.00 \text{ cm}$   | Altura                      |
| $A$ | $= 58.50 \text{ cm}^2$ |                       | Área de sección transversal |

#### b) Efectos máximos

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| $ENVOLVENTE$              | Combinación de carga   |
| $N = 4874.15 \text{ kgf}$ | Carga axial a tracción |

Carga axial máxima a tracción en diagonales, eje 8-8



Fuente: SAP 2000

#### c) Cálculo de la Esbeltez

Se calcula de acuerdo al artículo 9 de la norma E.010 Madera.

|           |                               |  |
|-----------|-------------------------------|--|
| $L_{ef}$  | $= 0.8 l = 124.80 \text{ cm}$ | Longitud efectiva, art. 9(9.3.3) E.010         |
| $d$       | $= 6.50 \text{ cm}$           | Menor dimensión de la sección transversal      |
| $\lambda$ | $= \frac{L_{ef}}{d} = 19.20$  | Esbeltez                                       |
| $\lambda$ | $\leq 80$ <i>ok</i>           | Esbeltez máxima, art. 9 (9.3.4.1) de la E.010. |

#### d) Cálculo de carga admisible en el elemento sometido a tracción axial ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 6(6.3) de la norma E.010, debe satisfacer la siguiente expresión.

$$N_{adm} \geq N$$

$$N_{adm} = f_t A = 8482.50 \text{ kgf} \geq N = 4874.15 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N}{N_{adm}} = 0.57$$

La sección de las diagonales que presentan esfuerzo máximo a tracción será  $b = 6.50 \text{ cm}$ ,  $h = 9.00 \text{ cm}$ .

### 9.3.6. Diagonal elemento sometido a compresión

La diagonal que presenta el máximo esfuerzo a compresión se encuentra en el primer tramo de la armadura para la cubierta correspondiente al eje 5-5.

#### a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned} l &= 1.43 \text{ m} = 143.0 \text{ cm} && \text{Longitud} \\ b &= 3.00 \text{ in} = 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\ h &= 6.00 \text{ in} = 14.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\ A &= 91.00 \text{ cm}^2 && \text{Área de sección trasnversal} \end{aligned}$$

#### b) Efectos máximos

$$\begin{aligned} \text{ENVOLVENTE} &&& \text{Combinación de carga} \\ N &= 6402.60 \text{ kgf} && \text{Carga axial a compresión} \end{aligned}$$

#### c) Cálculo de la Esbeltez

Se realiza tomando en cuenta su longitud efectiva ( $l_e$ ) como lo indica el artículo 7(7.2) de la norma E.010 Madera.

$$\begin{aligned} l_i &= 0.8 l = 114.40 \text{ cm} && \text{Longitud no arriostrada, art. 9(9.3.3) E.010} \\ k &= 1.00 && \text{Factor de longitud efectiva (con apoyos articulados en ambos} \\ &&& \text{extremos), según tabla 7.2.3 de E.010.} \\ L_{ef} &= l_i k = 114.40 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva} \\ d &= 6.50 \text{ cm} && \text{Menor dimensión de la sección transversal} \\ \lambda &= \frac{L_{ef}}{d} = 17.60 && \text{Esbeltez} \\ \lambda &\leq 50 \quad \text{ok} && \text{Esbeltez máxima, art. 7 (7.3.6) de la E.010.} \end{aligned}$$

#### e) Determinación de tipo de columna

Se determina de acuerdo al artículo 7 de la norma E.010.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} = 17.98 \quad \text{Relación de esbeltez } C_k, \text{ según tabla 7.3.4 de E.010.}$$

El elemento se define como una **columna intermedia** por cumplir con la siguiente condición:

$$\begin{aligned} 10 &< \lambda < C_k \\ 10 &< 17.60 < 17.98 \quad \text{ok} && \text{ok} \end{aligned}$$

#### f) Cálculo de carga admisible en elementos sometidos a compresión ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 7(7.7) de la norma E.010.

Las columnas intermedias pueden fallar por una combinación de aplastamiento y pandeo, por lo tanto, debe cumplir con la siguiente condición.

$$\begin{aligned} N_{adm} &> N \\ N_{adm} &= f_c A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) = 9158.15 \text{ kgf} > N = 6402.60 \text{ kgf} \quad \text{ok} \\ \frac{D}{C} &= \frac{N}{N_{adm}} = 0.70 \end{aligned}$$

**La sección de las diagonales que presentan esfuerzo máximo a compresión será  $b = 6.50 \text{ cm}$ ,  $h = 14.00 \text{ cm}$ .**

### 9.3.7. Montante elemento sometido a tracción

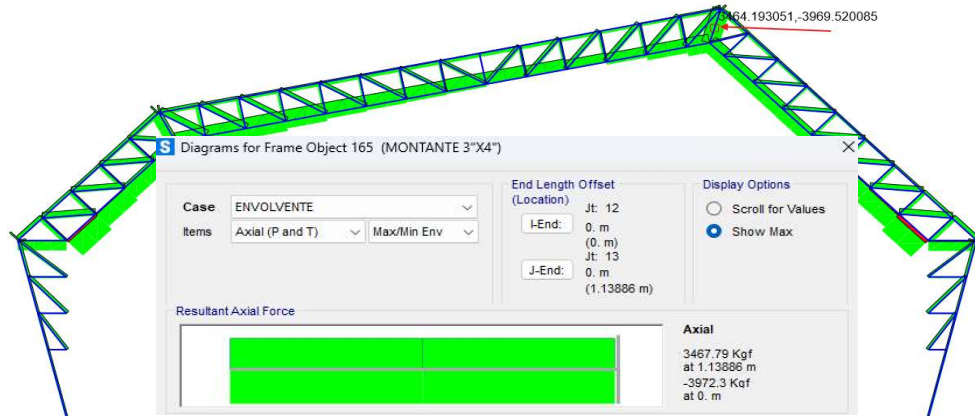
a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned}
 l &= 1.14 \text{ m} &= 114.00 \text{ cm} && \text{Longitud} \\
 b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\
 h &= 4.00 \text{ in} &= 9.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\
 A &= 58.50 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal}
 \end{aligned}$$

c) Efectos máximos

$$\begin{aligned}
 &ENVOLVENTE && \text{Combinación de carga} \\
 N &= 3467.79 \text{ kgf} && \text{Carga axial a tracción}
 \end{aligned}$$

Carga axial máxima a tracción en montantes, eje 1-1



Fuente: SAP 2000

d) Cálculo de la Esbeltez

Se calcula de acuerdo al artículo 9 de la norma E.010 Madera.

$$\begin{aligned}
 L_{ef} &= 0.8 l = 91.20 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva, art. 9(9.3.3) E.010} \\
 d &= 6.50 \text{ cm} && \text{Menor dimensión de la sección transversal} \\
 \lambda &= \frac{L_{ef}}{d} = 14.03 && \text{Esbeltez} \\
 \lambda &\leq 80 && \text{ok} && \text{Esbeltez máxima, art. 9 (9.3.4.1) de la E.010}
 \end{aligned}$$

e) Cálculo de carga admisible en el elemento sometido a tracción axial ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 6(6.3) de la norma E.010, debe satisfacer la siguiente expresión.

$$\begin{aligned}
 N_{adm} &\geq N \\
 N_{adm} = f_t A &= 8482.50 \text{ kgf} \geq N = 3467.79 \text{ kgf} && \text{ok} \\
 \frac{D}{C} &= \frac{N}{N_{adm}} = 0.41
 \end{aligned}$$

### 9.3.8. Montante elemento sometido a compresión

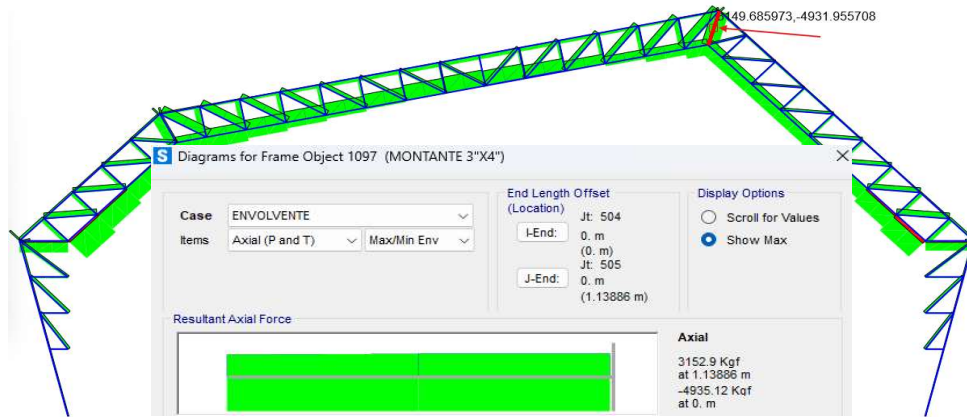
a) Dimensiones del elemento

$$\begin{aligned}
 l &= 1.14 \text{ m} &= 114.0 \text{ cm} && \text{Longitud} \\
 b &= 3.00 \text{ in} &= 6.50 \text{ cm} && \text{Base} \\
 h &= 4.00 \text{ in} &= 9.00 \text{ cm} && \text{Altura} \\
 A &= 58.50 \text{ cm}^2 &&& \text{Área de sección trasnversal}
 \end{aligned}$$

c) Efectos máximos

$$\begin{aligned}
 &ENVOLVENTE && \text{Combinación de carga} \\
 N &= 4935.12 \text{ kgf} && \text{Carga axial a compresión}
 \end{aligned}$$

Carga axial máxima a compresión en montantes, eje 7-7



Fuente: SAP 2000

d) Cálculo de la Esbeltez

Se realiza tomando en cuenta su longitud efectiva ( $l_e$ ) como lo indica el artículo 7(7.2) de la norma E.010 Madera.

$$\begin{aligned}
 l_i &= 0.8 l = 91.20 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva, art. 9(9.3.3) E.010} \\
 k &= 1.00 && \text{Factor de longitud efectiva (con apoyos articulados en ambos} \\
 &&& \text{extremos), según tabla 7.2.3 de E.010.} \\
 L_{ef} &= l_i k = 91.20 \text{ cm} && \text{Longitud efectiva} \\
 d &= 6.50 \text{ cm} && \text{Menor dimensión de la sección transversal} \\
 \lambda &= \frac{L_{ef}}{d} = 14.03 && \text{Esbeltez} \\
 \lambda &\leq 50 \quad \text{ok} && \text{Esbeltez máxima, art. 7 (7.3.6) de la E.010.}
 \end{aligned}$$

e) Determinación de tipo de columna

Se determina de acuerdo al artículo 7 de la norma E.010.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} = 17.98 \quad \text{Relación de esbeltez } C_k, \text{ según tabla 7.3.4 de E.010.}$$

El elemento se define como una **columna intermedia** por cumplir con la siguiente condición:

$$\begin{aligned}
 10 &< \lambda < C_k \\
 10 &< 14.03 < 17.98 \quad \text{ok} \quad \text{ok}
 \end{aligned}$$

f) Cálculo de carga admisible en elementos sometidos a compresión ( $N_{adm}$ )

Se calcula de acuerdo al artículo 7(7.7) de la norma E.010.

Las columnas intermedias pueden fallar por una combinación de aplastamiento y pandeo, por lo tanto, debe cumplir con la siguiente condición.

$$\begin{aligned}
 N_{adm} &> N \\
 N_{adm} &= f_c A \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right) = 7434.33 \text{ kgf} > N = 4935.12 \text{ kgf} \quad \text{ok} \\
 \frac{D}{C} &= \frac{N}{N_{adm}} = 0.66
 \end{aligned}$$

**La sección de todas las montantes será  $b = 6.50 \text{ cm}$ ,  $h = 9.00 \text{ cm}$ .**

## 10. Diseño de uniones con pletinas metálicas y pernos en elementos de madera

Se realiza de acuerdo al artículo 10(10.3) de la norma E.010.

### 10.1. Union tipo 1

#### a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 7274.21 \text{ kgf}$$

$$N_b = 6402.60 \text{ kgf}$$

$$N_c = 963.91 \text{ kgf}$$

$$N_d = 5213.54 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$$

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

Tracción, elemento A

Compresión, elemento B

Compresión, elemento C

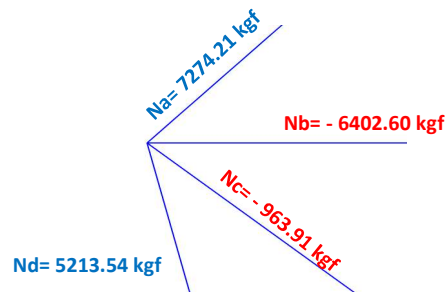
Tracción, elemento D

Diametro del perno

Diametro del perno

Espesor de la pletina de acero ASTM A36

Espesor de la pieza central (elemento de madera)



#### b) Cálculo de carga admisible por perno (P)

De acuerdo al artículo 10(10.3) y la Tabla 10.3.2.1. los valores de P indicados en la tabla se incrementan en un 25% ya que los elementos laterales son pletinas metálicas.

5/8"

$$P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$$

Carga admisible, fuerza paralela al grano-doble cizallamiento

Carga admisible, si elementos laterales son pletinas metálicas

1/2"

$$P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$$

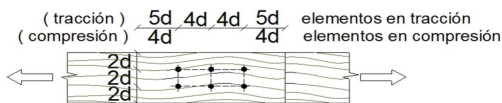
#### c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: #P = N / P    | d    |
|----------|----------------------------|------|
| a        | $N_a / P = 4.31 \approx 6$ | 5/8" |
| b        | $N_b / P = 3.79 \approx 4$ | 5/8" |
| c        | $N_c / P = 0.82 \approx 1$ | 1/2" |
| d        | $N_d / P = 3.09 \approx 4$ | 5/8" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

#### d) Verificación de la geometría - espaciamentos

De acuerdo a lo establecido en el Art. 10 (10.3) de la norma E.010.



Fuente: Norma E.010 Madera

Nota: Todas las distancias se toman a partir del eje del perno

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamento entre pernos            | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 79.50 \text{ mm}$ | $< 80.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamento entre líneas              | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 35.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 35.00 \text{ mm}$ | ok |

En pernos de 1/2"

| <i>En la dirección a lo largo del grano</i>   |                         |   |                     |           |
|---|-------------------------|---|---------------------|-----------|
|   | <i>Mínimo requerido</i> |   | <i>Mín. Asumido</i> |           |
| <i>Espaciamiento entre pernos</i>             | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | < | $55.00 \text{ mm}$  | <i>ok</i> |
| <i>Distancia al extremo en compresión</i>     | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | < | $55.00 \text{ mm}$  | <i>ok</i> |
| <i>En la dirección perpendicular al grano</i> |                         |   |                     |           |
|   | <i>Mínimo requerido</i> |   | <i>Mín. Asumido</i> |           |
| <i>Espaciamiento entre líneas</i>             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | < | $30.00 \text{ mm}$  | <i>ok</i> |
| <i>Distancia a los bordes</i>                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | < | $30.00 \text{ mm}$  | <i>ok</i> |

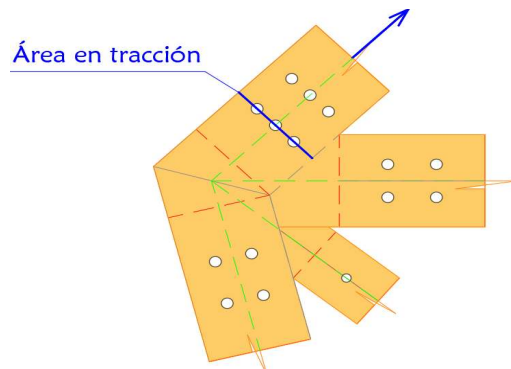
e) Verificación de la eficiencia de la conexión

| <i>Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM)</i> |                                   |             |             |            |             |
|---|-----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| <i>Tipo del elemento lateral</i>  | <i>Número de pernos por línea</i> |             |             |            |             |
|   | <i>2</i>                          | <i>3</i>    | <i>4</i>    | <i>5</i>   | <i>6</i>    |
| <i>Uniones con elementos laterales metálicos</i>  | <i>1</i>                          | <i>0.94</i> | <i>0.87</i> | <i>0.8</i> | <i>0.73</i> |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| <i>Elemento</i> | <i># líneas de pernos</i> | <i># de pernos / línea</i> | <i>FM</i>   | <i>Carga adm. reducida por perno: <math>Pr = P * FM</math></i> | <i>Carga adm. reducida total: <math>Prt = Pr * \#P</math></i> | <i>Prt &gt; N</i> | <i>D/C = N / Prt</i> |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-------------|--|---|-------------------|----------------------|
| <i>a</i>        | <i>3</i>                  | <i>2</i>                   | <i>1.00</i> | <i>1687.50 kgf</i>   | <i>10125.00 kgf</i>   | <i>ok</i>         | <i>0.72</i>          |
| <i>b</i>        | <i>2</i>                  | <i>2</i>                   | <i>1.00</i> | <i>1687.50 kgf</i>   | <i>6750.00 kgf</i>  | <i>ok</i>         | <i>0.95</i>          |
| <i>c</i>        | <i>1</i>                  | <i>1</i>                   | <i>1.00</i> | <i>1178.75 kgf</i>   | <i>1178.75 kgf</i>  | <i>ok</i>         | <i>0.82</i>          |
| <i>d</i>        | <i>2</i>                  | <i>2</i>                   | <i>1.00</i> | <i>1687.50 kgf</i>   | <i>6750.00 kgf</i>  | <i>ok</i>         | <i>0.77</i>          |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico

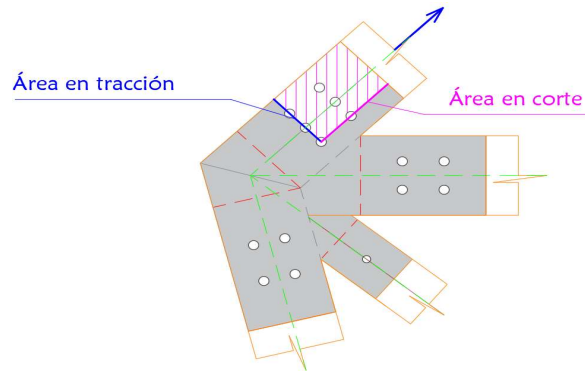


|   |  |
|---|--|
| $f_t = 145 \text{ kgf/cm}^2$                | <i>Tracción paralela al grano</i>                              |
| $b = 6.50 \text{ cm}$                       | <i>Base</i>  |
| $h = 14.00 \text{ cm}$                      | <i>Altura</i>  |
| $n = 3$                                     | <i>Número de perforaciones en el plano a tracción</i>          |
| $dp = d + 0.2 \text{ cm} = 1.79 \text{ cm}$ | <i>Diametro standard de perforación (con holgura)</i>          |
| $dpt = n * dp = 5.37 \text{ cm}$            | <i>Diametro de perforación total en la longitud a tracción</i> |
| $hn = h - dpt = 8.63 \text{ cm}$            | <i>Altura neta</i>   |
| $An = hn * b = 56.10 \text{ cm}^2$          | <i>Área neta</i>   |

$$N_{adm} = f_t * A_n = 8133.78 \text{ kgf} > N_a = 7274.21 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{N_{adm}} = 0.89$$

g) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte



$$\begin{aligned} f_u &= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y &= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ U_{bs} &= 1.00 \\ \Omega &= 2.00 \\ t &= 0.25 \text{ cm} \end{aligned}$$

*Resistencia última, pletina de acero ASTM A36*  
*Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36*  
*Factor de reducción*  
*Factor de seguridad en bloque de corte, ASD*  
*Espesor de pletina*

$$\begin{aligned} l_{gv} &= 14.50 \text{ cm} \\ c &= 1.00 \text{ cm} \\ n_v &= 1+1/2 = 1.50 \\ A_{gv} &= l_{gv} * t * c = 3.63 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d + 1/16'' = 1.75 \text{ cm} \\ d_{ptv} &= n_v * d_p = 2.62 \text{ cm} \\ l_{nv} &= l_{gv} - d_{ptv} = 11.88 \text{ cm} \\ A_{nv} &= l_{nv} * t * c = 2.97 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

*Longitud bruta de pletina, en corte*  
*Número de planos en corte*  
*Número de perforaciones en la longitud en corte*  
*Área bruta, solicitada a corte*  
*Diametro de perforación standard (con holgura)*  
*Diametro de perforación total en la longitud en corte*  
*Longitud neta, en corte*  
*Área neta, solicitada a corte*

$$\begin{aligned} l_{gt} &= 10.50 \text{ cm} \\ n_t &= 2+1/2 = 2.50 \\ A_{gt} &= l_{gt} * t = 2.63 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d + 1/16'' = 1.75 \text{ cm} \\ d_{ptt} &= n_t * d_p = 4.37 \text{ cm} \\ l_{nt} &= l_{gt} - d_{ptt} = 6.13 \text{ cm} \\ A_{nt} &= l_{nt} * t = 1.53 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

*Longitud bruta de pletina, en tracción*  
*Número de perforaciones en la longitud en tracción*  
*Área bruta, solicitada a tracción*  
*Diametro de perforación con holgura para ingresar perno*  
*Diametro de perforación total en la longitud en tracción*  
*Longitud neta, en tracción*  
*Área neta, solicitada a tracción*

$$\begin{aligned} R_{n1} &= 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n1} &= 13528.01 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n2} &= 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n2} &= 11759.81 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$R_n = \text{Mín. } (R_{n1}; R_{n2}) = 11759.81 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 5879.91 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm} = 11759.81 \text{ kgf} > N_a = 7274.21 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{R_{adm}} = 0.62$$

Utilizar: PL 3/32"; 14 per5/8" + 01 per1/2"

## 10.2. Unión tipo 2

### a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 4393.61 \text{ kgf}$$

$$N_b = 4874.15 \text{ kgf}$$

$$N_c = 4935.12 \text{ kgf}$$

$$N_d = 4643.16 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$$

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

Compresión, elemento A

Tracción, elemento B

Compresión, elemento C

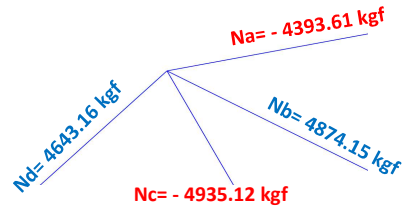
Tracción, elemento D

Diametro del perno

Diametro del perno

Espesor de la pletina de acero ASTM A36

Espesor de la pieza central (elemento de madera)



### b) Cálculo de carga admisible por perno

5/8"

$$P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$$

1/2"

$$P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$$

### c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: $\#P = N/P$ | d    |
|----------|--------------------------|------|
| a        | $N_a/P = 2.60 \approx 4$ | 5/8" |
| b        | $N_b/P = 4.14 \approx 6$ | 1/2" |
| c        | $N_c/P = 4.19 \approx 6$ | 1/2" |
| d        | $N_d/P = 2.75 \approx 4$ | 5/8" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

### d) Verificación de la geometría - espaciamentos

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano.

En pernos de 1/2"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 63.50 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 79.50 \text{ mm}$ | $< 80.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 50.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 45.00 \text{ mm}$ | ok |

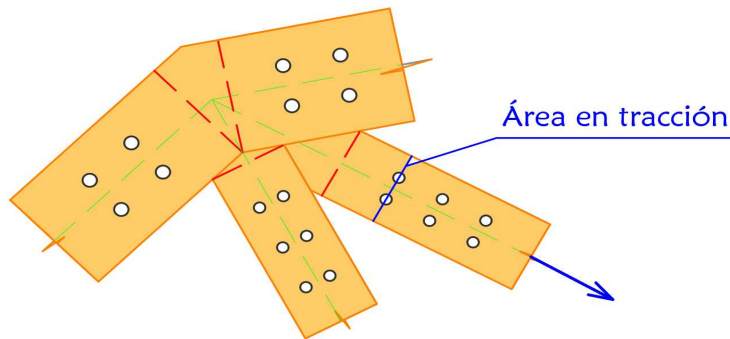
e) Verificación de la eficiencia de la conexión

| Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM) |                            |      |      |     |      |
|--|----------------------------|------|------|-----|------|
| Tipo del elemento lateral  | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|  | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos  | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 6750.00 kgf                                 | ok        | 0.65            |
| b        | 2                  | 3                   | 0.94 | 1108.03 kgf                                  | 6648.15 kgf                                 | ok        | 0.73            |
| c        | 2                  | 3                   | 0.94 | 1108.03 kgf                                  | 6648.15 kgf                                 | ok        | 0.74            |
| d        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 6750.00 kgf                                 | ok        | 0.69            |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico



|          |  |   |
|----------|--|---|
| $f_t$    | $= 145 \text{ kgf/cm}^2$                   | Tracción paralela al grano                              |
| $b$      | $= 6.50 \text{ cm}$                        | Base  |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                        | Altura  |
| $n$      | $= 2$                                      | Número de perforaciones en el plano a tracción          |
| $dp$     | $= d_2 + 0.2 \text{ cm} = 1.47 \text{ cm}$ | Diametro standard de perforación (con holgura)          |
| $d_{pt}$ | $= n * dp = 2.94 \text{ cm}$               | Diametro de perforación total en la longitud a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.06 \text{ cm}$           | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * b = 39.39 \text{ cm}^2$           | Área neta   |

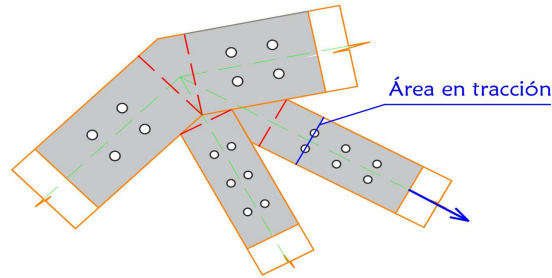
$$N_{adm} = f_t * A_n = 5711.55 \text{ kgf} > N_b = 4874.15 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{N_{adm}} = 0.85$$

g) Verificación de pletinas - por tracción

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

- Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina



|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_y$    | $= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36           |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, línea transversal a la carga |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina                                      |
| $A_g$    | $= h * t = 2.25 \text{ cm}^2$       | Área bruta  |
| $R_{n1}$ | $= f_y * A_g = 5692.50 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                     |
| $\Omega$ | $= 1.67$                            | Factor de seguridad, ASD                                |

$$R_{adm1} = \frac{R_{n1}}{\Omega} = 3408.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm1} = 6817.37 \text{ kgf} > N_b = 4874.15 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

- Verificación de la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_u$    | $= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36                     |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, plano en tracción                      |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina  |
| $x$      | $= 0.13 \text{ cm}$                 | Centro de gravedad de pletina                                     |
| $L$      | $= 11.00 \text{ cm}$                | Distancia entre ejes de perf. extremas, línea paralela a la carga |
| $n$      | $= 2$                               | Número de perforaciones en el plano a tracción                    |
| $d_p$    | $= d_2 + 1/16" = 1.43 \text{ cm}$   | Diametro de perforación standard (con holgura)                    |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 2.86 \text{ cm}$       | Diametro de perforación total, en el plano a tracción             |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.14 \text{ cm}$    | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * t = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta, solicitada a tracción                                  |
| $U$      | $= 1.00$                            | Factor de corte diferido, en pletinas con pernos                  |
| $A_e$    | $= A_n * U = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta efectiva  |
| $R_{n2}$ | $= f_u * A_e = 6265.35 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal   |
| $\Omega$ | $= 2.00$                            | Factor de seguridad en rotura, ASD                                |

$$R_{adm2} = \frac{R_{n2}}{\Omega} = 3132.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

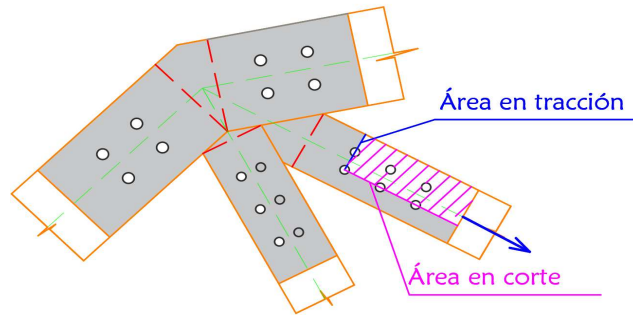
$$R_{adm2} = 6265.35 \text{ kgf} > N_b = 4874.15 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

**La resistencia admisible de la pletina es el menor valor de las resistencias por fluencia y rotura en tracción.**

$$R_{adm} = \text{Mín. } (R_{adm1}; R_{adm2}) = 6265.35 \text{ kgf}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.78$$

h) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte



|   |   |
|---|---|
| $f_u = 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$                                | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36                   |
| $f_y = 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$                                | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36                   |
| $U_{bs} = 1.00$   | Factor de reducción   |
| $\Omega = 2.00$   | Factor de seguridad en bloque de corte, ASD                     |
| $t = 0.25 \text{ cm}$   | Espesor de pletina  |
|   |   |
| $l_{gv} = 17.50 \text{ cm}$                                     | Longitud bruta de pletina, en corte                             |
| $c = 1.00$  | Número de planos en corte                                       |
| $n_v = 2 + 1/2 = 2.50$  | Número de perforaciones en la longitud en corte                 |
| $A_{gv} = l_{gv} * t * c = 4.38 \text{ cm}^2$                   | Área bruta, solicitada a corte                                  |
| $d_p = d_2 + 1/16" = 1.43 \text{ cm}$                           | Diametro de perforación standard (con holgura)                  |
| $d_{ptv} = n_v * d_p = 3.57 \text{ cm}$                         | Diametro de perforación total en la longitud en corte           |
| $l_{nv} = l_{gv} - d_{ptv} = 13.93 \text{ cm}$                  | Longitud neta, en corte   |
| $A_{nv} = l_{nv} * t * c = 3.48 \text{ cm}^2$                   | Área neta, solicitada a corte                                   |
|   |   |
| $l_{gt} = 6.00 \text{ cm}$                                      | Longitud bruta de pletina, en tracción                          |
| $n_t = 1/2 + 1 = 1.50$  | Número de perforaciones en la longitud en tracción              |
| $A_{gt} = l_{gt} * t = 1.50 \text{ cm}^2$                       | Área bruta, solicitada a tracción                               |
| $d_p = d_2 + 1/16" = 1.43 \text{ cm}$                           | Diametro de perforación standard (con holgura)                  |
| $d_{ptt} = n_t * d_p = 2.14 \text{ cm}$                         | Diametro de perforación total en la longitud en tracción        |
| $l_{nt} = l_{gt} - d_{ptt} = 3.86 \text{ cm}$                   | Longitud neta, en tracción                                      |
| $A_{nt} = l_{nt} * t = 0.96 \text{ cm}^2$                       | Área neta, solicitada a tracción                                |
|   |   |
| $R_{n1} = 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$ | $R_{n2} = 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$ |
| $R_{n1} = 12458.03 \text{ kgf}$                                 | $R_{n2} = 10575.26 \text{ kgf}$                                 |

**Rn = Min. (Rn1; Rn2) = 10575.26 kgf** Resistencia nominal

$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 5287.63 \text{ kgf}$  Resistencia admisible con una cartela

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$R_{adm} = 10575.26 \text{ kgf} > N_b = 4874.15 \text{ kgf}$  ok

$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.46$

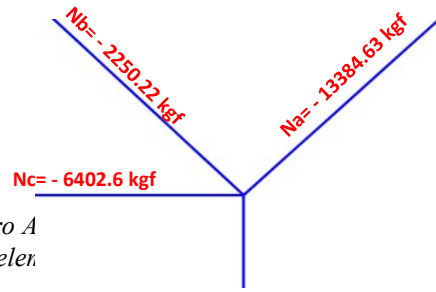
Utilizar: PL 3/32"; 08 per 5/8" + 12 per 1/2"

### 10.3. Unión tipo 3

#### a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

|                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| $N_a = 13384.63 \text{ kgf}$     | Compresión, elemento A             |
| $N_b = 2250.22 \text{ kgf}$      | Compresión, elemento B             |
| $N_c = 6402.60 \text{ kgf}$      | Compresión, elemento C             |
| $d_1 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$ | Diametro del perno                 |
| $d_2 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$ | Diametro del perno                 |
| $t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$   | Espesor de la pletina de acero A   |
| $e = 65.00 \text{ mm}$           | Espesor de la pieza central (eler) |



#### b) Cálculo de carga admisible por perno

|                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| $5/8''$                           | $1/2''$                          |
| $P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$ | $P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$ |
| $P = 1.25 * P_o$                  | $P = 1.25 * P_o$                 |
| $P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$   | $P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$  |

#### c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: $\#P = N/P$ | $d$  |
|----------|--------------------------|------|
| a        | $N_a/P = 7.93 \approx 9$ | 5/8" |
| b        | $N_b/P = 1.91 \approx 2$ | 1/2" |
| c        | $N_c/P = 3.79 \approx 4$ | 5/8" |

#### d) Verificación de la geometría - espaciamentos

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido       |    |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido       |    |
|--|-------------------------|--------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $50.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $45.00 \text{ mm}$ | ok |

En pernos de 1/2"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido       |    |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------|----|
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $55.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido       |    |
|--|-------------------------|--------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $30.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $30.00 \text{ mm}$ | ok |

#### e) Verificación de la eficiencia de la conexión

Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM)

| Tipo del elemento lateral                 | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|---|----------------------------|------|------|-----|------|
|   | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 3                  | 3                   | 0.94 | 1586.25 kgf                                  | 14276.25 kgf                                | ok        | 0.94            |
| b        | 2                  | 1                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 3375.00 kgf                                 | ok        | 0.67            |
| c        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 6750.00 kgf                                 | ok        | 0.95            |

Utilizar: PL 3/32"; 13 per 5/8" + 02 per 1/2"

La unión se acentará sobre la placa base para distribuir las fuerzas hacia la columna de concreto armado, se refuerza tipo un cajón de apoyo el cual será de pletinas con un espesor de 3/8".

### 10.4. Unión tipo 4

a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 4935.12 \text{ kgf}$$

$$N_b = 3467.79 \text{ kgf}$$

$$N_c = 7871.29 \text{ kgf}$$

$$N_d = 8028.16 \text{ kgf}$$

$$N_d = 1626.79 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$$

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

Compresión, elemento A

Tracción, elemento A

Compresión, elemento B

Compresión, elemento C

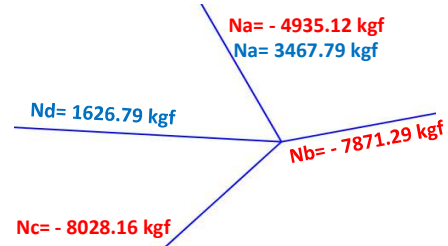
Tracción, elemento D

Diametro del perno

Diametro del perno

Espesor de la pletina de acero ASTM A36

Espesor de la pieza central (elemento de madera)



b) Cálculo de carga admisible por perno

5/8"

$$P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$$

1/2"

$$P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$$

c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: $\#P = N/P$ | d    |
|----------|--------------------------|------|
| a        | $N_a/P = 4.19 \approx 6$ | 1/2" |
| b        | $N_b/P = 4.66 \approx 6$ | 5/8" |
| c        | $N_c/P = 4.76 \approx 6$ | 5/8" |
| d        | $N_d/P = 1.38 \approx 2$ | 1/2" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

d) Verificación de la geometría - espaciamentos

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano.

En pernos de 1/2"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 63.50 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 50.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 45.00 \text{ mm}$ | ok |

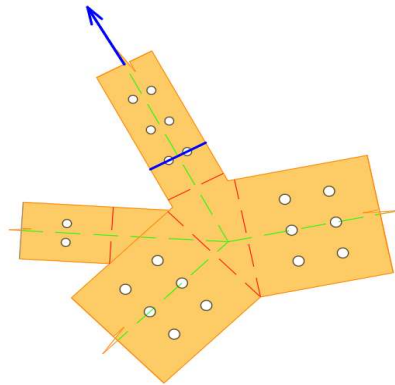
e) Verificación de la eficiencia de la conexión

| Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM) |                            |      |      |     |      |
|--|----------------------------|------|------|-----|------|
| Tipo del elemento lateral  | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|  | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos  | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 2                  | 3                   | 0.94 | 1108.03 kgf                                  | 6648.15 kgf                                 | ok        | 0.74            |
| b        | 3                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 10125.00 kgf                                | ok        | 0.78            |
| c        | 3                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 10125.00 kgf                                | ok        | 0.79            |
| d        | 2                  | 1                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 2357.50 kgf                                 | ok        | 0.69            |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico



|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_t$    | = 145 kgf/cm <sup>2</sup>           | Tracción paralela al grano                              |
| $b$      | = 6.50 cm                           | Base  |
| $h$      | = 9.00 cm                           | Altura  |
| $n$      | = 2                                 | Número de perforaciones en el plano a tracción          |
| $dp$     | = $d_2 + 0.2$ cm = 1.47 cm          | Diametro standard de perforación (con holgura)          |
| $d_{pt}$ | = $n * dp$ = 2.94 cm                | Diametro de perforación total en la longitud a tracción |
| $h_n$    | = $h - d_{pt}$ = 6.06 cm            | Altura neta   |
| $A_n$    | = $h_n * b$ = 39.39 cm <sup>2</sup> | Área neta   |

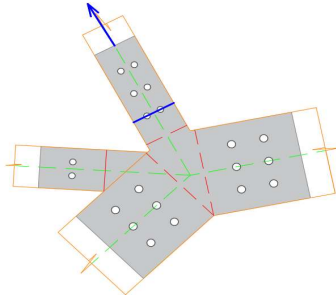
$$N_{adm} = f_t * A_n = 5711.55 \text{ kgf} > N_a = 3467.79 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{N_{adm}} = 0.61$$

g) Verificación de pletinas - por tracción

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

- Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina



|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_y$    | $= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36           |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | longitud bruta de pletina, línea transversal a la carga |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina                                      |
| $A_g$    | $= h * t = 2.25 \text{ cm}^2$       | Área bruta  |
| $R_{n1}$ | $= f_y * A_g = 5692.50 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                     |
| $\Omega$ | $= 1.67$                            | Factor de seguridad, ASD                                |

$$R_{adm1} = \frac{R_{n1}}{\Omega} = 3408.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm1} = 6817.37 \text{ kgf} > N_a = 3467.79 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

- Verificación de la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_u$    | $= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36                     |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, plano en tracción                      |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina  |
| $x$      | $= 0.50 \text{ cm}$                 | Centro de gravedad de pletina                                     |
| $L$      | $= 11.00 \text{ cm}$                | Distancia entre ejes de perf. extremas, línea paralela a la carga |
| $n$      | $= 2$                               | Número de perforaciones en el plano a tracción                    |
| $d_p$    | $= d_2 + 1/16" = 1.43 \text{ cm}$   | Diametro de perforación standard (con holgura)                    |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 2.86 \text{ cm}$       | Diametro de perforación total, en el plano a tracción             |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.14 \text{ cm}$    | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * t = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta, solicitada a tracción                                  |
| $U$      | $= 1.00$                            | Factor de corte diferido, en pletinas con pernos                  |
| $A_e$    | $= A_n * U = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta efectiva  |
| $R_{n2}$ | $= f_u * A_e = 6265.35 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal   |
| $\Omega$ | $= 2.00$                            | Factor de seguridad en rotura, ASD                                |

$$R_{adm2} = \frac{R_{n2}}{\Omega} = 3132.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

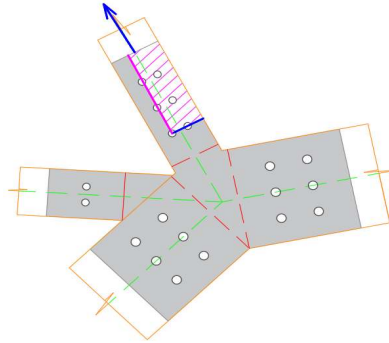
$$R_{adm2} = 6265.35 \text{ kgf} > N_a = 3467.79 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

**La resistencia admisible de la pletina es el menor valor de las resistencias por fluencia y rotura en tracción.**

$$R_{adm} = \text{Mín. } (R_{adm1}; R_{adm2}) = 6265.35 \text{ kgf}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{R_{adm}} = 0.55$$

h) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte



$$\begin{aligned} f_u &= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y &= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ U_{bs} &= 1.00 \\ \Omega &= 2.00 \\ t &= 0.25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Resistencia última, pletina de acero ASTM A36  
 Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36  
 Factor de reducción  
 Factor de seguridad en bloque de corte, ASD  
 Espesor de pletina

$$\begin{aligned} l_{gv} &= 16.50 \text{ cm} \\ c &= 1.00 \\ n_v &= 2 + 1/2 = 2.50 \\ A_{gv} &= l_{gv} * t * c = 4.13 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \\ d_{ptv} &= n_v * d_p = 3.57 \text{ cm} \\ l_{nv} &= l_{gv} - d_{ptv} = 12.93 \text{ cm} \\ A_{nv} &= l_{nv} * t * c = 3.23 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en corte  
 Número de planos en corte  
 Número de perforaciones en la longitud en corte  
 Área bruta, solicitada a corte  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en corte  
 Longitud neta, en corte  
 Área neta, solicitada a corte

$$\begin{aligned} l_{gt} &= 6.00 \text{ cm} \\ n_t &= 1/2 + 1 = 1.50 \\ A_{gt} &= l_{gt} * t = 1.50 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \\ d_{ptt} &= n_t * d_p = 2.14 \text{ cm} \\ l_{nt} &= l_{gt} - d_{ptt} = 3.86 \text{ cm} \\ A_{nt} &= l_{nt} * t = 0.96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en tracción  
 Número de perforaciones en la longitud en tracción  
 Área bruta, solicitada a tracción  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en tracción  
 Longitud neta, en tracción  
 Área neta, solicitada a tracción

$$\begin{aligned} R_{n1} &= 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n1} &= 11846.03 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n2} &= 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n2} &= 10195.76 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$R_n = \text{Min.}(R_{n1}; R_{n2}) = 10195.76 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 5097.88 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm} = 10195.76 \text{ kgf} > N_a = 3467.79 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{R_{adm}} = 0.34$$

Utilizar: PL 3/32"; 12 per 5/8" + 08 per 1/2"

## 10.5. Unión tipo 5

a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 2294.35 \text{ kgf}$$

$$N_b = 4179.78 \text{ kgf}$$

$$N_c = 3100.21 \text{ kgf}$$

$$N_d = 2294.35 \text{ kgf}$$

$$d_1 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$$

$$d_2 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$$

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

Compresión, elemento A

Tracción, elemento B

Compresión, elemento C

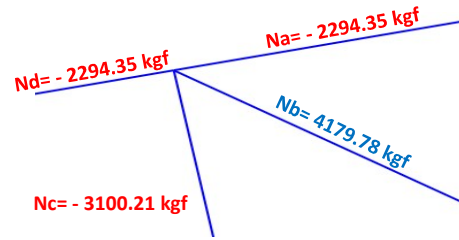
Compresión, elemento D

Diametro del perno

Diametro del perno

Espesor de la pletina de acero ASTM A36

Espesor de la pieza central (elemento de madera)



b) Cálculo de carga admisible por perno

5/8"

$$P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$$

1/2"

$$P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$$

c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: $\#P = N/P$ | d    |
|----------|--------------------------|------|
| a        | $N_a/P = 1.36 \approx 2$ | 5/8" |
| b        | $N_b/P = 3.55 \approx 4$ | 1/2" |
| c        | $N_c/P = 2.63 \approx 4$ | 1/2" |
| d        | $N_d/P = 1.95 \approx 2$ | 5/8" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

d) Verificación de la geometría - espaciamentos

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano.

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 79.50 \text{ mm}$ | $< 80.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 50.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 45.00 \text{ mm}$ | ok |

En pernos de 1/2"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 63.50 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |

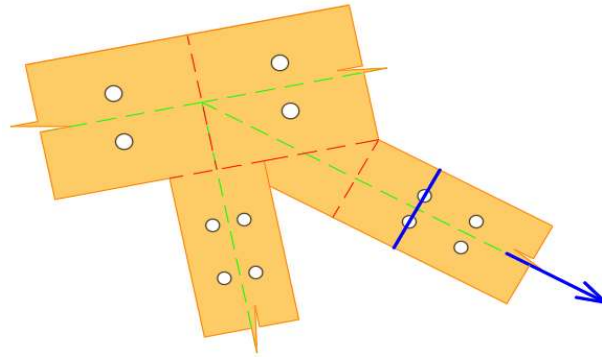
e) Verificación de la eficiencia de la conexión

| Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM) |                            |      |      |     |      |
|--|----------------------------|------|------|-----|------|
| Tipo del elemento lateral  | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|  | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos  | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 2                  | 1                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 3375.00 kgf                                 | ok        | 0.68            |
| b        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 4715.00 kgf                                 | ok        | 0.89            |
| c        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 4715.00 kgf                                 | ok        | 0.66            |
| d        | 2                  | 1                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 3375.00 kgf                                 | ok        | 0.68            |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico



|          |  |   |
|----------|--|---|
| $f_t$    | $= 145 \text{ kgf/cm}^2$                   | Tracción paralela al grano                              |
| $b$      | $= 6.50 \text{ cm}$                        | Base  |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                        | Altura  |
| $n$      | $= 2$                                      | Número de perforaciones en el plano a tracción          |
| $dp$     | $= d_2 + 0.2 \text{ cm} = 1.47 \text{ cm}$ | Diametro standard de perforación (con holgura)          |
| $d_{pt}$ | $= n * dp = 2.94 \text{ cm}$               | Diametro de perforación total en la longitud a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.06 \text{ cm}$           | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * b = 39.39 \text{ cm}^2$           | Área neta   |

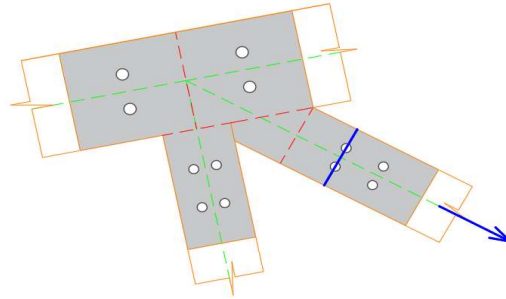
$$N_{adm} = f_t * A_n = 5711.55 \text{ kgf} > N_b = 4179.78 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{N_{adm}} = 0.73$$

g) Verificación de pletinas - por tracción

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

- Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina



|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_y$    | $= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36           |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | longitud bruta de pletina, línea transversal a la carga |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina                                      |
| $A_g$    | $= h * t = 2.25 \text{ cm}^2$       | Área bruta  |
| $R_{n1}$ | $= f_y * A_g = 5692.50 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                     |
| $\Omega$ | $= 1.67$                            | Factor de seguridad, ASD                                |

$$R_{adm1} = \frac{R_{n1}}{\Omega} = 3408.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm1} = 6817.37 \text{ kgf} > N_b = 4179.78 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

- Verificación de la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_u$    | $= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36         |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, plano en tracción          |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina                                    |
| $n$      | $= 2$                               | Número de perforaciones en el plano a tracción        |
| $d_p$    | $= d_2 + 1/16" = 1.43 \text{ cm}$   | Diametro de perforación standard (con holgura)        |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 2.86 \text{ cm}$       | Diametro de perforación total, en el plano a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.14 \text{ cm}$    | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * t = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta, solicitada a tracción                      |
| $U$      | $= 1.00$                            | Factor de corte diferido, en pletinas con pernos      |
| $A_e$    | $= A_n * U = 1.54 \text{ cm}^2$     | Área neta efectiva                                    |
| $R_{n2}$ | $= f_u * A_e = 6265.35 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                   |
| $\Omega$ | $= 2.00$                            | Factor de seguridad en rotura, ASD                    |

$$R_{adm2} = \frac{R_{n2}}{\Omega} = 3132.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

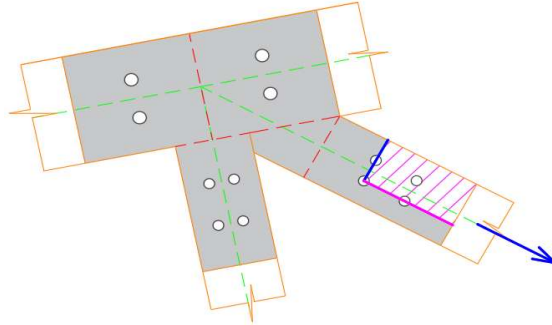
$$R_{adm2} = 6265.35 \text{ kgf} > N_b = 4179.78 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

**La resistencia admisible de la pletina es el menor valor de las resistencias por fluencia y rotura en tracción.**

$$R_{adm} = \text{Mín. } (R_{adm1}; R_{adm2}) = 6265.35 \text{ kgf}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.67$$

h) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte



$$\begin{aligned} f_u &= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ f_y &= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2 \\ U_{bs} &= 1.00 \\ \Omega &= 2.00 \\ t &= 0.25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Resistencia última, pletina de acero ASTM A36  
 Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36  
 Factor de reducción  
 Factor de seguridad en bloque de corte, ASD  
 Espesor de pletina

$$\begin{aligned} l_{gv} &= 12.00 \text{ cm} \\ c &= 1.00 \\ n_v &= 1 + 1/2 = 1.50 \\ A_{gv} &= l_{gv} * t * c = 3.00 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \\ d_{ptv} &= n_v * d_p = 2.14 \text{ cm} \\ l_{nv} &= l_{gv} - d_{ptv} = 9.86 \text{ cm} \\ A_{nv} &= l_{nv} * t * c = 2.46 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en corte  
 Número de planos en corte  
 Número de perforaciones en la longitud en corte  
 Área bruta, solicitada a corte  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en corte  
 Longitud neta, en corte  
 Área neta, solicitada a corte

$$\begin{aligned} l_{gt} &= 6.00 \text{ cm} \\ n_t &= 1/2 + 1 = 1.50 \\ A_{gt} &= l_{gt} * t = 1.50 \text{ cm}^2 \\ d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \\ d_{ptt} &= n_t * d_p = 2.14 \text{ cm} \\ l_{nt} &= l_{gt} - d_{ptt} = 3.86 \text{ cm} \\ A_{nt} &= l_{nt} * t = 0.96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en tracción  
 Número de perforaciones en la longitud en tracción  
 Área bruta, solicitada a tracción  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en tracción  
 Longitud neta, en tracción  
 Área neta, solicitada a tracción

$$\begin{aligned} R_{n1} &= 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n1} &= 9966.42 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{n2} &= 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ R_{n2} &= 8488.01 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$R_n = \text{Min.}(R_{n1}; R_{n2}) = 8488.01 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 4244.01 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm} = 8488.01 \text{ kgf} > N_b = 4179.78 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.49$$

Utilizar: PL 3/32"; 4 per 5/8" + 08 per 1/2"

## 10.6. Unión tipo 6

a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 3100.21 \text{ kgf}$$

Compresión, elemento A

$$N_b = 8723.25 \text{ kgf}$$

Tracción, elemento B

$$N_c = 8982.66 \text{ kgf}$$

Compresión, elemento C

$$N_d = 4179.78 \text{ kgf}$$

Tracción, elemento D

$$d_1 = 1/2'' = 12.70 \text{ mm}$$

Diametro del perno

$$d_2 = 5/8'' = 15.90 \text{ mm}$$

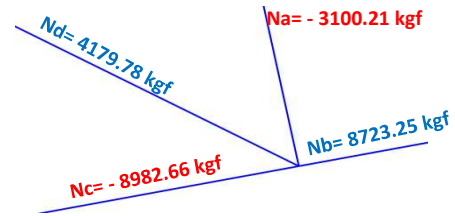
Diametro del perno

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

Espesor de la pletina de acero ASTM A36

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

Espesor de la pieza central (elemento de madera)



b) Cálculo de carga admisible por perno

1/2"

$$P_o = 943.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1178.75 \text{ kgf/perno}$$

5/8"

$$P_o = 1350.00 \text{ kgf/perno}$$

$$P = 1.25 * P_o$$

$$P = 1687.50 \text{ kgf/perno}$$

c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: #P = N / P    | d    |
|----------|----------------------------|------|
| a        | $N_a / P = 2.63 \approx 4$ | 1/2" |
| b        | $N_b / P = 5.17 \approx 6$ | 5/8" |
| c        | $N_c / P = 5.32 \approx 6$ | 5/8" |
| d        | $N_d / P = 3.55 \approx 4$ | 1/2" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

d) Verificación de la geometría - espaciamentos

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano.

En pernos de 5/8"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 79.50 \text{ mm}$ | $< 80.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 63.60 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 50.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 31.80 \text{ mm}$ | $< 45.00 \text{ mm}$ | ok |

Utilizando pernos de 1/2"

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 63.50 \text{ mm}$ | $< 65.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80 \text{ mm}$ | $< 55.00 \text{ mm}$ | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido        | Mín. Asumido         |    |
|--|-------------------------|----------------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40 \text{ mm}$ | $< 30.00 \text{ mm}$ | ok |

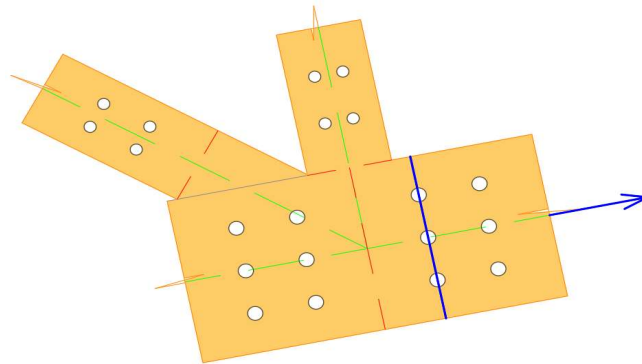
e) Verificación de la eficiencia de la conexión

| Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM) |                            |      |      |     |      |
|--|----------------------------|------|------|-----|------|
| Tipo del elemento lateral  | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|  | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos  | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 4715.00 kgf                                 | ok        | 0.66            |
| b        | 3                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 10125.00 kgf                                | ok        | 0.86            |
| c        | 3                  | 2                   | 1.00 | 1687.50 kgf                                  | 10125.00 kgf                                | ok        | 0.89            |
| d        | 2                  | 2                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 4715.00 kgf                                 | ok        | 0.89            |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico



|          |  |   |
|----------|--|---|
| $f_t$    | $= 145 \text{ kgf/cm}^2$                   | Tracción paralela al grano                              |
| $b$      | $= 6.50 \text{ cm}$                        | Base  |
| $h$      | $= 19.00 \text{ cm}$                       | Altura  |
| $n$      | $= 3$                                      | Número de perforaciones en el plano a tracción          |
| $dp$     | $= d_2 + 0.2 \text{ cm} = 1.79 \text{ cm}$ | Diámetro standard de perforación (con holgura)          |
| $d_{pt}$ | $= n * dp = 5.37 \text{ cm}$               | Diámetro de perforación total en la longitud a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 13.63 \text{ cm}$          | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * b = 88.60 \text{ cm}^2$           | Área neta   |

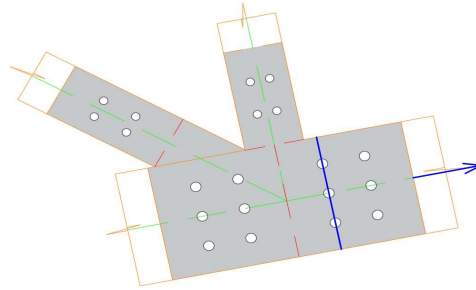
$$N_{adm} = f_t * A_n = 12846.28 \text{ kgf} > N_b = 8723.25 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{N_{adm}} = 0.68$$

g) Verificación de pletinas - por tracción

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

- Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina



|          |                                      |   |
|----------|--------------------------------------|---|
| $f_y$    | $= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$         | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36           |
| $h$      | $= 19.00 \text{ cm}$                 | longitud bruta de pletina, línea transversal a la carga |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                  | Espesor de pletina                                      |
| $A_g$    | $= h * t = 4.75 \text{ cm}^2$        | Área bruta  |
| $R_{n1}$ | $= f_y * A_g = 12017.50 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                     |
| $\Omega$ | $= 1.67$                             | Factor de seguridad, ASD                                |

$$R_{adm1} = \frac{R_{n1}}{\Omega} = 7196.11 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm1} = 14392.22 \text{ kgf} > N_b = 8723.25 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

- Verificación de la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

|          |                                      |   |
|----------|--------------------------------------|---|
| $f_u$    | $= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$         | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36         |
| $h$      | $= 19.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, plano en tracción          |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                  | Espesor de pletina                                    |
| $n$      | $= 3$                                | Número de perforaciones en el plano a tracción        |
| $d_p$    | $= d_2 + 1/16'' = 1.75 \text{ cm}$   | Diametro de perforación standard (con holgura)        |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 5.24 \text{ cm}$        | Diametro de perforación total, en el plano a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 13.76 \text{ cm}$    | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * t = 3.44 \text{ cm}^2$      | Área neta, solicitada a tracción                      |
| $U$      | $= 1.00$                             | Factor de corte diferido, en pletinas con pernos      |
| $A_e$    | $= A_n * U = 3.44 \text{ cm}^2$      | Área neta efectiva                                    |
| $R_{n2}$ | $= f_u * A_e = 14036.48 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                   |
| $\Omega$ | $= 2.00$                             | Factor de seguridad en rotura, ASD                    |

$$R_{adm2} = \frac{R_{n2}}{\Omega} = 7018.24 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

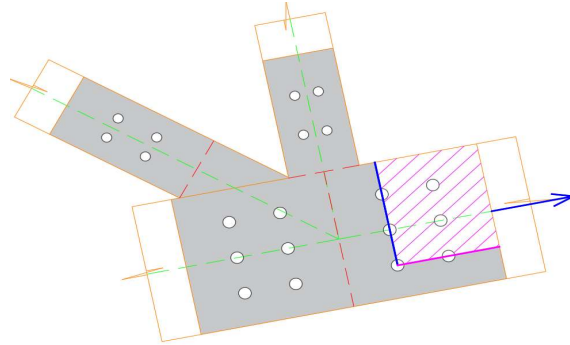
$$R_{adm2} = 14036.48 \text{ kgf} > N_b = 8723.25 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

**La resistencia admisible de la pletina es el menor valor de las resistencias por fluencia y rotura en tracción.**

$$R_{adm} = \text{Mín. } (R_{adm1}; R_{adm2}) = 14036.48 \text{ kgf}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.62$$

h) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte



$$\begin{aligned}
 f_u &= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2 \\
 f_y &= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2 \\
 U_{bs} &= 1.00 \\
 \Omega &= 2.00 \\
 t &= 0.25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Resistencia última, pletina de acero ASTM A36  
 Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36  
 Factor de reducción  
 Factor de seguridad en bloque de corte, ASD  
 Espesor de pletina

$$\begin{aligned}
 l_{gv} &= 13.00 \text{ cm} \\
 c &= 1.00 \\
 n_v &= 1 + 1/2 = 1.50 \\
 A_{gv} &= l_{gv} * t * c = 3.25 \text{ cm}^2 \\
 d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.75 \text{ cm} \\
 d_{ptv} &= n_v * d_p = 2.62 \text{ cm} \\
 l_{nv} &= l_{gv} - d_{ptv} = 10.38 \text{ cm} \\
 A_{nv} &= l_{nv} * t * c = 2.60 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en corte  
 Número de planos en corte  
 Número de perforaciones en la longitud en corte  
 Área bruta, solicitada a corte  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en corte  
 Longitud neta, en corte  
 Área neta, solicitada a corte

$$\begin{aligned}
 l_{gt} &= 14.50 \text{ cm} \\
 n_t &= 1/2 + 2 = 2.50 \\
 A_{gt} &= l_{gt} * t = 3.63 \text{ cm}^2 \\
 d_p &= d_2 + 1/16'' = 1.75 \text{ cm} \\
 d_{ptt} &= n_t * d_p = 4.37 \text{ cm} \\
 l_{nt} &= l_{gt} - d_{ptt} = 10.13 \text{ cm} \\
 A_{nt} &= l_{nt} * t = 2.53 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Longitud bruta de pletina, en tracción  
 Número de perforaciones en la longitud en tracción  
 Área bruta, solicitada a tracción  
 Diámetro de perforación standard (con holgura)  
 Diámetro de perforación total en la longitud en tracción  
 Longitud neta, en tracción  
 Área neta, solicitada a tracción

$$\begin{aligned}
 R_{n1} &= 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\
 R_{n1} &= 16690.01 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{n2} &= 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\
 R_{n2} &= 15270.56 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \text{Min. } (R_{n1}; R_{n2}) = 15270.56 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 7635.28 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm} = 15270.56 \text{ kgf} > N_b = 8723.25 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_b}{R_{adm}} = 0.57$$

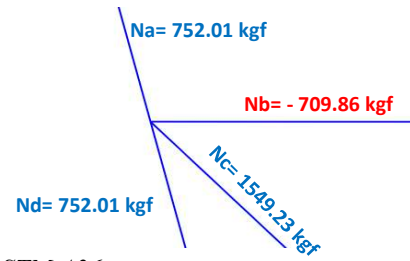
Utilizar: PL 3/32"; 12 per 5/8" + 08 per 1/2"

## 10.7. Unión tipo 7, en cerramiento lateral

### a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

|       |                      |  |
|-------|----------------------|--|
| $N_a$ | = 752.01 kgf         | Tracción, elemento A                             |
| $N_b$ | = 709.86 kgf         | Compresión, elemento B                           |
| $N_c$ | = 1549.23 kgf        | Tracción, elemento C                             |
| $N_d$ | = 752.01 kgf         | Tracción, elemento D                             |
| $d$   | = $1/2'' = 12.70$ mm | Diametro del perno                               |
| $t$   | = $3/32'' = 2.50$ mm | Espesor de la pletina de acero ASTM A36          |
| $e$   | = 65.00 mm           | Espesor de la pieza central (elemento de madera) |



### b) Cálculo de carga admisible por perno

|       |                     |  |
|-------|---------------------|--|
| $P_o$ | = 943.00 kgf/perno  | Carga admisible, fuerza paralela al grano-doble cizallamiento  |
| $P$   | = 1178.75 kgf/perno | Carga admisible, si elementos laterales son pletinas metálicas |

### c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: $\#P = N / P$ | $d$  |
|----------|----------------------------|------|
| a        | $N_a / P = 0.64 \approx 1$ | 1/2" |
| b        | $N_b / P = 0.60 \approx 1$ | 1/2" |
| c        | $N_c / P = 1.31 \approx 2$ | 1/2" |
| d        | $N_d / P = 0.64 \approx 1$ | 1/2" |

Donde N: Esfuerzo a compresión o a tracción en el elemento

### d) Verificación de la geometría - espaciamentos

De acuerdo a lo establecido en el Art. 10 (10.3) de la norma E.010.

Espaciamentos mínimos en elementos cargados paralelamente al grano.

| En la dirección a lo largo del grano | Mínimo requerido | Mín. Asumido |    |
|--------------------------------------|------------------|--------------|----|
| Espaciamiento entre pernos           | $4d = 50.80$ mm  | < 55.00 mm   | ok |
| Distancia al extremo en tracción     | $5d = 63.50$ mm  | < 65.00 mm   | ok |
| Distancia al extremo en compresión   | $4d = 50.80$ mm  | < 55.00 mm   | ok |

| En la dirección perpendicular al grano | Mínimo requerido | Mín. Asumido |    |
|--|------------------|--------------|----|
| Espaciamiento entre líneas             | $2d = 25.40$ mm  | < 30.00 mm   | ok |
| Distancia a los bordes                 | $2d = 25.40$ mm  | < 30.00 mm   | ok |

### e) Verificación de la eficiencia de la conexión

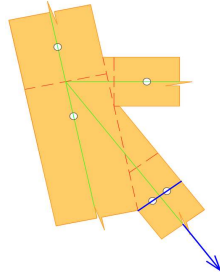
Factor de reducción de la carga admisible en función del número de pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM)

| Tipo del elemento lateral                 | Número de pernos por línea |      |      |     |      |
|---|----------------------------|------|------|-----|------|
|   | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |
| Uniones con elementos laterales metálicos | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |

Fuente: Tabla 10.3.2.9 de la Norma E.010 Madera

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 1                  | 1                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 1178.75 kgf                                 | ok        | 0.64            |
| b        | 1                  | 1                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 1178.75 kgf                                 | ok        | 0.60            |
| c        | 2                  | 1                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 2357.50 kgf                                 | ok        | 0.66            |
| d        | 1                  | 1                   | 1.00 | 1178.75 kgf                                  | 1178.75 kgf                                 | ok        | 0.64            |

f) Verificación a tracción en el miembro de madera más crítico



|          |  |   |
|----------|--|---|
| $f_t$    | $= 145 \text{ kgf/cm}^2$                 | Tracción paralela al grano                              |
| $b$      | $= 6.50 \text{ cm}$                      | Base  |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                      | Altura  |
| $n$      | $= 2$                                    | Número de perforaciones en el plano a tracción          |
| $d_p$    | $= d + 0.2 \text{ cm} = 1.47 \text{ cm}$ | Diametro standard de perforación (con holgura)          |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 2.94 \text{ cm}$            | Diametro de perforación total en la longitud a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.06 \text{ cm}$         | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * b = 39.39 \text{ cm}^2$         | Área neta   |

$$N_{adm} = f_t * A_n = 5711.55 \text{ kgf} > N_c = 1549.23 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_c}{N_{adm}} = 0.27$$

g) Verificación de pletinas - por tracción

Se realiza con los criterios establecidos en la norma AISC 360-16.

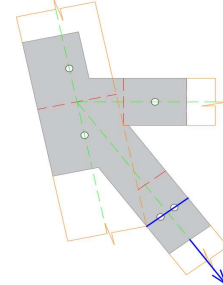
- Verificación de la resistencia por fluencia en la sección bruta de la pletina

|          |                                     |   |
|----------|-------------------------------------|---|
| $f_y$    | $= 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$        | Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36           |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                 | Longitud bruta de pletina, línea transversal a la carga |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                 | Espesor de pletina                                      |
| $A_g$    | $= h * t = 2.25 \text{ cm}^2$       | Área bruta  |
| $R_{n1}$ | $= f_y * A_g = 5692.50 \text{ kgf}$ | Resistencia nominal                                     |
| $\Omega$ | $= 1.67$                            | Factor de seguridad, ASD                                |

$$R_{adm1} = \frac{R_{n1}}{\Omega} = 3408.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm1} = 6817.37 \text{ kgf} > N_c = 1549.23 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$



- Verificación de la resistencia por rotura en la sección neta de la pletina

|          |                                    |   |
|----------|------------------------------------|---|
| $f_u$    | $= 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$       | Resistencia última, pletina de acero ASTM A36         |
| $h$      | $= 9.00 \text{ cm}$                | Longitud bruta de pletina, plano en tracción          |
| $t$      | $= 0.25 \text{ cm}$                | Espesor de pletina                                    |
| $n$      | $= 2$                              | Número de perforaciones en el plano a tracción        |
| $d_p$    | $= d_2 + 1/16'' = 1.43 \text{ cm}$ | Diametro de perforación standard (con holgura)        |
| $d_{pt}$ | $= n * d_p = 2.86 \text{ cm}$      | Diametro de perforación total, en el plano a tracción |
| $h_n$    | $= h - d_{pt} = 6.14 \text{ cm}$   | Altura neta   |
| $A_n$    | $= h_n * t = 1.54 \text{ cm}^2$    | Área neta, solicitada a tracción                      |
| $U$      | $= 1.00$                           | Factor de corte diferido, en pletinas con pernos      |
| $A_e$    | $= A_n * U = 1.54 \text{ cm}^2$    | Área neta efectiva                                    |

$$R_{n2} = f_u \cdot A_e = 6265.35 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$\Omega = 2.00 \quad \text{Factor de seguridad en rotura, ASD}$$

$$R_{adm2} = \frac{R_{n2}}{\Omega} = 3132.68 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm2} = 6265.35 \text{ kgf} > N_c = 1549.23 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

**La resistencia admisible de la pletina es el menor valor de las resistencias por fluencia y rotura en tracción.**

$$R_{adm} = \text{Mín. } (R_{adm1}; R_{adm2}) = 6265.35 \text{ kgf}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_c}{R_{adm}} = 0.25$$

h) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte

$$f_u = 4080.00 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{Resistencia última, pletina de acero ASTM A36}$$

$$f_y = 2530.00 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36}$$

$$U_{bs} = 1.00 \quad \text{Factor de reducción}$$

$$\Omega = 2.00 \quad \text{Factor de seguridad en bloque de corte, ASD}$$

$$t = 0.25 \text{ cm} \quad \text{Espesor de pletina}$$

$$l_{gv} = 6.50 \text{ cm} \quad \text{Longitud bruta de pletina, en corte}$$

$$c = 1.00 \quad \text{Número de planos en corte}$$

$$n_v = 1/2 = 0.50 \quad \text{Número de perforaciones en la longitud en corte}$$

$$A_{gv} = l_{gv} \cdot t \cdot c = 1.63 \text{ cm}^2 \quad \text{Área bruta, solicitada a corte}$$

$$d_p = d + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de perforación standard (con holgura)}$$

$$d_{ptv} = n_v \cdot d_p = 0.71 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de perforación total en la longitud en corte}$$

$$l_{nv} = l_{gv} - d_{ptv} = 5.79 \text{ cm} \quad \text{Longitud neta, en corte}$$

$$A_{nv} = l_{nv} \cdot t \cdot c = 1.45 \text{ cm}^2 \quad \text{Área neta, solicitada a corte}$$

$$l_{gt} = 6.00 \text{ cm} \quad \text{Longitud bruta de pletina, en tracción}$$

$$n_t = 1/2 + 1 = 1.50 \quad \text{Número de perforaciones en la longitud en tracción}$$

$$A_{gt} = l_{gt} \cdot t = 1.50 \text{ cm}^2 \quad \text{Área bruta, solicitada a tracción}$$

$$d_p = d + 1/16'' = 1.43 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de perforación standard (con holgura)}$$

$$d_{ptt} = n_t \cdot d_p = 2.14 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de perforación total en la longitud en tracción}$$

$$l_{nt} = l_{gt} - d_{ptt} = 3.86 \text{ cm} \quad \text{Longitud neta, en tracción}$$

$$A_{nt} = l_{nt} \cdot t = 0.96 \text{ cm}^2 \quad \text{Área neta, solicitada a tracción}$$

$$R_{n1} = 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \quad R_{n2} = 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$R_{n1} = 7474.82 \text{ kgf} \quad R_{n2} = 6400.76 \text{ kgf}$$

$$R_n = \text{Mín. } (R_{n1}; R_{n2}) = 6400.76 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

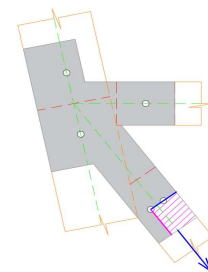
$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 3200.38 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una cartela}$$

Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.

$$R_{adm} = 6400.76 \text{ kgf} > N_c = 1549.23 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_c}{R_{adm}} = 0.24$$

Utilizar: PL 3/32"; 05 per 1/2"



### 10.8. Unión tipo 8

a) Bases del cálculo

Madera: Tipo A

$$N_a = 322.26 \text{ kgf}$$

*Tracción, elemento A*

$$d = 3/8'' = 9.50 \text{ mm}$$

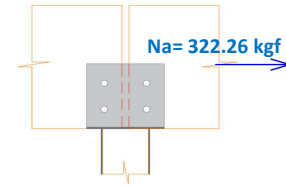
*Diametro del perno*

$$t = 3/32'' = 2.50 \text{ mm}$$

*Espesor de la pletina de acero ASTM A36*

$$e = 65.00 \text{ mm}$$

*Espesor de la pieza central (elemento de madera)*



b) Cálculo de carga admisible por perno

$$P_o = 594.00 \text{ kgf/perno}$$

*Carga admisible, fuerza paralela al grano-doble cizallamiento*

$$P = 742.50 \text{ kgf/perno}$$

*Carga admisible, si elementos laterales son pletinas metálicas*

c) Cálculo del número de pernos

| Elemento | # de pernos: #P = N / P    | d    |
|----------|----------------------------|------|
| a        | $N_a / P = 0.43 \approx 2$ | 3/8" |

d) Verificación de la eficiencia de la conexión

| Factor de reducción de la carga admisible en función del número pernos por línea paralela a la dirección de la carga aplicada (FM) |                            |      |      |     |      |  |
|--|----------------------------|------|------|-----|------|--|
| Tipo del elemento lateral  | Número de pernos por línea |      |      |     |      |  |
|  | 2                          | 3    | 4    | 5   | 6    |  |
| Uniones con elementos laterales metálicos  | 1                          | 0.94 | 0.87 | 0.8 | 0.73 |  |

| Elemento | # líneas de pernos | # de pernos / línea | FM   | Carga adm. reducida por perno: $Pr = P * FM$ | Carga adm. reducida total: $Prt = Pr * \#P$ | $Prt > N$ | $D/C = N / Prt$ |
|----------|--------------------|---------------------|------|--|---|-----------|-----------------|
| a        | 2                  | 1                   | 1.00 | 742.50 kgf                                   | 1485.00 kgf                                 | ok        | 0.22            |

e) Verificación de resistencia de la pletina por bloque de corte

$$f_u = 4080.00 \text{ kgf/cm}^2$$

*Resistencia última, pletina de acero ASTM A36*

$$f_y = 2530.00 \text{ kgf/cm}^2$$

*Límite de fluencia, pletina de acero ASTM A36*

$$U_{bs} = 1.00$$

*Factor de reducción*

$$\Omega = 2.00$$

*Factor de seguridad en bloque de corte, ASD*

$$t = 0.25 \text{ cm}$$

*Espesor de pletina*

$$l_{gv} = 2.50 \text{ cm}$$

*Longitud bruta de ángulo, en corte*

$$A_{gv} = l_{gv} * t * c = 0.63 \text{ cm}^2$$

*Área bruta, solicitada a corte*

$$A_{nv} = l_{nv} * t * c = 0.49 \text{ cm}^2$$

*Área neta, solicitada a corte*

$$l_{gt} = 3.00 \text{ cm}$$

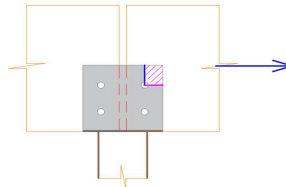
*Longitud bruta de pletina, en corte*

$$A_{gt} = l_{gt} * t = 0.75 \text{ cm}^2$$

*Área bruta, solicitada a tracción*

$$A_{nt} = l_{nt} * t = 0.61 \text{ cm}^2$$

*Área neta, solicitada a tracción*



$$R_{n1} = 0.6 f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$R_{n2} = 0.6 f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$R_{n1} = 3683.22 \text{ kgf}$$

$$R_{n2} = 3442.01 \text{ kgf}$$

$$R_n = \text{Mín. } (R_{n1}; R_{n2}) = 3442.01 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia nominal}$$

$$R_{adm} = \frac{R_n}{\Omega} = 1721.01 \text{ kgf} \quad \text{Resistencia admisible con una pletina}$$

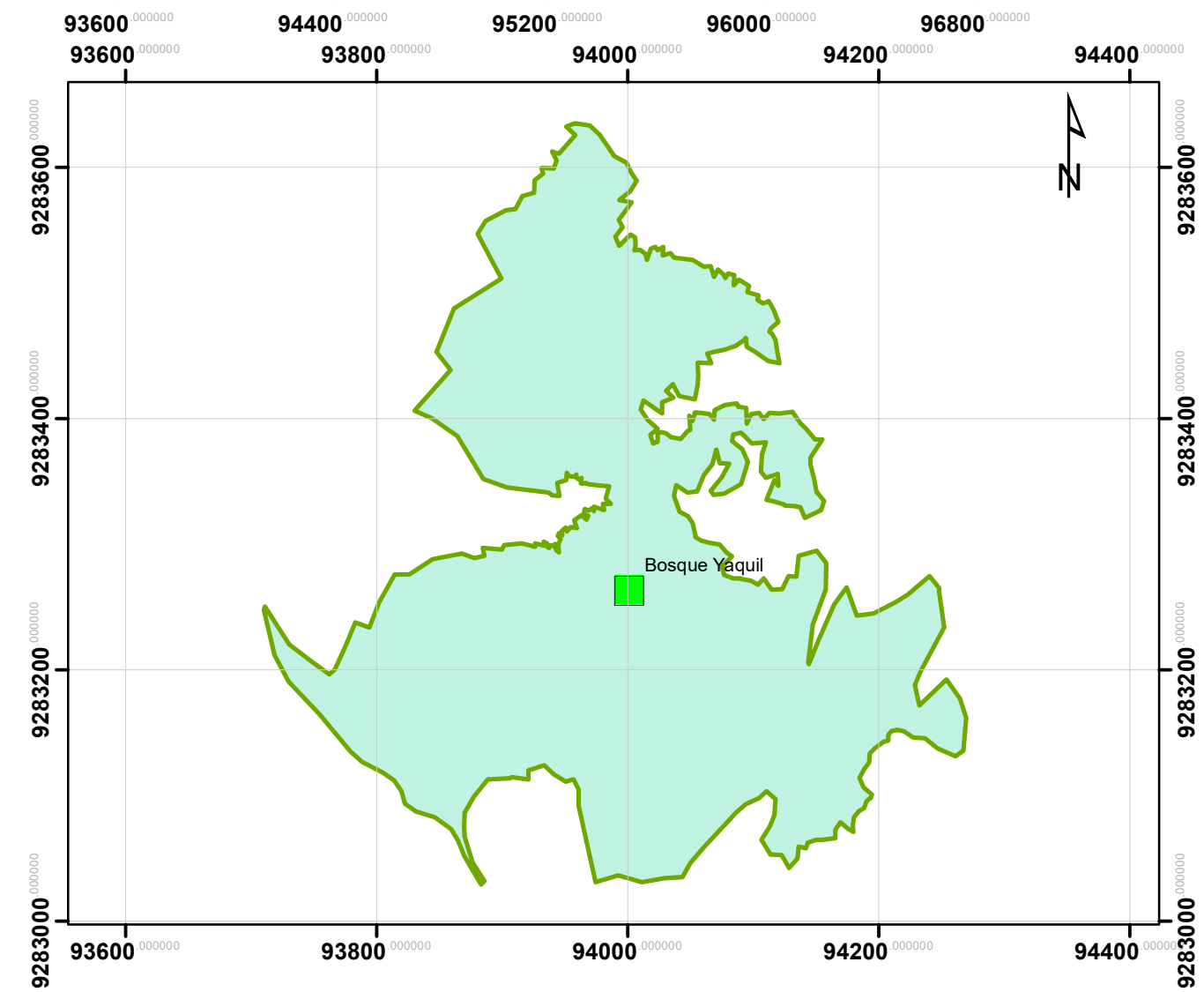
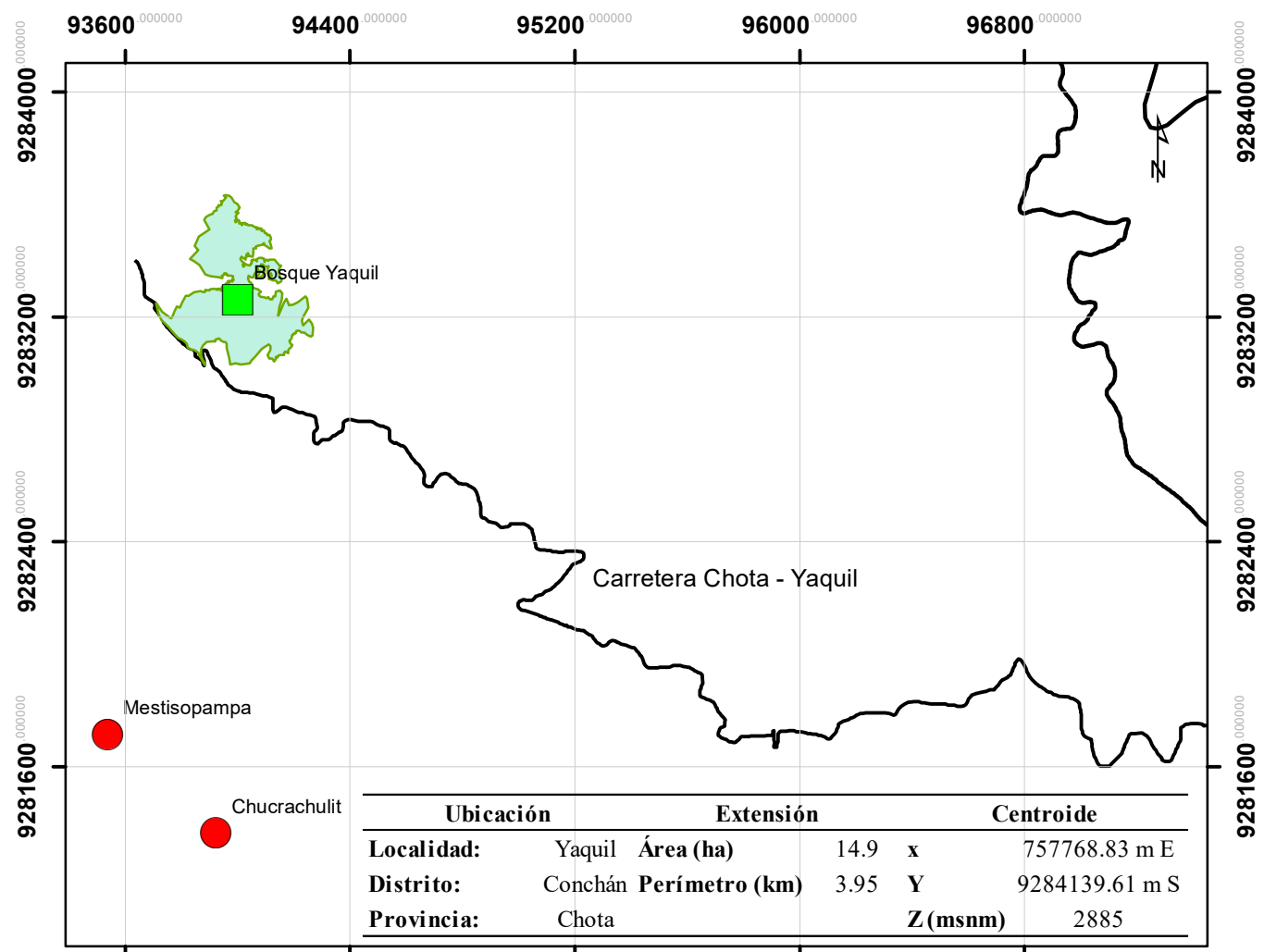
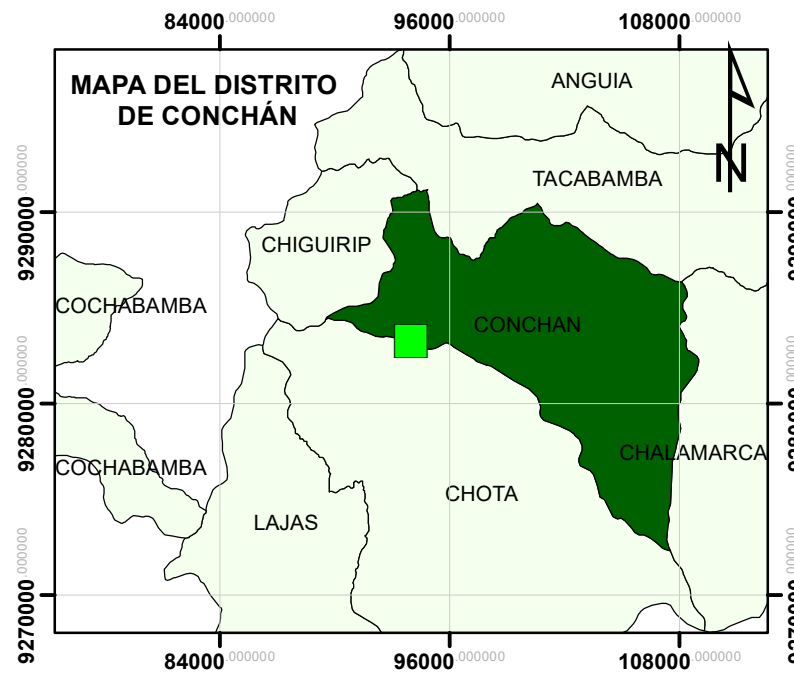
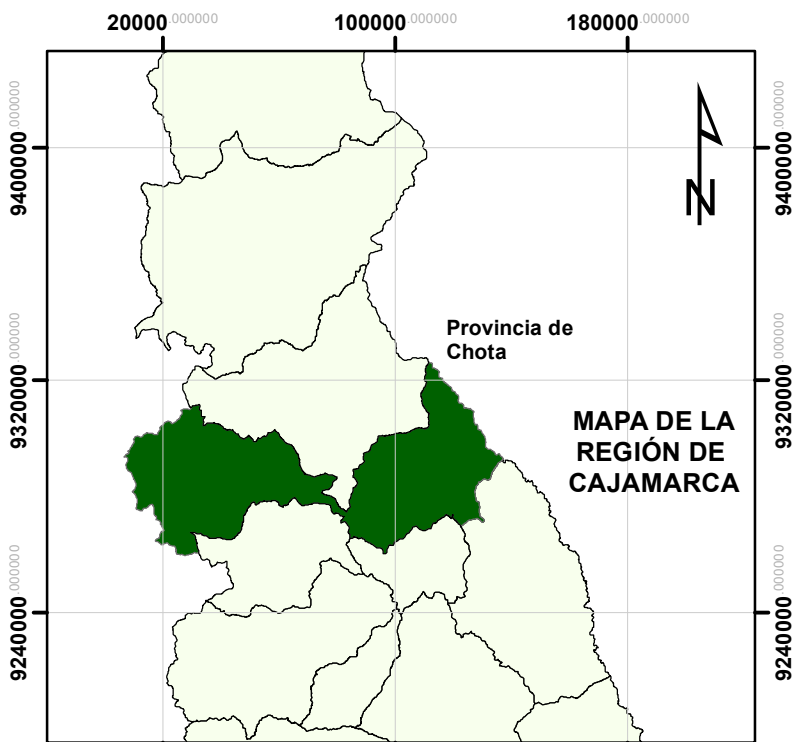
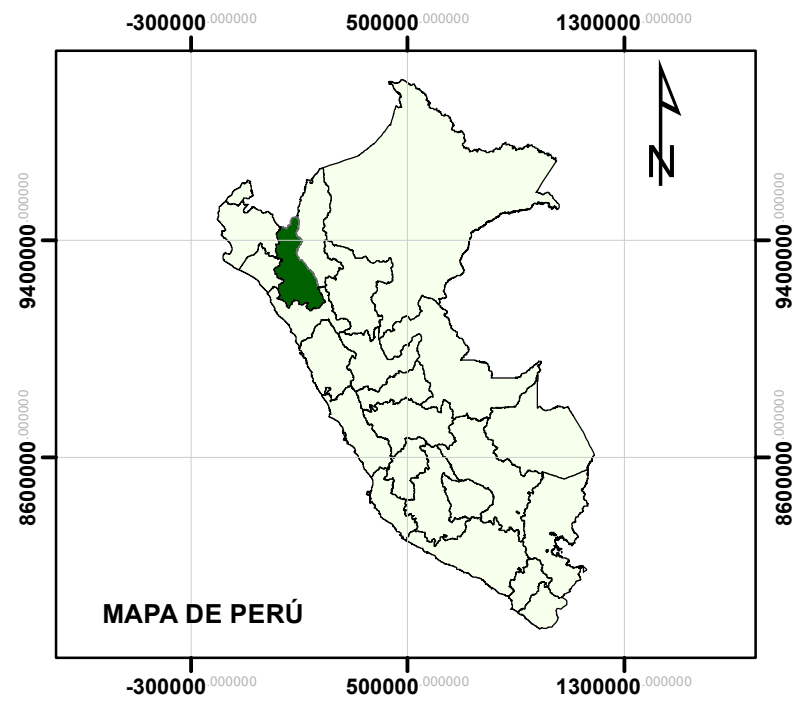
Se tiene una cartela a cada lado, por lo tanto, la resistencia admisible es el doble.


$$R_{adm} = 3442.01 \text{ kgf} > N_a = 322.26 \text{ kgf} \quad \text{ok}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{N_a}{R_{adm}} = 0.09$$

Utilizar: PL 3/32"; 04 per 3/8"

*Anexo F. Planos de la cobertura de madera*



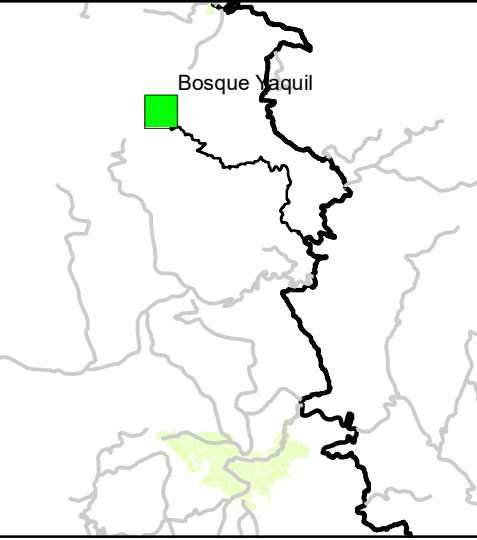


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
 Creada por Ley N°29531, del 11 de mayo del 2010 Universidad Licenciada con Resolución N°160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022**



**MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESO AL BOSQUE MONTANO EN YAQUIL, CONCHÁN, CHOTA**

Presentado por:  
**ELVER MEJÍA LEIVA**

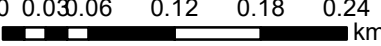
Asesor:  
**Dr. Ing. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO**

Datum WGS 84  
Proyección UTM Zona 17 S

Formato de impresión:  
A3

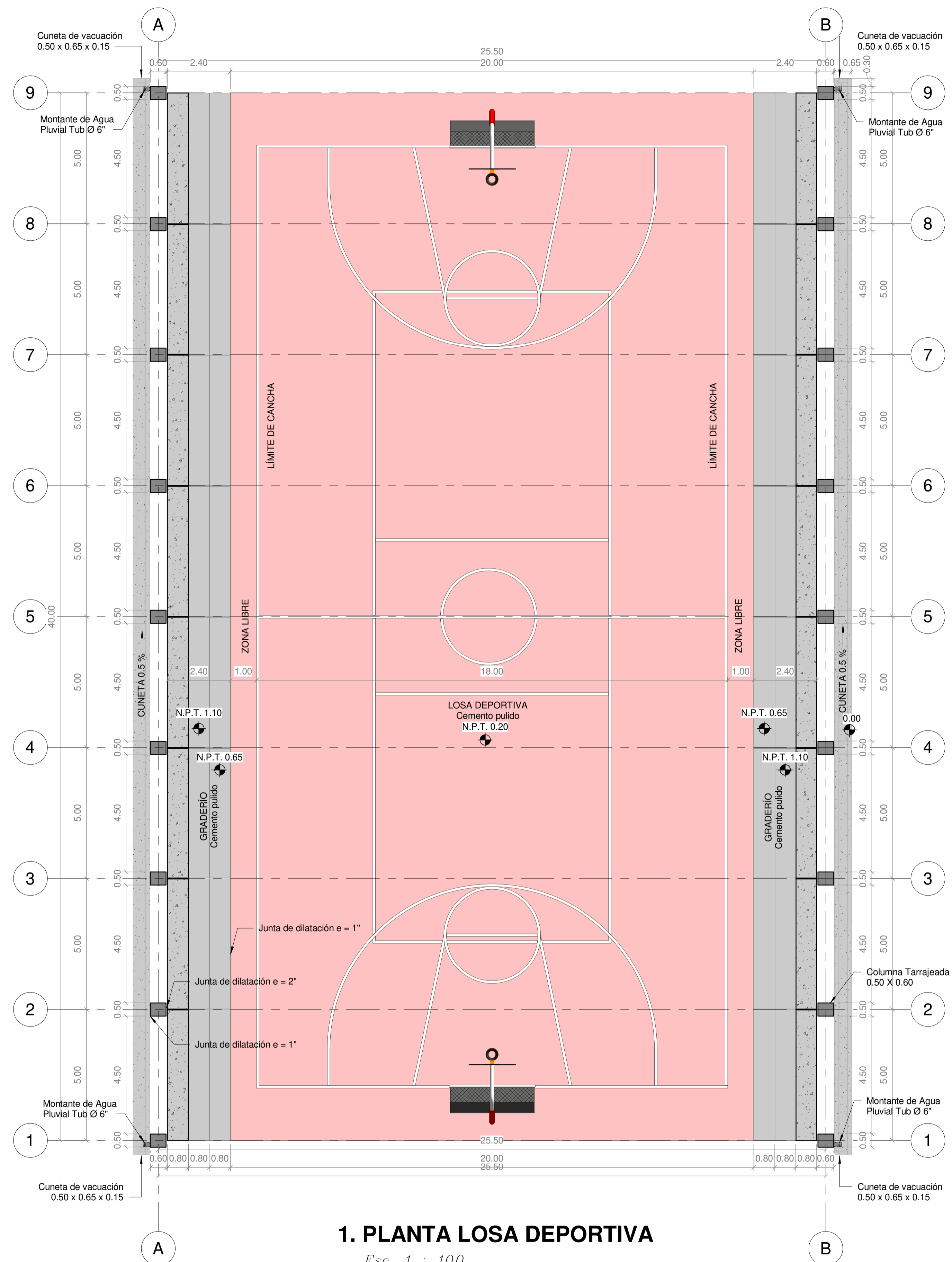
Fecha: Junio, 2024

Escala: 1:5,274      Escala gráfica



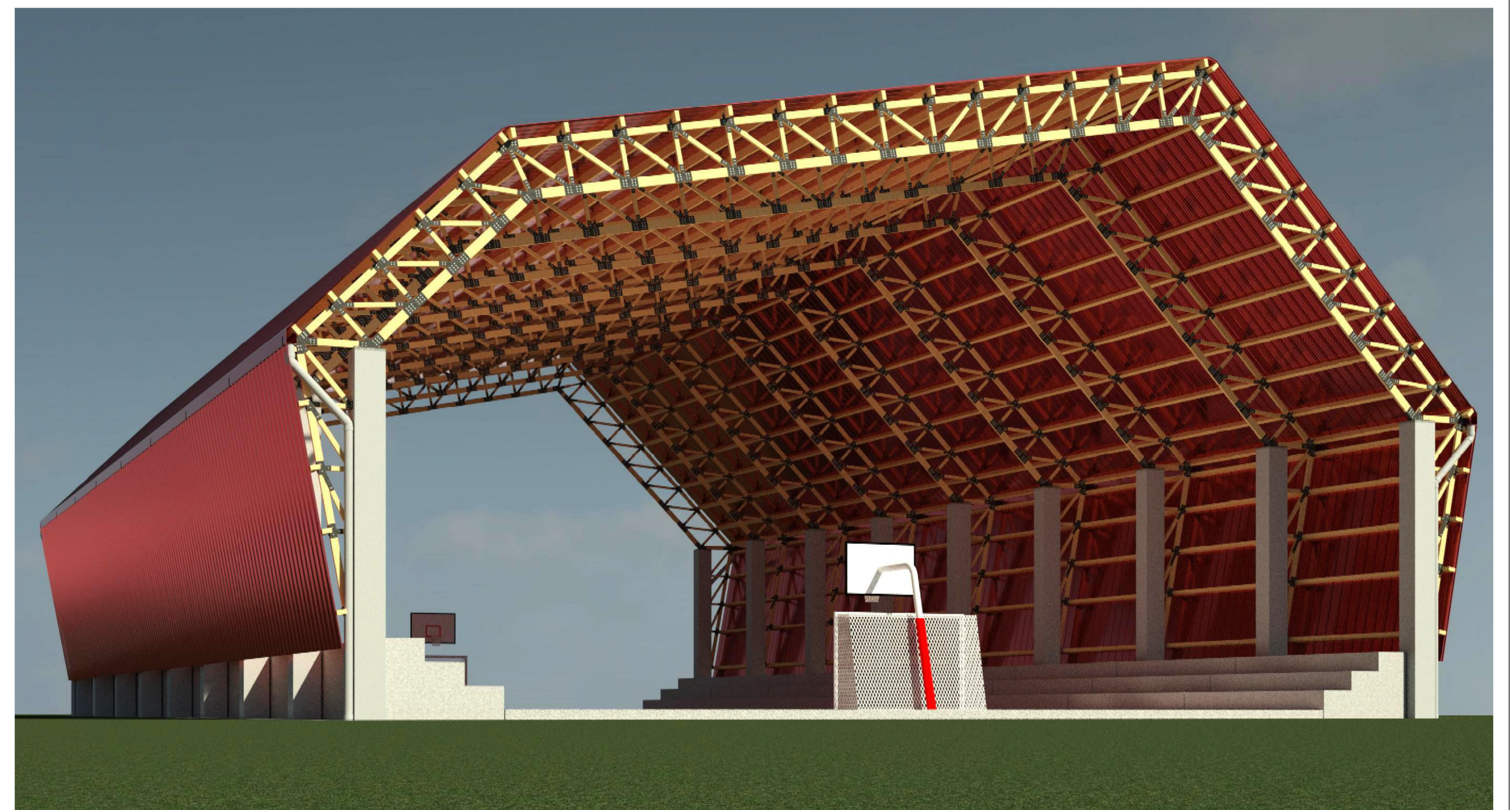
0 0.03 0.06 0.12 0.18 0.24 km

Mapa: **M-01**

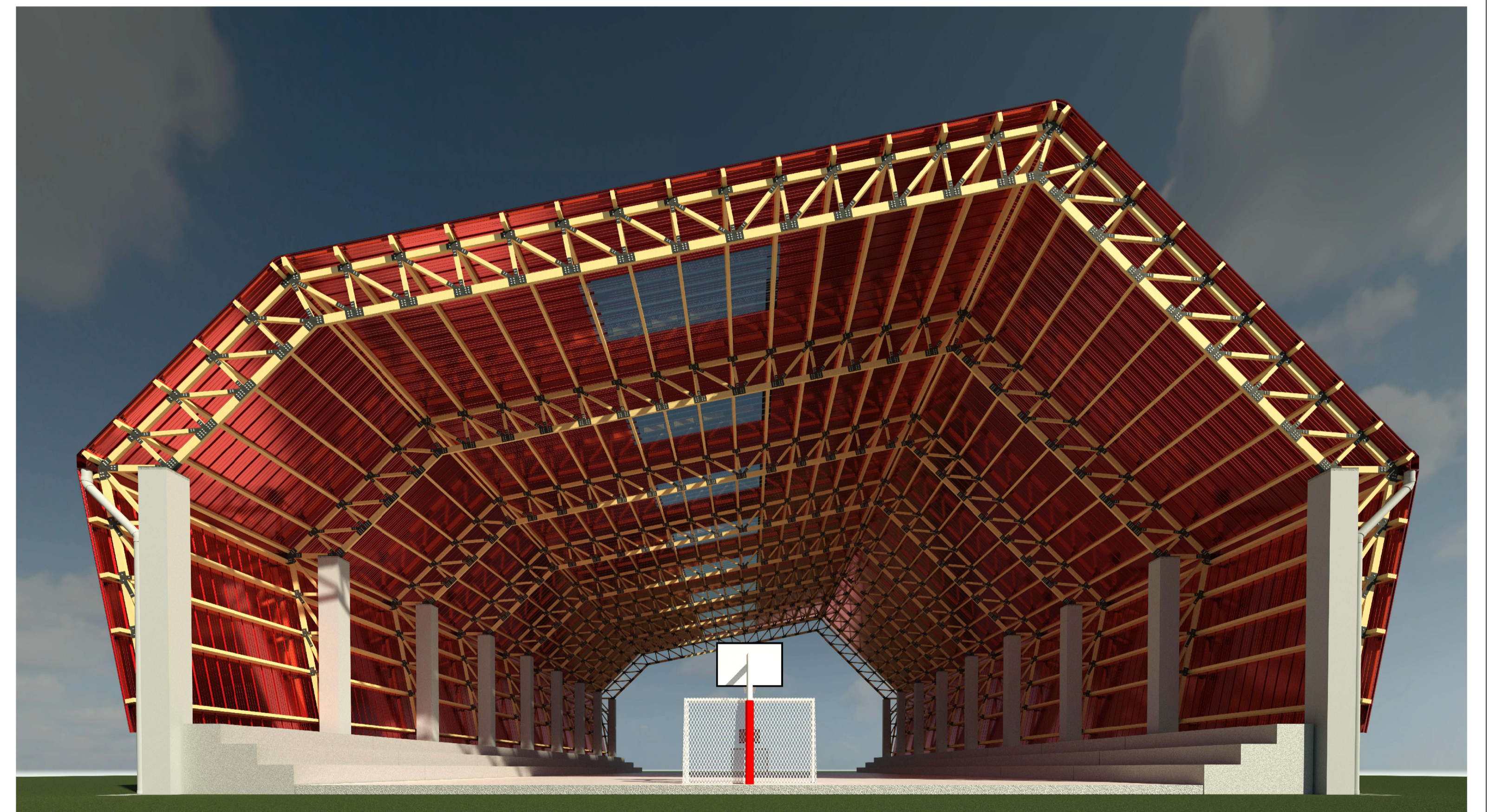


**1. PLANTA LOSA DEPORTIVA**

Esc. 1 : 100



**VISTA 3D LOSA DEPORTIVA CON COBERTURA**



**VISTA 3D LOSA DEPORTIVA CON COBERTURA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**

Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera  
"Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil -  
Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa  
deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**DISEÑADO Y DIBUJADO POR:**

Elver Mejía Leiva

**ASESOR:**

Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

**NOMBRE DE PLANO:**

Planta / Arquitectura

**CODIGO DE PLANO:**

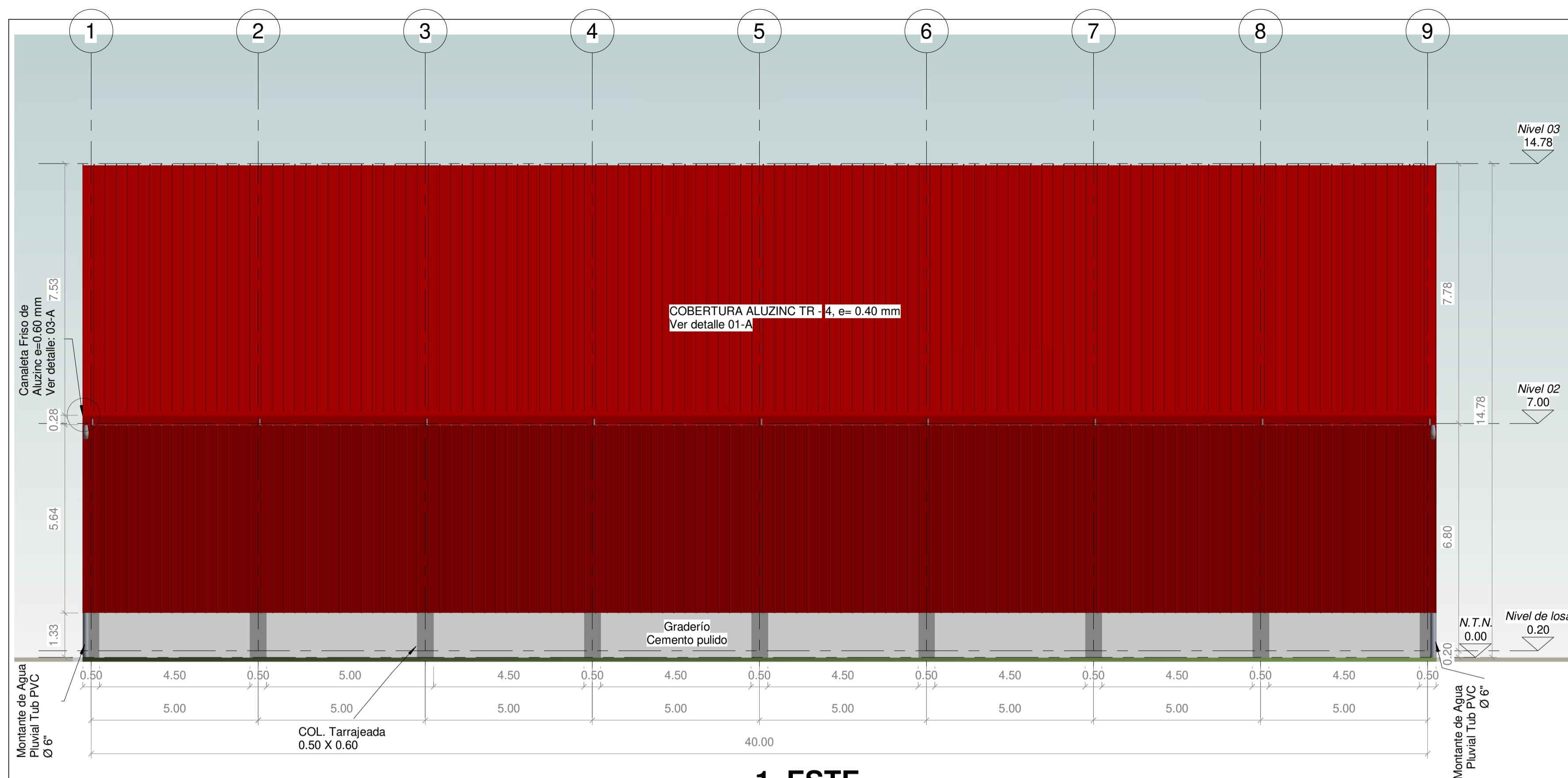
A-01

**ESCALA:**

Indicada

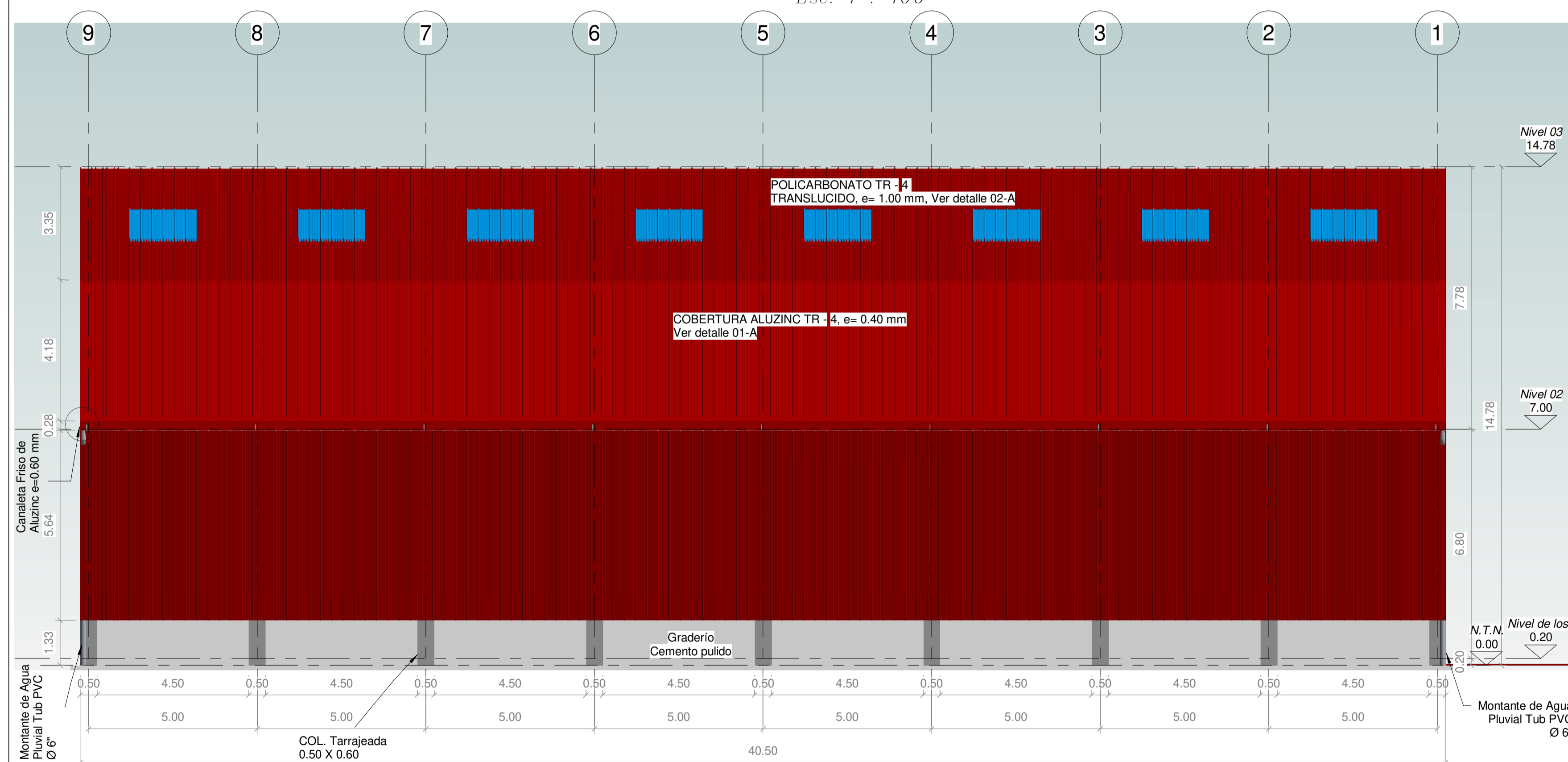
**FECHA:**

21/12/2023



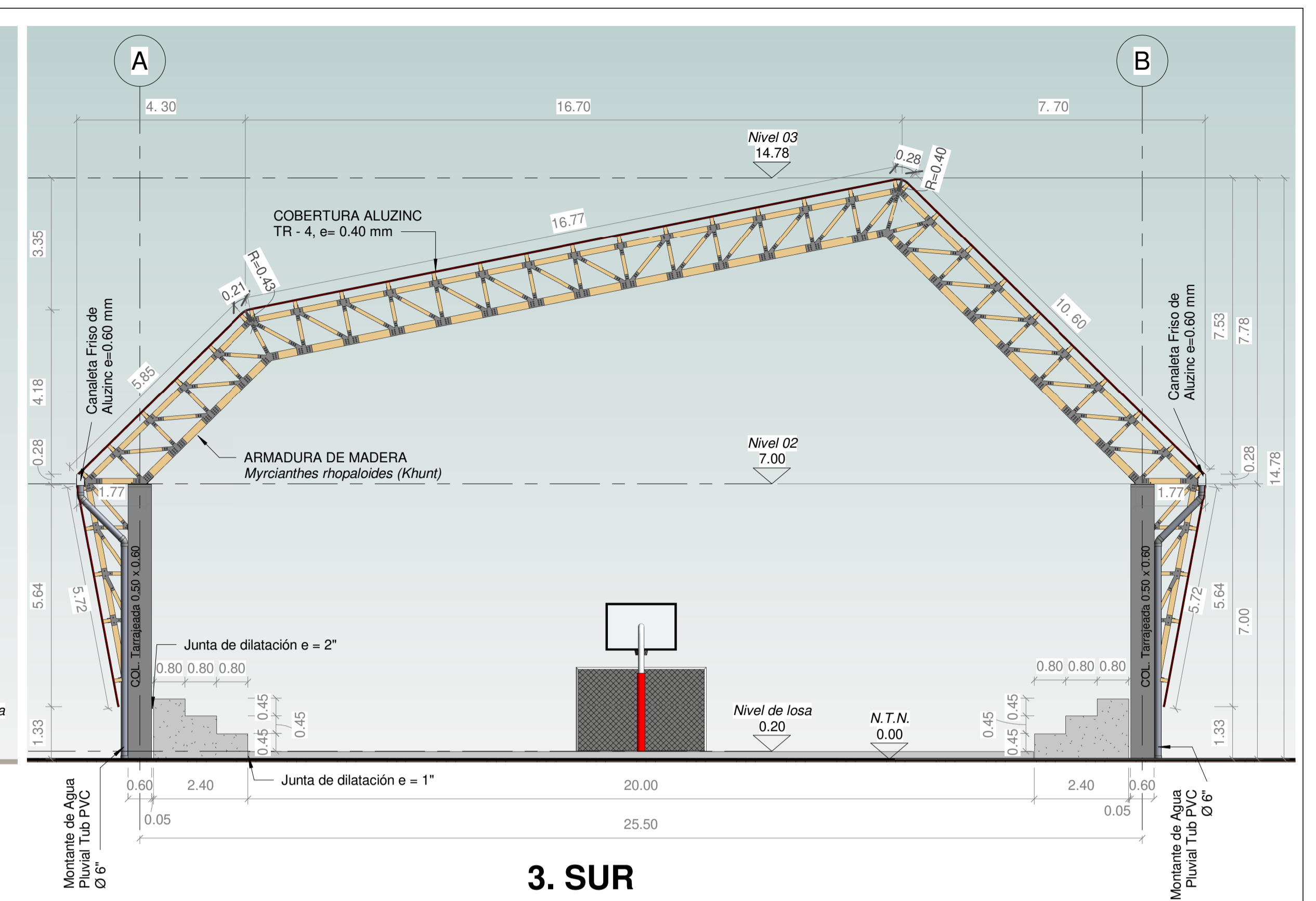
1. ESTE

Esc. 1 : 100



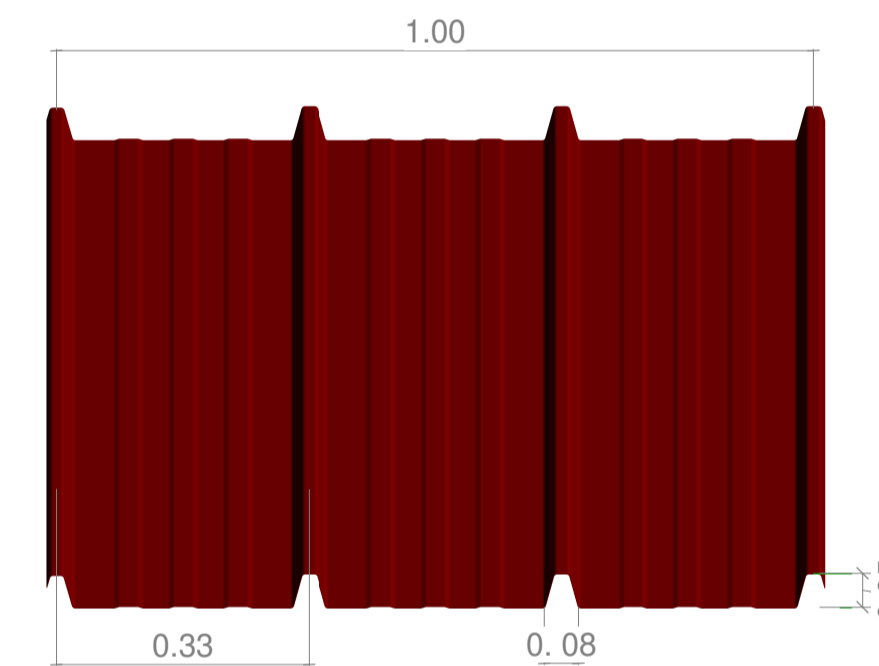
2. OESTE

Esc. 1 : 100

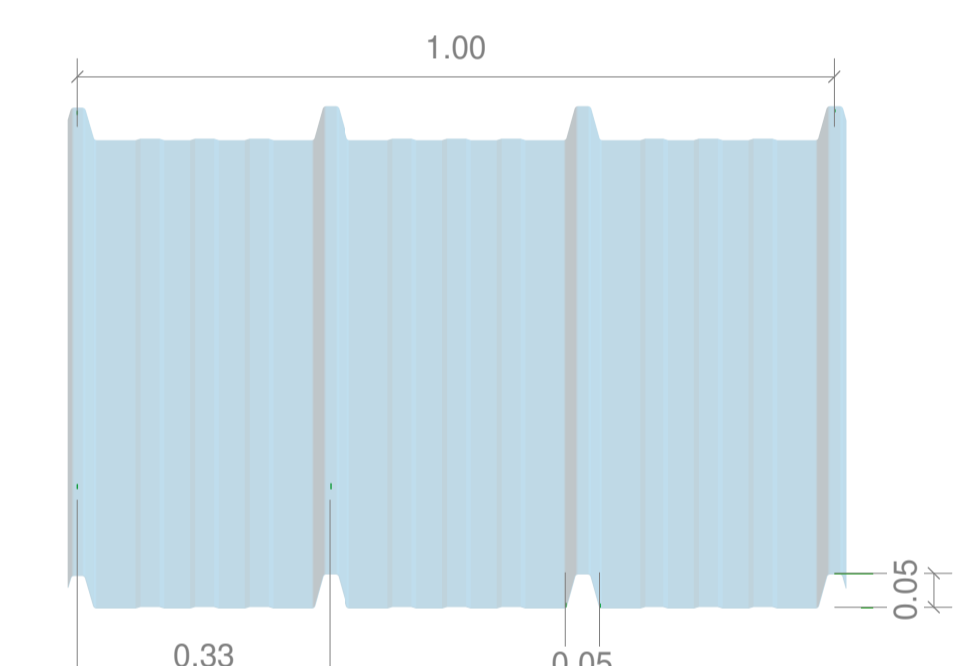


3. SUR

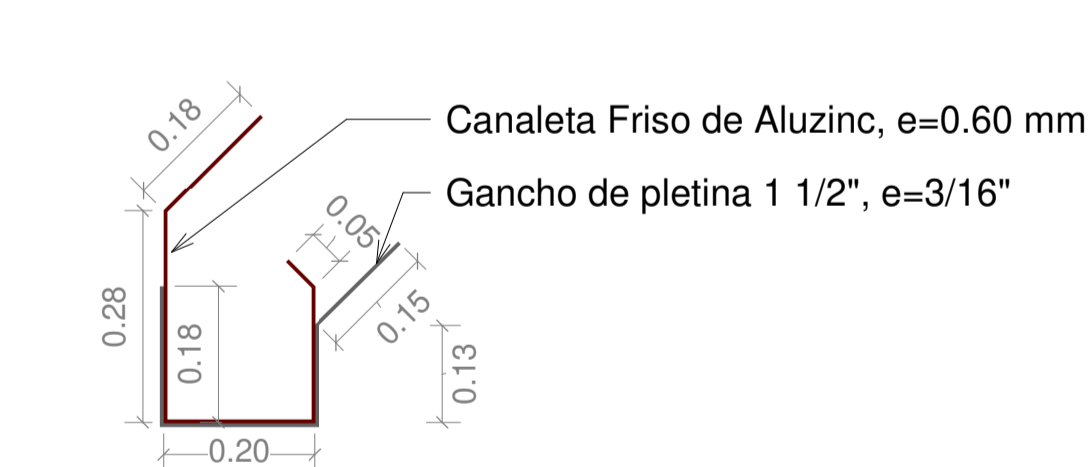
Esc. 1 : 100



4. Detalle 01-A, Aluzinc TR-4 e=0.4mm

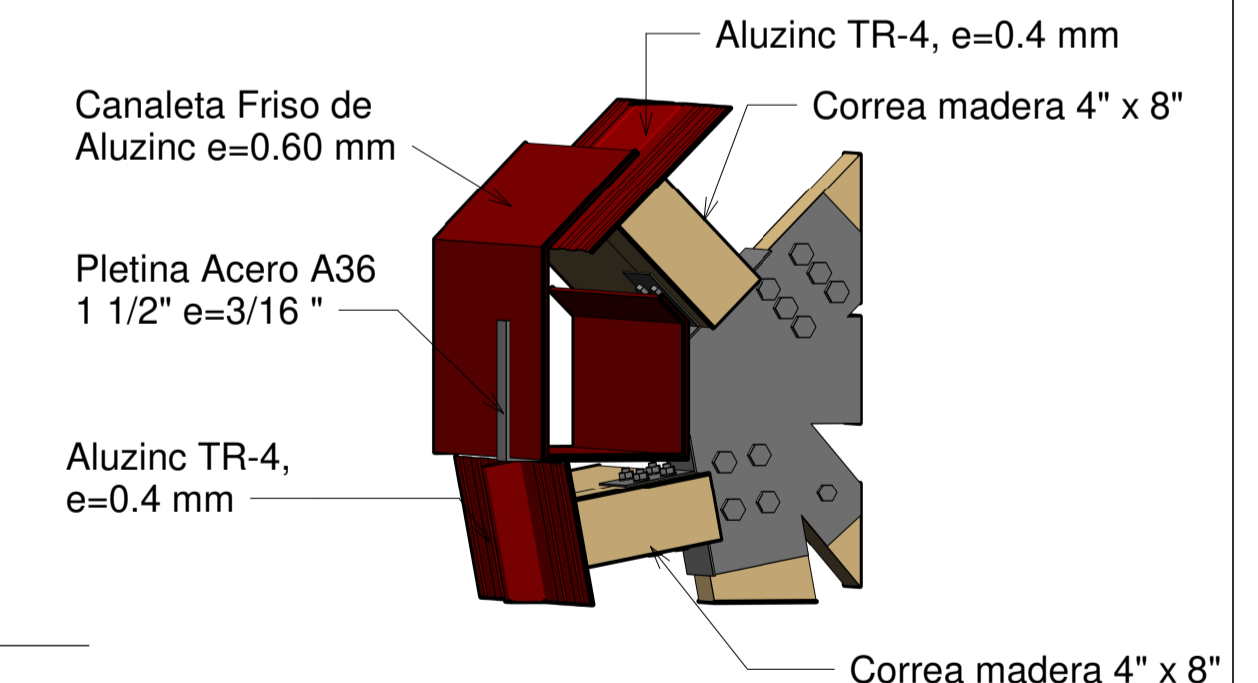


5. Detalle 02-A, Policarbonato translucido TR-4 e=0.4mm



6. Detalle 03-A, Canaleta

Esc. 1 : 10



7. Detalle 03-A, Canaleta - 3D

| CUADRO DE ACABADOS                       |   |
|--|---|
| ALUZINC TR-4                             | Prepintado Rojo   |
| MADERA "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" | Cepillada, seca y protegida con mínimo 02 capas de Barniz Doble Acción Transparente |
| PLETINA ASTM A36                         | Con tratamiento anticorrosivo y pintura esmalte gris, mínimo 02 capas               |
| COLUMNA 50X60 f'c=210 kg/cm2             | Tarrajeada  |



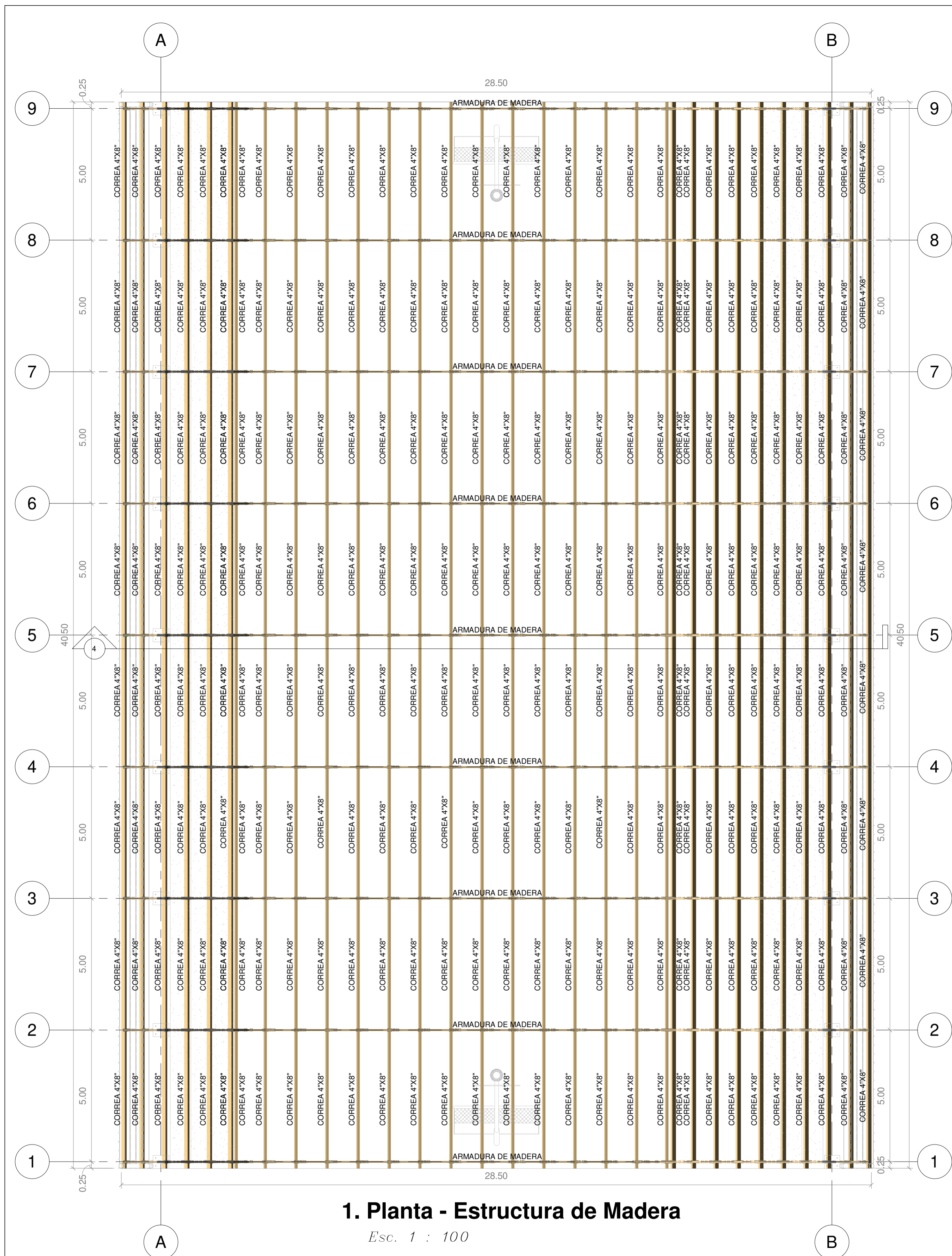
**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**  
Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera  
"Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil -  
Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa  
deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**DISEÑADO Y DIBUJADO POR:**  
Elver Mejía Leiva  
**ASESOR:**  
Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

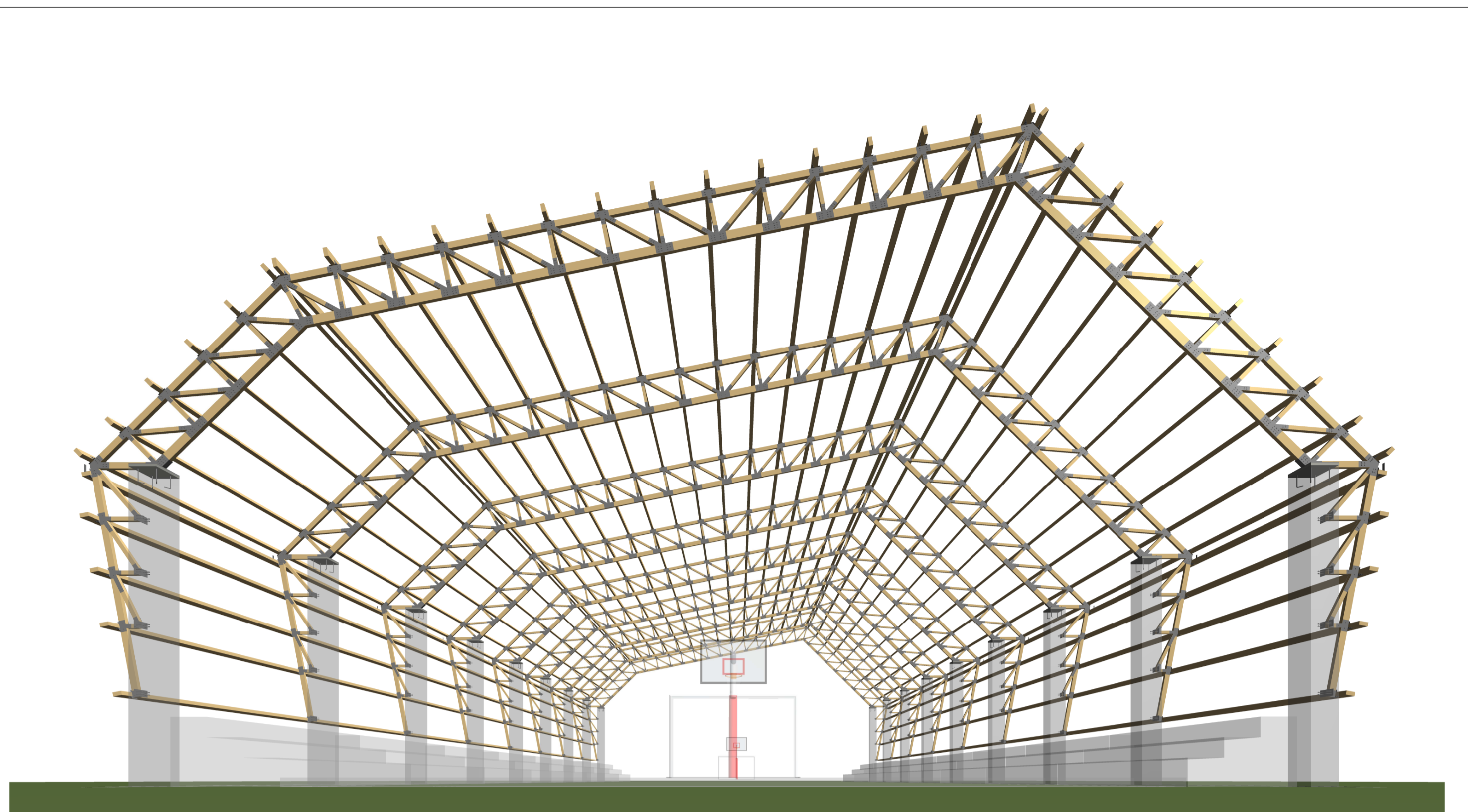
**NOMBRE DE PLANO:**  
Alzados / Arquitectura  
**CODIGO DE PLANO:**  
A-02

**ESCALA:**  
Indicada  
**FECHA:**  
21/12/2023



1. Planta - Estructura de Madera

Esc. 1 : 100

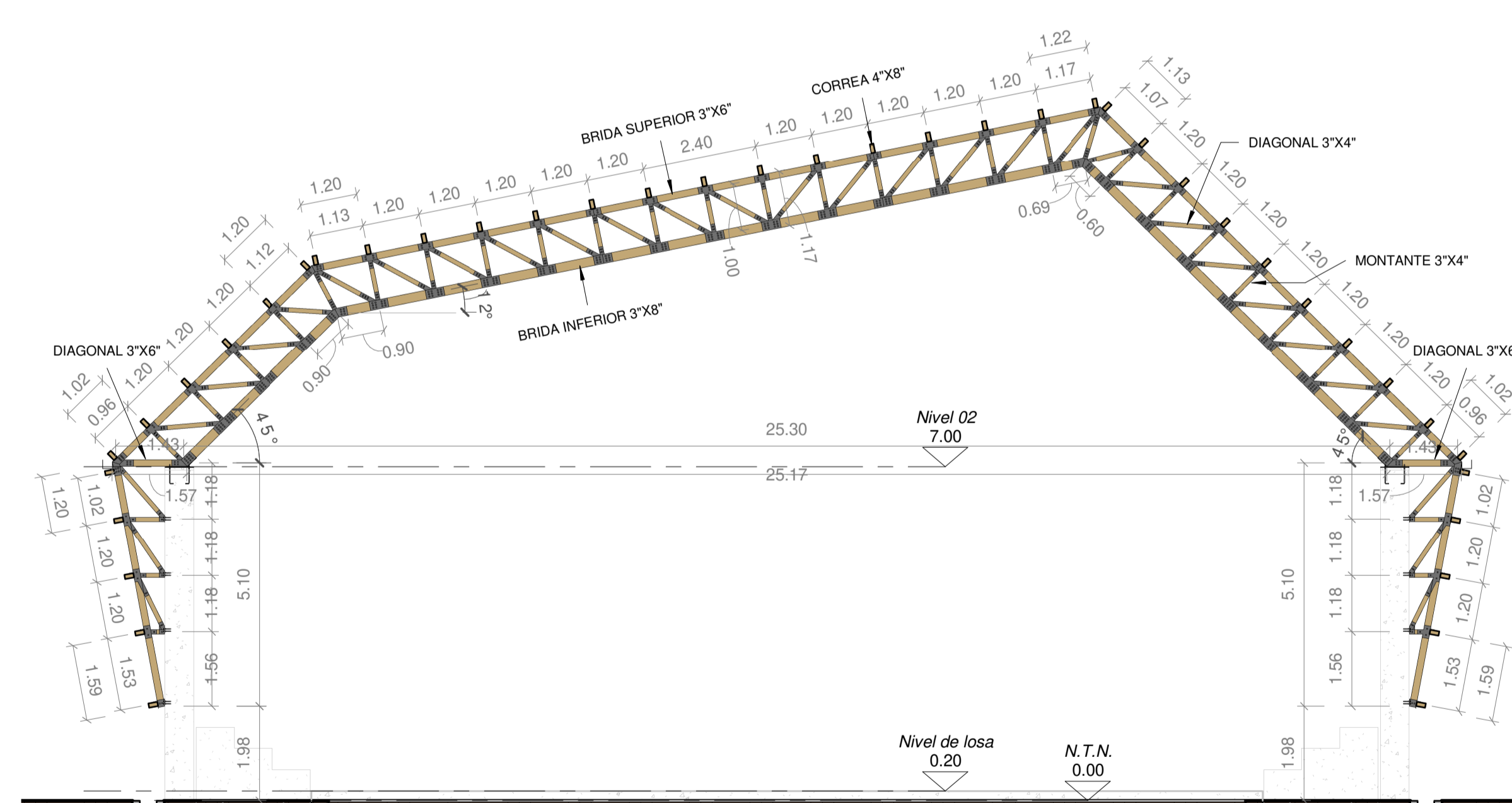


2. Vista 3D Estructura de Madera

Esc.

ELEMENTOS DE MADERA TIPO A - "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)"

|                |         |
|----------------|---------|
| BRIDA SUPERIOR | 3" X 6" |
| BRIDA INFERIOR | 3" X 8" |
| DIAGONAL 1     | 3" X 4" |
| DIAGONAL 2     | 3" X 6" |
| MONTANTE       | 3" X 4" |
| CORREA         | 4" X 8" |



3. Sección 1 - Estructura de Madera

Esc. 1 : 100

Esfuerzos Admisibles (Kg/cm<sup>2</sup>) considerados para el diseño

|   |                        |
|---|------------------------|
| Flexión estática <i>f<sub>m</sub></i>         | 210 kg/cm <sup>2</sup> |
| Tracción paralela <i>f<sub>t</sub></i>        | 145 kg/cm <sup>2</sup> |
| Compresión paralela <i>f<sub>c</sub></i>      | 145 kg/cm <sup>2</sup> |
| Compresión perpendicular <i>f<sub>c</sub></i> | 40 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Corte paralelo <i>f<sub>v</sub></i>           | 15 kg/cm <sup>2</sup>  |

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Módulo de elasticidad (E) | 95 000 kg/cm <sup>2</sup> |
| Densidad básica           | 1.00 g/cm <sup>3</sup>    |



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**

Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil - Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**DISEÑADO Y DIBUJADO POR:**

Elver Mejía Leiva

**ASESOR:**

Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

**NOMBRE DE PLANO:**

Cobertura de madera / Estructuras

**CODIGO DE PLANO:**

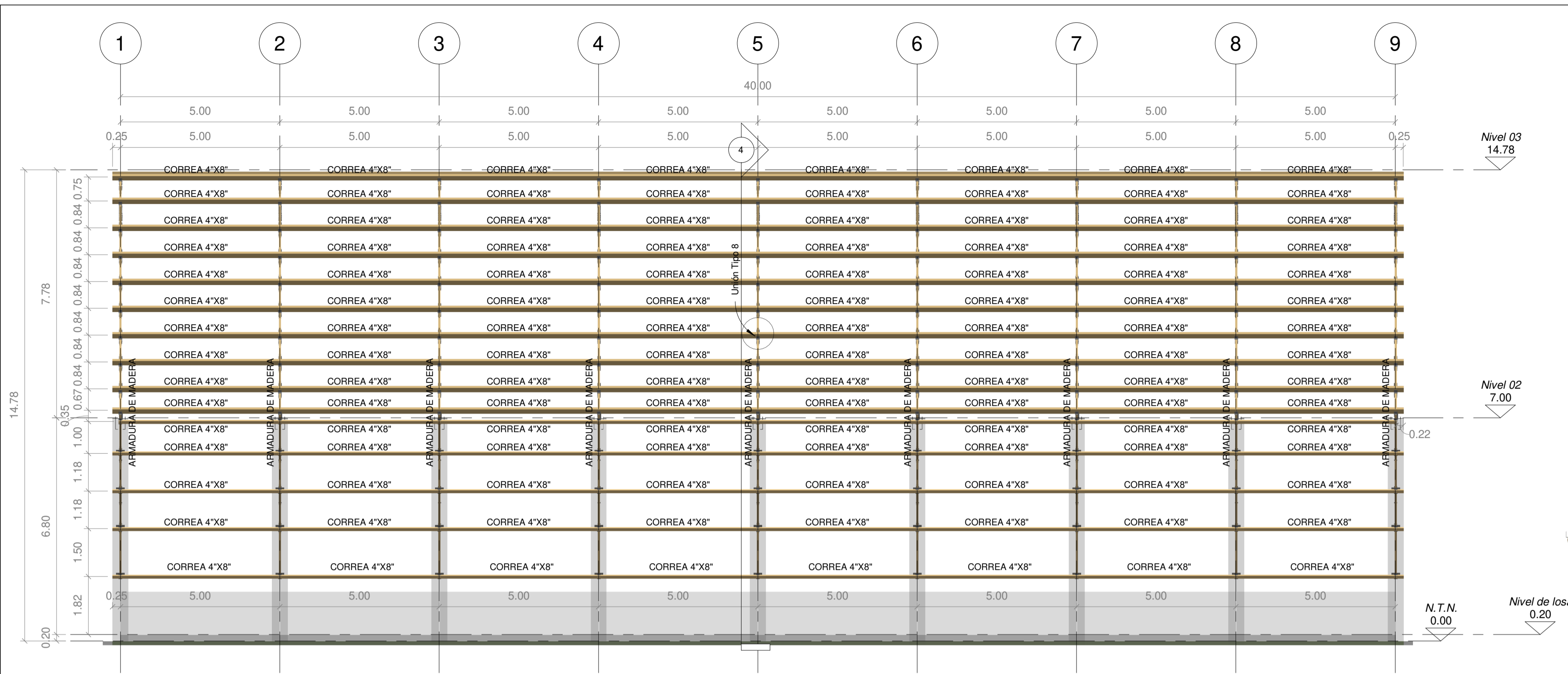
E-01

**ESCALA:**

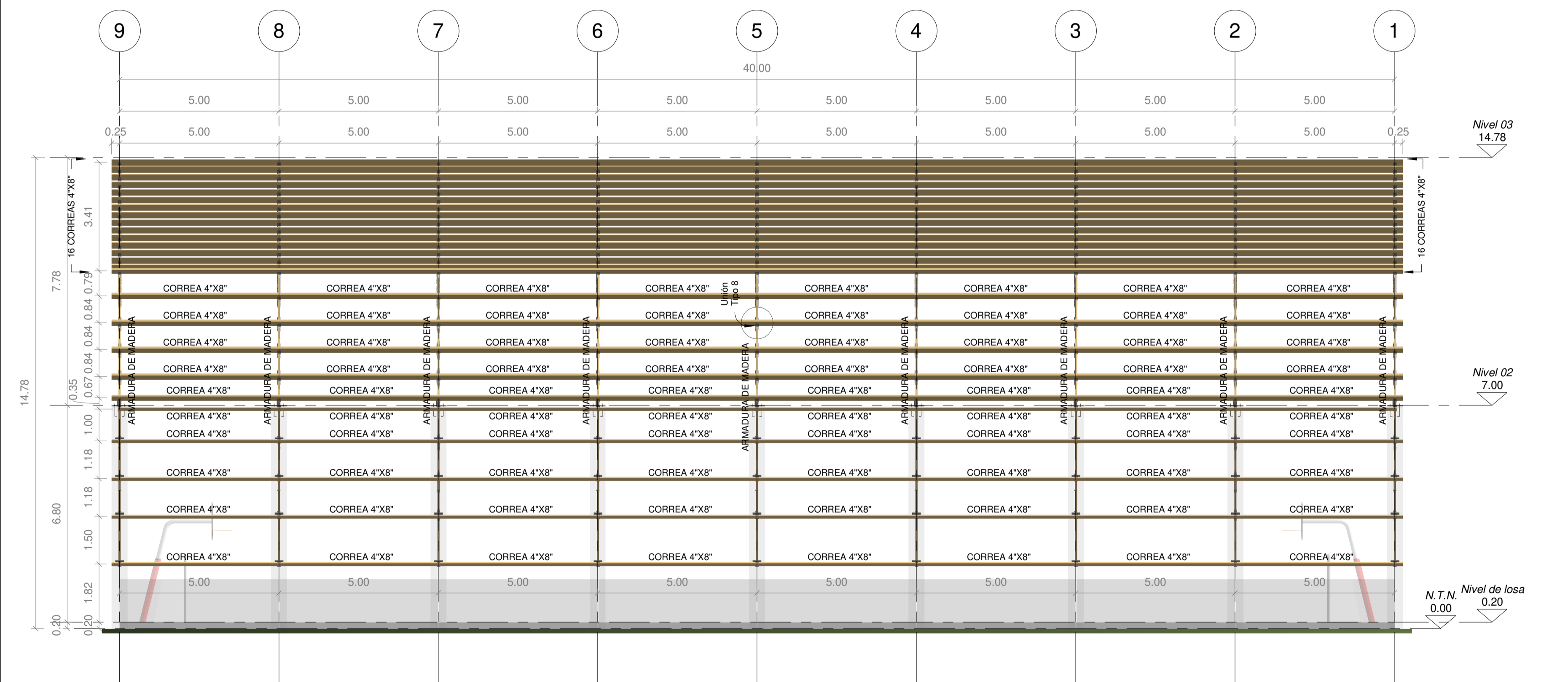
Indicada

**FECHA:**

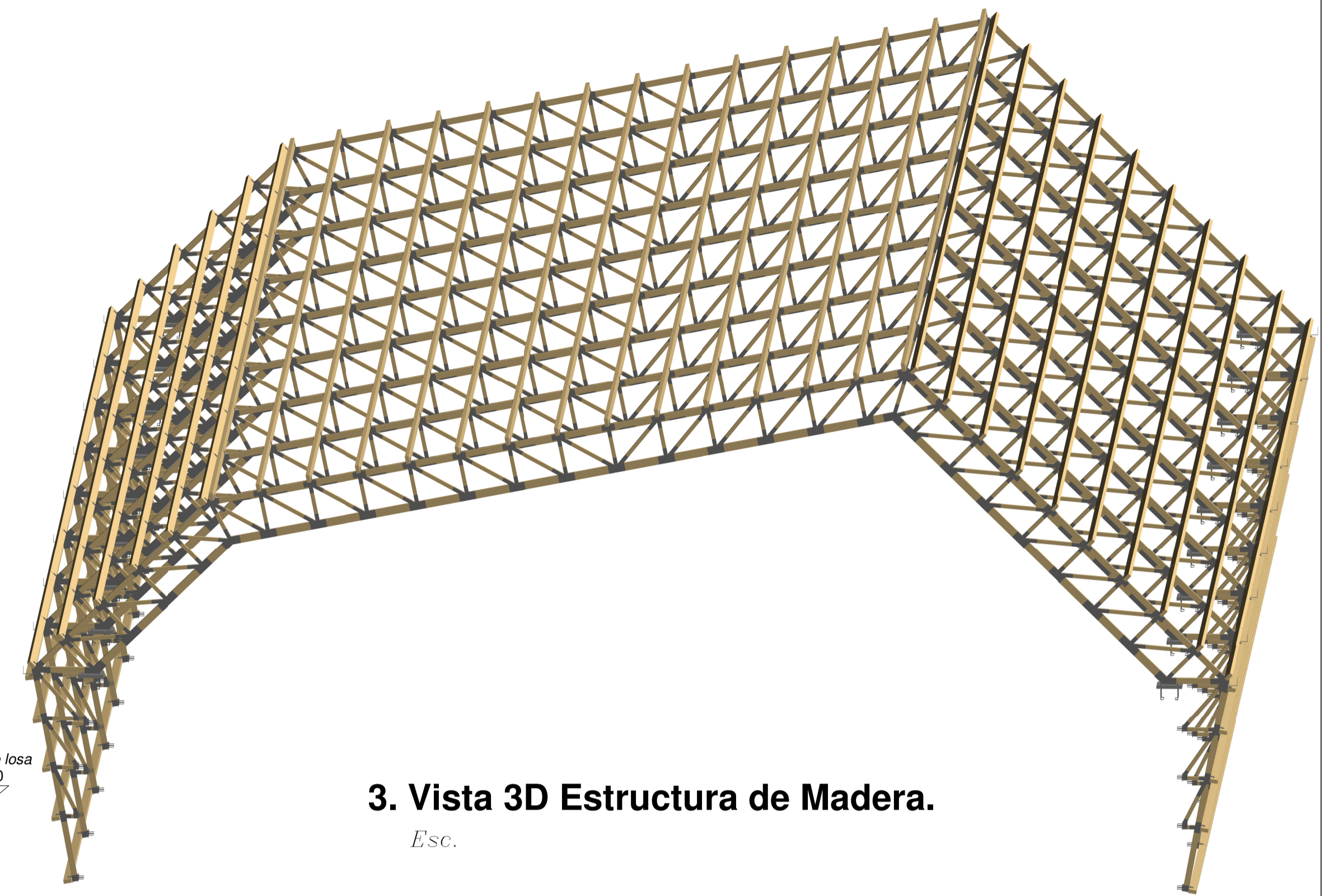
21/12/2023



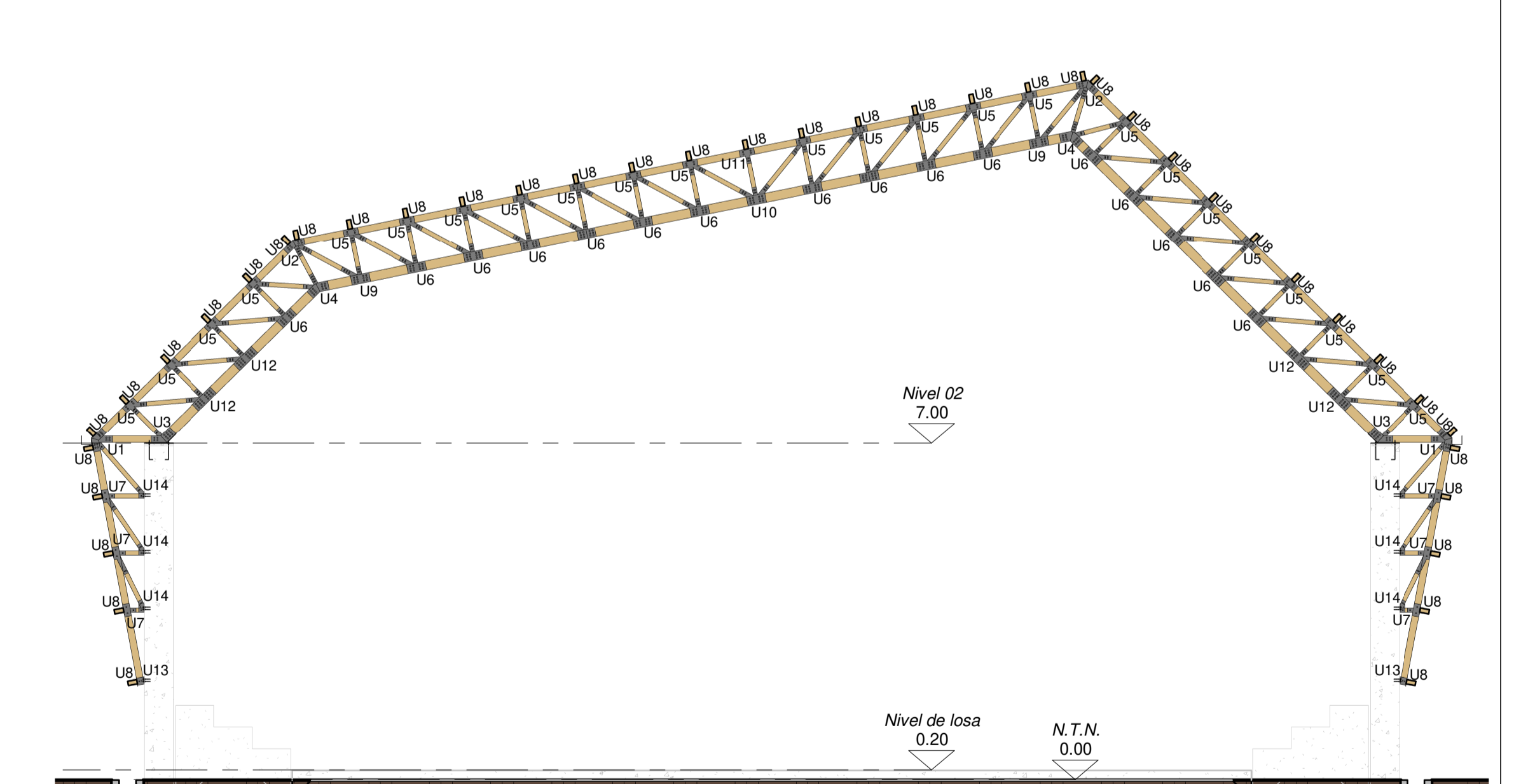
**1. Alzado Este - Estructura de Madera**  
Esc. 1 : 100



**2. Alzado Oeste - Estructura de Madera**  
Esc. 1 : 100



**3. Vista 3D Estructura de Madera.**  
Esc.



**4. Sección 1 - Distribución de uniones**  
Esc. 1 : 100



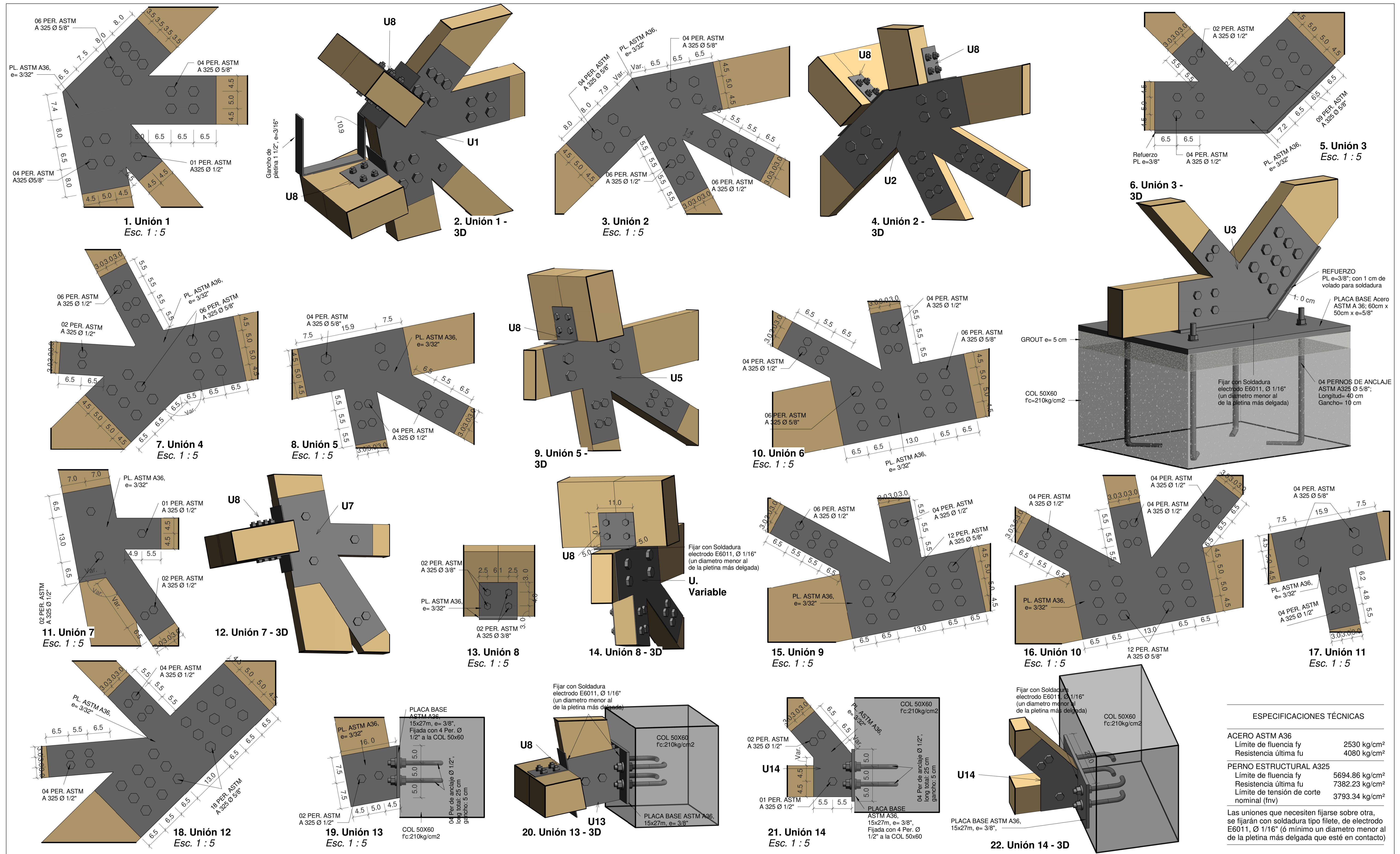
**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**  
Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera  
"Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil -  
Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa  
deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**DISEÑADO Y DIBUJADO POR:**  
Elver Mejía Leiva  
**ASESOR:**  
Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

**NOMBRE DE PLANO:**  
Cobertura de madera / Estructuras  
**CODIGO DE PLANO:**  
E-02

**ESCALA:**  
Indicada  
**FECHA:**  
21/12/2023



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>ACERO ASTM A36</b>  |                            |
| Límite de fluencia fy  | 2530 kg/cm <sup>2</sup>    |
| Resistencia última fu  | 4080 kg/cm <sup>2</sup>    |
| <b>PERNO ESTRUCTURAL A325</b>  |                            |
| Límite de fluencia fy  | 5694.86 kg/cm <sup>2</sup> |
| Resistencia última fu  | 7382.23 kg/cm <sup>2</sup> |
| Límite de tensión de corte nominal (fnv)   | 3793.34 kg/cm <sup>2</sup> |
| Las uniones que necesiten fijarse sobre otra, se fijarán con soldadura tipo filete, de electrodo E6011, Ø 1/16" (o mínimo un diámetro menor al de la pletina más delgada que esté en contacto) |                            |



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTÓNOMA DE CHOTA**  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE  
 LA INGENIERÍA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE  
 INGENIERÍA CIVIL

**TESIS:**  
 Evaluación de los esfuerzos admisibles de la madera  
 "Myrcianthes rhopaloides (Khunt)" del centro poblado Yaquil -  
 Conchán, para su utilización estructural en la cobertura de la losa  
 deportiva de la I.E. Agropecuario, 2022

**DISEÑADO Y DIBUJADO POR:**  
 Elver Mejía Leiva  
**ASESOR:**  
 Mg. Ing. José Luis Silva Tarrillo

**NOMBRE DE PLANO:**  
 Uniones / Estructuras  
**CODIGO DE PLANO:**  
 E-03

**ESCALA:**  
 Indicada  
**FECHA:**  
 21/12/2023